



Semblanza de la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez

Chacón Baca, Elizabeth^{a,*}; Moreno-Bedmar, Josep Anton^b; Velasco de León, Patricia^c

^a Universidad Autónoma de Nuevo León, Carretera Cerro Prieto Km 8, Ex. Hacienda de Guadalupe, Linares N.L., 67700, México.

^b Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04150, Ciudad de México, México.

^c Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Guelatao 66, Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa, 09230, Ciudad de México, México.

* cienciafct@gmail.com

Resumen

La Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez tiene 57 años de antigüedad en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ostentando los niveles máximos de la misma como investigadora, así como en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Al mismo tiempo su trayectoria profesional le ha valido numerosos reconocimientos, homenajes y distinciones. En este trabajo haremos un viaje a través de su trayectoria profesional desde diversas perspectivas, y facetas como la de docente, la de investigadora y la de difusora de la ciencia. Para finalizar trataremos con un enfoque más reflexivo sobre la persona, la Dra. Buitrón.

Palabras clave: Dra. Buitrón, UNAM, trayectoria profesional, contexto histórico, responsabilidad social.

Abstract

Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez has been working at the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) for 57 years. Currently, she holds the maximum levels as a researcher as well as in the Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Her distinguished career has earned numerous awards, tributes and honors. In this work we will make a trip through her professional career from various perspectives taking into account the historical context and facets such as: teaching, research and science disseminator. Finally, we will conclude with a close and personal approach to Dra. Buitrón.

Keywords: Dra. Buitrón, UNAM, professional career, historical context, social responsibility.

1. Prólogo

El año pasado inició en la revista Paleontología Mexicana una línea de trabajos que tiene como temática central la de los grandes personajes de la paleontología mexicana. Este es el segundo trabajo de esta línea, el cual se enmarca en un volumen especial dedicado a la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez. Los tres firmantes de este trabajo hemos editado este volumen especial, el cual viene encabezado por esta primera contribución. Los autores queremos señalar que para esta semblanza hemos contado con el apoyo de la homenajead, quien nos facilitó información sobre su devenir como académica y también en temas más personales, a la vez que nos proporcionó numerosas fotografías. A lo anterior se suma que la Dra. Buitrón ha fungido como revisora de este trabajo

retroalimentando y validando así todo lo aquí escrito. Desde el equipo editorial de Paleontología Mexicana creemos que es una labor relevante escribir sobre las personas que son pioneras y/o realizaron importantes contribuciones a los estudios sobre la paleontología de México.

2. Introducción

Con 57 años de antigüedad en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, es actualmente investigadora titular “C” de tiempo completo del Instituto de Geología, PRIDE Nivel D y posee el nivel 3 del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). A lo que suma su nombramiento como profesora definitiva de asignatura Nivel “B” de la Facultad de

Ingeniería de la UNAM. La doctora ha sido honrada con numerosos reconocimientos, homenajes y distinciones, como por ejemplo, la "Maestra del año 2012", por parte de la Unión Geofísica Mexicana (UGM), diploma y medalla por 50 años de labor académica en la UNAM el 15 de mayo de 2012 (Figura 1); reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz" UNAM el 8 de marzo de 2004; la dedicatoria de cuatro especies en su honor, a la que suma una quinta en el presente volumen de Paleontología Mexicana, entre muchos otros reconocimientos.



Figura 1. Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez en el año 2012.

3. Sus primeros pasos en la paleontología

La carrera de la Dra. Buitrón inició como alumna de la inolvidable Dra. Gloria Alencáster, cuando en el año de 1964 obtenía su licenciatura en Biología con la tesis "*Moluscos del Jurásico Superior de la Región de Petlalcingo-Acatlán, Estado de Puebla*", trabajo que fue publicado un año después en el número 21 de Paleontología Mexicana (Alencáster y Buitrón, 1965). Su condición como estudiante de la Dra. Gloria Alencáster se prolongó por una década hasta que obtuvo su doctorado en febrero del año 1974 (Figura 2), con la tesis titulada "*Distribución de los equinoides Terciarios en la Planicie Costera del Golfo de México, en América Central, en el Norte de América del Sur y en las Antillas*".



Figura 2. La Dra. Blanca Estela Buitrón en 1973, un año antes de obtener su doctorado.

4. La faceta como docente

La obtención de su maestría y doctorado se intercaló con sus actividades de docente. Para la doctora Buitrón siempre ha sido importante su labor docente, actividad que ama con verdadera pasión. Sus primeros pasos en la enseñanza tuvieron lugar como profesora de Biología en la Preparatoria No. 2 de la UNAM durante los años 1962-1963. Posteriormente, impartió clases en la Facultad de Ciencias de la UNAM como profesora del Laboratorio de Paleontología (1970-1971), pero sin lugar a dudas, en la Facultad de Ingeniería de la UNAM es donde ha dejado una importante huella, cuando en 1971 se inicia como maestra de "Paleontología General", cargo que desempeña con gran dedicación hasta la fecha. Sobra decir que, por aquellos tiempos, una mujer en dicha Facultad era considerada, como versaba el anuncio setentero de la Volkswagen: "una bella pieza de ingeniería", definición que ha cumplido a cabalidad. Desde entonces ha impartido la cátedra de "Paleontología" y "Paleontología General" que suman ya 96 semestres

en la carrera de Ingeniero Geólogo. Su labor docente se ha extendido fuera de la UNAM impartiendo cursos en otras universidades, como por ejemplo la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

Hay dos universidades que tienen un fuerte componente emocional para la Dra. Buitrón, aparte de su obvia alma máter, la UNAM. La primera sería la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGRO), donde apoyando a su estimada “Chata” (Dra. María Fernanda Campa) colaboró para fundar La Unidad Académica de Ciencias de la Tierra. La otra Universidad especialmente trascendental para la doctora es, sin lugar a dudas, la Universidad de Sonora (UNISON) donde ha colaborado por más de 20 años.

Si algo ha caracterizado a la doctora Buitrón ha sido su enorme capacidad de trabajo con sus estudiantes; hasta la fecha ha dirigido 74 tesis: 57 de licenciatura y 17 de posgrado (nueve de maestría y ocho de doctorado). En nuestra humilde opinión el impacto que la doctora Buitrón ha generado como docente e infatigable asesora es realmente digno de ser destacado.

5. La faceta como investigadora

Los inicios de la doctora Buitrón como investigadora se enmarcan entre los años 1963 a 1969 donde fungió como investigadora Auxiliar de Medio Tiempo del Instituto de Geología (Figura 3). Blanca nos ha platicado en alguna ocasión que hubo tiempos difíciles donde tenía dos trabajos: el de investigadora y un segundo trabajo de laboratorista de análisis médicos, el cual no era de su total agrado. Esto cambió en el año 1969 cuando se liberó una plaza de Tiempo Completo para la que se requería el grado de Maestría y para la cual existían varios candidatos interesados, pero ninguno de ellos poseía este grado. Ante dicha oportunidad Blanca estudió intensamente y tras realizar un Examen General de Conocimientos obtuvo en octubre de 1969 su grado de



Figura 3. Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez el año 1966 en el Instituto de Geología.

Maestra en Ciencias. Gracias a ello fue investigadora adjunta de Tiempo Completo de los años 1969 a 1971. Con el paso de los años, obtuvo diversas promociones académicas, hasta que en el año 1982 obtuvo el máximo grado posible como Investigadora Titular C de Tiempo Completo.

Como investigadora, la doctora ha realizado numerosas estancias y ha disfrutado de varios años sabáticos. Su primer año sabático fue en 1977 en las universidades de París VI, Poitiers, Tolosa, Marsella y Lyon (Figura 4). En 1989 realizó un año sabático en el Instituto Mexicano del Petróleo generándose un trabajo como resultado del mismo (Buitrón, 1990). Otras estancias, fueron, por ejemplo, la realizada en la Universidad Autónoma de Barcelona en el año 1996, pero sin lugar a dudas las estancias y años sabáticos de las dos últimas décadas se han focalizado en la Universidad de Sonora (UNISON) que como comentábamos con anterioridad, es una universidad muy especial para la Dra. Buitrón (Figura 5).

Su primera publicación fue su tesis de licenciatura que versó sobre moluscos jurásicos (Alencáster y Buitrón, 1965), pero rápidamente adoptó una de las temáticas paleontológicas que desde entonces la caracterizan: el estudio de los equinoideos fósiles (e.g. Buitrón, 1968, 1970, 1973, 1974, 1976). De hecho, el año 1977 marcó un punto de inflexión en su carrera pues inició su trabajo en fósiles del Paleozoico (Buitrón, 1977a y b) abriendo así esta nueva línea de investigación con su trabajo en equinoideos del Mesozoico y Cenozoico (e.g. Buitrón, 1978, 1979). La doctora siguió trabajando retomando el estudio



Figura 4. La doctora Blanca Estela Buitrón el año 1977.

de moluscos, en especial gasterópodos, como por ejemplo los nerineidos, aunque también trabajó puntualmente otros moluscos, como bivalvos y amonites (e.g. Buitrón, 1984, 1986; Buitrón y Barceló-Duarte, 1980; Buitrón y Rivera-Carranco, 1985; Herrera *et al.*, 1984). En el año 1987 realizó sus primeros trabajos sobre la localidad fosilífera Tepexi de Rodríguez (e.g. Buitrón y Malpica Cruz, 1987; Seibertz y Buitrón, 1987). Con apego a las ideas de Charles Darwin, Blanca siempre ha reconocido y respetado el valor de los fósiles como resultado del fortuito proceso de fosilización y evolución de las especies. Y aunque siempre ha sido una gran divulgadora, hay una localidad en la que contribuyó de manera muy especial para la creación de un Museo de Sitio en Tepexi de Rodríguez, por lo que en 1993 el Ayuntamiento de ese municipio le otorgó un reconocimiento. Sin lugar a dudas los esfuerzos de Blanca se sumaron a los del Dr. Ismael Ferrusquía y del Dr. Shelton Applegate (Figura 6) quienes empezaron a trabajar la cantera de Tlayúa de Tepexi de Rodríguez y su extraordinario registro fósil (Applegate *et al.*, 1984 y Applegate, 1987, 1992).

Pero al mismo tiempo y desde los 80s la doctora Buitrón seguía desarrollando su línea de trabajo en fósiles del Paleozoico de México (e.g. Buitrón *et al.*, 1987; Buitrón y Sandoval, 1989; Sour y Buitrón, 1987; Vachard *et al.*, 1997; Velasco de León y Buitrón, 1992) pero sin desatender



Figura 5. La doctora Blanca Estela Buitrón en la Mina La Ojuela, Mapimí, Durango, práctica de campo de la UNISON, durante su año sabático en el año 2003.



Figura 6. Colegas y amigos; de izquierda a derecha: Maestra Adriana Torres, Dr. Shelton Applegate y Dra. Blanca Buitrón, en el VI congreso nacional de Zoología en Mazatlán, Sinaloa, año 1982.

sus líneas de trabajo previamente establecidas como los gasterópodos mesozoicos y los equinoides mesozoicos y cenozoicos (e.g. Romo de la Rosa y Buitrón, 1987; Buitrón, 1990, 1991; Buitrón y López-Tinajero, 1995; Buitrón y Pantoja-Alor, 1998; Buitrón *et al.*, 1999; López *et al.*, 1994). Con la llegada del siglo XXI la actividad de la doctora Buitrón fue más intensa en el estudio del registro fósil del Paleozoico de México (e.g. Almazán-Vázquez *et al.*, 2006; Beresi *et al.*, 2017, 2019; Buitrón-Sánchez *et al.*, 2007, 2012, 2015; Cuen-Romero *et al.*, 2016, 2018; Torres-Martínez *et al.*, 2019; Vachard *et al.*, 2000, 2004) aunque también ha seguido trabajando en moluscos y equinoideos mesozoicos (e.g. Buitrón y Gómez-Espinosa, 2003; Buitrón *et al.*, 2015; Martínez Melo y Buitrón, 2018). La Dra. Buitrón es quizás más conocida por sus contribuciones en el Paleozoico de México, que inició hace más de 40 años, en los que ha descrito numerosos grupos fósiles como crinoideos, foraminíferos, moluscos, trilobites, braquiópodos. Incluso ha ostentado la representación de México en el Programa Internacional de Correlación Geológica (IGCP) de la UNESCO sobre proyectos del Paleozoico de 1988 a 1993 y estancias académicas anuales en el Laboratorio de Paleontología de la Universidad de Ciencias y Tecnología de Lille, Francia en el marco del Proyecto Francia-ECOS, CONACyT-México de 2002 al 2014.

6. Difusión y divulgación de la ciencia

En la difusión y divulgación de la ciencia hay varias vertientes, como por ejemplo la difusión entre pares en reuniones académicas nacionales e internacionales.

La Doctora Buitrón ha sido muy activa participando en numerosos congresos nacionales con sus estudiantes y colegas del Instituto de Geología (Figura 7). Blanca es una persona accesible, sencilla y cálida y creemos que debido a ello se le han acercado muchos estudiantes con interés en el estudio de los fósiles. Por esta misma razón su labor como difusora de la paleontología mexicana ha sido digna de ser admirada. A modo de ejemplo, podemos mencionar el Programa de Divulgación Científica "Domingos en la Ciencia" de la Academia Mexicana de Ciencias, donde Blanca participa desde el año 1987; a esto podemos sumar numerosas conferencias de divulgación en la Facultades de Ciencias e Ingeniería y en diferentes Planteles de la UNAM; en el Instituto Politécnico Nacional, en el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y en Escuelas Secundarias de la SEP, entre otras. Sus conferencias no han tenido lugar sólo en la Ciudad de México, sino que también ha impartido conferencias de divulgación en otros estados como por ejemplo: Sonora, Sinaloa, Durango, Nayarit, Michoacán, Querétaro, Veracruz, Hidalgo, Morelos, Puebla, Guerrero y Yucatán, por contar algunos.

7. Labor institucional y académico-administrativa dentro y fuera de la UNAM

Una labor que no es tan visible es aquella relacionada con la labor institucional y académico-administrativa. La Dra. Buitrón fue jefa del Departamento de Paleontología en el periodo de los años 1981-1985. Fue fundadora de la Sociedad Mexicana de Paleontología en el año de 1986 y ha participado en la organización de varios congresos nacionales e internacionales como el III Congreso Latinoamericano de Paleontología en 1989 y la Tercera

Reunión de Rudistas en 1993. Su participación en el Consejo nacional de paleontología del INAH en sus dos épocas: la inicial durante el año 1994 y la presente, reivindicada o reinstalada en mayo de 2017. Muy poca gente ha tenido la posibilidad de estar en ambos Consejos con un lapso de más de veinte años, lo que confiere a la Dra. Buitrón una mayor experiencia y visión para realizar las mejores recomendaciones en dicho Comité, además de la comparación del estado de la paleontología en México.

8. Blanca la persona, mujer, maestra, docente, investigadora y colega

Son tres las funciones sustantivas de la UNAM: la docencia, la investigación y la difusión de la cultura. Los autores del presente trabajo consideramos que la Dra. Buitrón con su carácter amigable y cercano, aunado a su infatigable compromiso en el trabajo, ha cumplido con cabalidad esas tres funciones sustantivas. Creemos que su constancia y pasión sirvieron para inspirar y motivar a las posteriores generaciones de paleontólogos de México, que hoy se desempeñan como profesionales en la gran mayoría de universidades del país. Blanca, lejos de sucumbir a los juegos de poder o a los guiños de la jerarquía académica, siempre se ha distinguido por una labor clara, sencilla y abierta en su praxis profesional; y por una marcada capacidad para convocar a la armonía colegiada. Ella sabe que la vida es breve y el tiempo es geológico. Blanca no es una persona vanidosa que se jacte de sus logros, pero algo que hemos podido percibir es que realmente se enorgullece, de haber logrado lo que ha logrado con puro esfuerzo y trabajo constante, sin tomar caminos fáciles, sorteando las trabas de una sociedad académica mexicana, la cual hace



Figura 7. II Congreso Latinoamericano de Paleontología en Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, año 1981; de izquierda a derecha: Laura Valladares Silva; Dra. Alicia Silva Pineda; Dra. Blanca Estela Buitrón; la entonces estudiante de posgrado Marisol Montellano y el Dr. Enrique Martínez.

40 o 50 años, estaba dominada por prejuicios machistas, en la cual se veía a la mujer como trabajadora del hogar y no como una destacada académica.

Más de 50 años han pasado desde que Blanca ingresó a la UNAM como investigadora y más de 98 generaciones de alumnos han aprendido en sus clases. Su trayectoria incluye más de 100 artículos arbitrados, más de 125 participaciones en congresos, más de 70 tesis dirigidas, 150 comités y exámenes de tesis, y cerca de 2000 citas a sus trabajos. Aunque los datos fríos son importantes, hay valores que no se cuantifican ni con la métrica académica vigente ni en los parámetros utilizados para designar la excelencia, pero que, sin embargo, valen mucho más cuanto más intangibles se perciben. Existe en la personalidad entusiasta, honesta y alegre de Blanca Buitrón, una cualidad que tristemente es más bien una rareza en el mundo académico: su generosidad. Este altruismo casi innato en Blanca no es sólo para la gente, sino para las tareas universitarias que casi no se ven, pero que siempre requieren la revisión detallada, la burocracia puntual y la disposición de servicio. Su constancia a lo largo de más de 50 años debería ser criterio suficiente para honrar un discreto y elegante recorrido profesional.

¿Cuántas citas son muchas? ¿Cuántos artículos son suficientes? ¿Cuántos alumnos garantizan ser un buen profesor? ¿Cuántos proyectos aseguran el impacto de un científico? ¿Cuántos estudiantes graduados y cuántos comités son necesarios para darse cuenta que hay hechos y méritos que no se registran en actas, en publicaciones o en citas? Hay cualidades no cuantificables que algunos académicos saben transmitir para impulsar en los tesisistas las ganas de querer ser mejores especialistas y mejores personas. Algunas universidades lo denominan *Responsabilidad Social*. Más allá del número de publicaciones, citas o comités que comúnmente se utilizan como índices de productividad e impacto, hay valores que permanecen como semillas en el recuerdo individual y colectivo de los paleontólogos y de una gran mayoría de especialistas en geociencias, pero especialmente en los estudiantes. Valores más perennes que a través del tiempo y la historia, se destilan de manera casi imperceptible, y, sin embargo, perduran por generaciones. Valores que no se miden ni con citas ni con cuartiles, pero cuyo impacto social es tan importante como la misma labor científica. Querámoslo o no, los docentes estamos construyendo ciudadanía. Las vidas que la Dra. Buitrón ha tocado a lo largo de su carrera han permeado en la vida de muchos paleontólogos, casi como un juramento hipocrático que nos compele a la generosidad. Y es que, con frecuencia, olvidamos la generosidad que como universitarios y científicos debemos a nuestra comunidad, más en un mundo tan automatizado y vertiginoso. Responder de manera siempre amable a dudas y comentarios o brindar palabras de aliento a estudiantes y colegas ha sido una constante en el ejercicio de su profesión. En todas sus interacciones, difícilmente habrá una persona a la que la Dra. Buitrón no haya mostrado su bella sonrisa, un gesto o una palabra de aliento siempre presta a la ayuda.

No se trata sólo de la elegancia, del estilo o de las formas. Se trata de hacer gala como quien se sabe que ostenta autoridad, misma que elige ejercer a través de su servicio constante. Ahí radica su mejor aporte, una generosidad que surge de una auténtica maestra, docente y científica.

¿Y qué mayor liderazgo que el placer de servir?

Estas actitudes y valores de las que Blanca siempre ha hecho gala deberían ser un ejemplo para colegas y futuros científicos porque, después de todo ¿qué tanto valor existe en la obra y genialidad de las contribuciones científicas si hay odio o desprecio por el prójimo? ¿Qué clase de docentes somos si ponemos un énfasis tan grande en lo técnico, pero descuidamos lo humano?

Agradecimientos

Agradecemos las atinadas sugerencias y correcciones de la Dra. Blanca Estela Buitrón y el Dr. Gerardo Carbot Chanona a este manuscrito, así como la edición del artículo por parte de la Mtra. Sandra Ramos Amézquita.

Referencias

- Alencáster, G., Buitrón, B.E., 1965, Fauna del Jurásico Superior de la región de Petlalcingo, Estado de Puebla: *Paleontología Mexicana*, 21(2), 53 pp.
- Almazán-Vázquez, E., Buitrón, B.E., Franco, V.O., 2006, Formación Pozo Nuevo: una nueva secuencia litoestratigráfica de plataforma del Ordovícico de la región central de Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23(1), 23–38.
- Applegate, S.P., 1987, A preliminary study of the Tlayúa Quarry near Tepexi de Rodríguez, Puebla: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 1, 40–45.
- Applegate, S.P., 1992, A new genus and species of picnodont, *Tepeichthys aranguthyrum* from the Cretaceous (Albian) of Central México, Tepexi de Rodríguez, Puebla: *Revista del Instituto de Geología*, 10(2), 164–178.
- Applegate, S.P., Espinosa-Arrubarrena, L., López-Neri, P., 1984, Las calizas litográficas de la Cantera Tlayúa en Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. *Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional 7, Field Guide for the excursion to Tepexi de Rodríguez, State of Puebla*, 1–83.
- Beresi, M.S., Botting, J., Palafox, J.J., Buitrón-Sánchez, B.E., 2017, New reticulosan sponges from the middle Cambrian of Sonora, Mexico: *Acta Geologica Polonica*, 62(4), 691–703.
- Beresi, M.S., Buitrón-Sánchez, B., Cuen-Romero, F.J., Palafox, J.J., 2019, Escleritomos de *Chancelloria eros* y escleritos del Cámbrico medio (Serie 3, Piso 5) de Sonora central, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 36(1), 54–63.
- Buitrón, B.E., 1968, Catálogo de equinoides fósiles de México: *Paleontología Mexicana*, 26, 1–50.
- Buitrón, B.E., 1970, Equinoides del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya, Estado de Puebla: *Paleontología Mexicana*, 30, 1–64.
- Buitrón, B.E., 1973, *Tetragramma gloriae* n. sp. equinoide de la Formación San Lucas (Aptiano) en la región de Huetamo, Michoacán: *Paleontología Mexicana*, 36, 33–41.
- Buitrón, B.E., 1974, Algunas especies de la Familia Conulidae Lambert, 1911, (Echinoidea) del Cretácico Superior de Chiapas: *Paleontología Mexicana*, 39, 5–27.

- Buitrón, B.E., 1976, Tres especies de equinoides (Echinodermata-Echinoidea) del Cretácico Superior de Atenango del Río, Guerrero: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 37, 18–34.
- Buitrón, B.E., 1977a, *Bellerophon (Bellerophon) crassus* Meek y Worthen (Mollusca-Gastropoda) en el Pérmico de Chiapas: Revista del Instituto de Geología, 1(1), 69–73.
- Buitrón, B.E., 1977b, Invertebrados (Crinoidea, Bivalvia) del Pensilvánico de Chiapas: Revista del Instituto de Geología, 1(2), 144–150.
- Buitrón, B.E., 1978, Hemicidáridos (Echinodermata-Echinoidea) del Jurásico Superior de Oaxaca y Chiapas: Revista del Instituto de Geología, 2(1), 65–68.
- Buitrón, B.E., 1979, Dos especies de equinoides (Echinodermata-Echinoidea) del Eoceno Tardío de Tantoyuca, Veracruz: Revista del Instituto de Geología, 3(2), 122–125.
- Buitrón, B.E., Barceló-Duarte, J., 1980, Nerineidos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Inferior de la Región de San Juan Raya, Estado de Puebla: Revista del Instituto de Geología, 4(1), 44–55.
- Buitrón, B.E., 1984, Late Jurassic bivalves and gastropods from Northern Zacatecas, Mexico and their biogeographic significance: Geologic Association of Canada, Special Paper 27, 89–98.
- Buitrón, B.E., Rivera-Carranco, E., 1985, Nerineidos (Gastropoda-Nerineacea) cretácicos de la Región de Huetamo-San Lucas, Michoacán: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 46(1), 65–85.
- Buitrón, B.E., 1986, Gasterópodos del Cretácico (Aptiano-Albiano) del cerro de Tuxpan, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 47(1), 17–31.
- Buitrón, B.E., Malpica Cruz, R., 1987, Tepexi de Rodríguez, Puebla, una localidad fosilífera famosa del Cretácico de México. Libreto Guía para la Excursión Paleontológica a la región de Tepexi de Rodríguez, Puebla, Sociedad Mexicana de Paleontología, 26 pp.
- Buitrón, B.E., Patiño, J., Moreno, A., 1987, Crinoides del Paleozoico Tardío (Pensilvánico) de Calnali, Hidalgo: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 1, 125–136.
- Buitrón, B.E., Sandoval, G., 1989, El Paleozoico Inferior de México. Universidad Tucumán, Argentina: Revista de Correlación Geológica, 5, 131–136.
- Buitrón, B.E., 1990, Catálogo de Equinoides del Jurásico Superior-Cretácico Inferior de México: Instituto Mexicano del Petróleo, Publicación Especial, 5, 1–120.
- Buitrón, B.E., 1991, Los equinodermos del Cretácico Temprano de Tepexi de Rodríguez, Puebla: CONACYT, Información Científica y Tecnológica, Revista, 13, 15–18.
- Buitrón, B.E., López-Tinajero, Y., 1995, Mollusk Gastropods in a Lower Cretaceous-Bearing Formation of Jalisco, Central Western, Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 12, 157–168.
- Buitrón, B.E., Pantoja-Alor, J., 1998, Albian gastropods of the rudist-bearing Mal Paso Formation, Chumbitaro región, Guerrero, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15(1), 14–20.
- Buitrón, B.E., Laguarda, A., Solís, F., 1999, New record of *Meoma ventricosa grandis* Gray, 1851 (Echinodermata: Echinoidea -Brissidae) from Lower Pliocene of Baja California, Mexico: Revista Coloquios de Paleontología, 50, 151–160.
- Buitrón, B.E., Gómez-Espinosa, C., 2003, Cretaceous (Aptian-Cenomanian) gastropods of México and their biogeographic implications: American Association of Petroleum Geologists, AAGP, Memoire sobre “Plate tectonics basin formation, hydrocarbon habitats and geodynamics of Mexico, Central, North, and, South America, and the Caribbean”, Memoir 79, 403–410.
- Buitrón-Sánchez, B.E., Almazán-Vázquez, E. Vachard, D., 2007, Middle Permian crinoids (Echinodermata, Crinoidea) from Cerros Los Monos, Caborca, Sonora, México and paleogeographic considerations: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 24(3), 344–353.
- Buitrón-Sánchez B.E., Vachard, D., Almazán-Vázquez, D., Palafox, J.J., 2012, Una Secuencia Cratónica completa del Carbonífero al Pérmico Inferior, expuesta en Los Cerros El Tule, en el noreste de Sonora, noroeste de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 29(2), 39–62.
- Buitrón-Sánchez, B.E., Vachard, D.C., Clausen, S., Palafox, J.J., Gómez, E.C., 2015, Los crinoides (Echinodermata-Crinoidea) del Misisípico de la región de Bísani-Caborca, Sonora: Implicaciones paleogeográficas: Paleontología Mexicana, 65(4), 2–11.
- Buitrón, B.E., Durán A., Romero, C., Solís, M., 2015, Lower Cretaceous (Albian) Asteroideas (Echinodermata) remains from Tepexi de Rodríguez, Puebla, México: Revista de Biología Tropical, 63(2), 7–15.
- Cuen-Romero, F., Valdez-Holguín, J.E., Buitrón, B.E., Monreal, R., Sundberg, F., Montijo, G.A., Minjarez, S.I., 2016, Cambrian, Stratigraphy of San José de Gracia, Sonora, México: El Gavilán Formation a new lithostratigraphic unit of middle Cambrian open shelf environment: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 68(3), 429–441.
- Cuen-Romero, F., Valdéz, H.J., Buitrón, B.E., Monreal, R., Enriquez, O., Aguirre, E., Ochoa, J., Palafox, J.J., 2018, Trilobite-based biostratigraphy (Arthropoda-Trilobita) and related faunas of the Cambrian from Sonora, México: Journal of South American Earth Sciences, 83, 227–236.
- Herrera, S.B., Bartolini C., Pérez, R.O., Buitrón, B.E., 1984, Paleontología del área de Lampazos, Sonora: Boletín de la Universidad de Sonora, 1, 50–59.
- López, G.R., Ponce, S.J., Buitrón, B.E., 1994, Análisis estadístico de las especies del género *Heteraster* d'Orbigny, 1853 del Cretácico de Chumbitaro, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Serie Biológicas, 2, 20–31.
- Martínez Melo, A., Buitrón, B.E., 2018, Los Holasteroides (Echinoidea: Holasteroidea) del Cretácico en México: Paleontología Mexicana, 7(1), 13–18.
- Romo de la Rosa, E., Buitrón, B.E., 1987, Gasterópodos del Cretácico Temprano del Cerro de San Miguel, región limitrofe en los estados de Michoacán y Guerrero y sus implicaciones paleobiogeográficas: Actas, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Linares, 2, 139–144.
- Seibertz, E., Buitrón, B.E., 1987, Paleontología y Estratigrafía de los *Neohibolites* del Albiano de Tepexi de Rodríguez, Puebla: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 1, 285–299.
- Sour, F., Buitrón B.E., 1987, Los graptolitos del Tremadociano de Ixtaltepec, Oaxaca: Consideraciones sobre el límite Cámbrico-Ordovícico de la región: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 1, 380–395.
- Torres-Martínez, M.A., Heredia-Jiménez, D.P., Sour-Tovar, F., Buitrón-Sánchez, B.E., Barragán, R., 2019, Permian brachiopods from Chiapas, Mexico: new stratigraphical and paleobiogeographical insights: Paläontologische Zeitschrift, 93(4), 607–624.
- Vachard, D., Flores, A., Buitrón, B.E., 1997, Sur une nouvelle localité a fusulinoïdes du Wordien (Permien Supérieur) du Mexique; consequences paleogeographiques: Geobios, 30(30), 361–370.
- Vachard, D., Flores de Dios, A., Buitrón, B.E., Grajales, M., 2000, Bioestratigraphie par fusulines des calcaires Carbonifères et Permians de San Salvador Patlanoaya (Puebla, Mexique): Geobios, 33, 5–33.
- Vachard, D., Flores de Dios, A., Buitrón B., 2004, Guadupian and Lopingian (Middle and Late Permian) deposits from Mexico and Guatemala, a review with new data: Geobios, 37, 99–115.
- Velasco de León, P., Buitrón, B.E., 1992, Algunos crinoides del Paleozoico Tardío de Patlanoaya, Estado de Puebla: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 5, 71–81.

Manuscrito recibido: Diciembre 4, 2019.

Manuscrito corregido recibido: Diciembre 8, 2019.

Manuscrito aceptado: Diciembre 8, 2019.



Análisis de Redes de Colaboración en la producción científica de la Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez

Suárez Noyola, María Elena^{a,*}

^aInstituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica S/N, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 CDMX, México.

* noyola@unam.mx

Resumen

En este trabajo se realizó un análisis bibliométrico de la producción científica de la Dra. Blanca Estela Buitrón, utilizando como criterio principal toda la producción publicada como Artículo, con el fin de identificar las redes de colaboración nacional e internacional (países e instituciones) que la doctora Buitrón ha establecido durante la realización de su trabajo profesional. Los indicadores bibliométricos sirven para determinar aspectos tales como la colaboración entre científicos y la colaboración académica entre instituciones. Dicho indicador constituye un criterio más real del impacto científico y académico de los investigadores y sus contribuciones. Por otra parte, dada la dinámica evolución de las valoraciones que actualmente utilizan las revistas a nivel internacional, éste análisis parece no sólo necesario sino pertinente, puesto que provee de una medida confiable porque contabiliza el número de autores por trabajo y los centros de investigación que colaboran en determinados proyectos. Adicionalmente este trabajo presenta un breve recuento histórico con perspectiva de género.

Palabras clave: Mujeres, Producción científica, Redes de colaboración, Paleontología, México.

Abstract

In this work a bibliometric analysis of the Dr. Blanca Estela Buitrón's scientific production was carried out, using as main criteria all academic production published as journal articles, in order to identify the national and international collaboration networks (countries and institutions) that Dra. Blanca Buitrón has established during her professional career. Usually the bibliometric indicators help to evaluate facets such as collaboration among scientists and between institutions. Such index is a more realistic criterium about the scientific and academic impact of each researchers and their contributions. On the other hand, given the dynamic evolution of the criteria commonly used in international scientific journals (JCR), this analysis seems not only necessary but pertinent, since it provides a good measure because takes into account the authors number per product and the scientific centers collaborating in specific research projects. In addition, this work presents a brief historical account with gender perspective.

Keywords: Women, Scientific production, Collaboration networks, Paleontology, Mexico.

1. Introducción

La aparición de las primeras mujeres en la historia del Instituto de Geología de la UNAM (IGL), ocurrió cuando éste ya formaba parte de la Universidad, es decir, a partir de 1929 y gracias a la nueva organización de áreas con las que inició sus actividades. Siendo una dependencia universitaria se propició y fomentó el estudio científico

moderno, particularmente de fósiles encontrados en territorio mexicano, por investigadores también nacionales.

Las primeras mujeres dedicadas al estudio de fósiles fueron micropaleontólogas, por lo que la paleontología en México en esta etapa realmente se inicia con la historia de la micropaleontología, que está muy relacionada a la historia del petróleo. Aunque los estudios comenzaron a principios del siglo XX, su desarrollo espectacular se llevó a cabo en la segunda mitad del siglo (Alencáster, 2013).

Fueron las señoritas María Luisa Robles Ramos y Clara Flores Covarrubias, quienes de 1929 a 1939, trabajaron en el equipo del Ing. Enrique Díaz Lozano, realizando así las primeras investigaciones sobre contaminación de aguas de riego y dando especial atención a los estudios relacionados con la exploración minera, petrolera y de recursos acuíferos (Enciso, 1979).

Posteriormente, en 1955, la doctora Gloria Alencáster Ybarra ingresó al Instituto de Geología. Durante algunos años ella fue la única paleontóloga, ya que el Dr. H. Karl Erben, paleontólogo alemán, contratado para sustituir al Dr. Müllerried fallecido en 1952, solamente duró dos años en el instituto (1953-1954).

El Departamento de Paleontología fue uno de los primeros en consolidarse dentro del IGL y parte del equipo formado por la Dra. Alencáster estuvo integrado por mujeres. Tal fue el caso de las investigadoras: Dra. Alicia Silva Pineda, pionera en estudios de paleobotánica y la Dra. María del Carmen Perrilliat, especialista en moluscos del Terciario y del Cretácico superior, pues ambas ingresaron al Instituto desde 1959. Dos años después, en 1961, llegó la Dra. Celestina González Arreola enfocada en la micropaleontología y en el estudio de amonitas del Cretácico. Fue en 1963 cuando ingresa la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, especializada en gasterópodos, equinodermos y otros invertebrados del Mesozoico y del Paleozoico. El significado de la integración de este grupo de investigadoras junto con otros investigadores adquiere importancia cuando se conoce el desarrollo científico de la paleontología en México (Alencáster, 2003).

En el medio paleontológico nacional, es destacado el papel que han desempeñado las investigadoras del IGL y hablando del grupo pionero, se reconoce que cada una de ellas ha cumplido eficientemente con tres de las funciones sustantivas de la Universidad, la investigación, la docencia y la difusión del conocimiento. En esta ocasión, en que merecidamente se ha dedicado el presente número a la doctora Blanca Estela Buitrón Sánchez, no se debe dejar de reconocer y valorar las Redes de Colaboración entre investigadores, que la doctora ha logrado crear a lo largo de sus 57 años de hacer ciencia, por consiguiente, en este trabajo se presenta un análisis bibliométrico de dichas Redes.

El Análisis de Redes Sociales (ARS) (Almero, 2011), representa una herramienta en los estudios bibliométricos sobre la actividad científica, ya que permite estudiar las relaciones entre los elementos de un entorno determinado. De esta forma, las redes, han supuesto una mayor contribución al nivel de análisis de la investigación científica, permitiendo el estudio de grupos de investigación como unidad experimental, incluso al tratar gran volumen de información, como puede ser la producción científica nacional. Las redes permiten realizar un acercamiento a la dinámica que se genera dentro de las investigaciones científicas, y con los resultados de las investigaciones que se plasman en artículos, es posible realizar análisis de redes de coautoría,

cuyos nodos son los autores, generándose un vínculo entre dos nodos, cuando dos investigadores aparecen en una misma publicación. Así, es posible estudiar patrones de coautoría entre los integrantes de una comunidad científica, y proporcionar una imagen de los grupos de investigación en una disciplina, su distribución, su importancia y sus interacciones o la falta de ellas (Fonseca, 2017).

2. Método

Los estudios bibliométricos emplean indicadores para medir la actividad científica, basándose en el análisis estadístico de los datos proporcionados por la literatura científica. Dentro de éste contexto, los indicadores métricos se utilizan para analizar el tamaño, crecimiento y distribución de la bibliografía científica generada, publicada en revistas, libros, patentes, mapas, etcétera.

Maltrás (2003) define a los indicadores de colaboración como aquéllos que informan acerca de las relaciones que se establecen entre los productores o agentes científicos en el proceso que concluye con la publicación conjunta de resultados científicos. Son indicadores cuantitativos que permiten caracterizar la colaboración científica a partir del análisis de la co-ocurrencia de los datos de autoría y afiliación institucional en las firmas de las publicaciones científicas.

Las colaboraciones científicas se analizan a diferentes niveles, empezando con la interacción entre dos científicos, pasando por la dinámica de grupos, departamentos, instituciones, sectores, hasta finalmente analizar la colaboración entre países o entre regiones (Russell, 2009).

Partiendo de estas concepciones, las relaciones de colaboración que se detectaron en el trabajo desarrollado por la doctora Buitrón, se definieron a partir de un sólo producto académico: los artículos científicos¹ que hayan sido publicados en revistas nacionales e internacionales. Este producto académico incluye los artículos que cuentan con firmas de autores de diferentes instituciones y/o países, considerando todos aquellos trabajos que contaran, por lo menos, con la firma de un autor externo al IGL. Cabe aclarar que no se consideraron para este estudio, trabajos publicados en Memorias, Congresos, Simposios, ni resúmenes o trabajos de difusión, didácticos o reportes técnicos, así como libros, capítulos y tesis que ha asesorado, ya que en muchas ocasiones no es posible obtener las referencias bibliográficas completas, pese a que la producción de la

¹ El artículo científico se define como un informe escrito y publicado que describe resultados originales de una investigación, con el propósito de divulgar, compartir y contrastar estos resultados con la comunidad científica interesada e incorporarlos, si son validados, al enriquecimiento del saber humano. Existen diferentes tipos de artículos científicos, como son las críticas y reflexiones sobre opiniones de otros autores, la revisión de literatura, los artículos teóricos, los artículos metodológicos y el estudio de caso, entre otros (Díaz, 2016). En este trabajo nos referiremos solamente al artículo científico original o publicación primaria.

doctora Blanca Buitrón, en este aspecto es muy vasta. El estudio se realizó utilizando como herramienta documental la producción registrada en el *Curriculum Vitae* de la misma investigadora, ya que si se hubieran consultado las bases de datos que actualmente existen, al ser creadas y trabajadas por empresas extranjeras, no cubren toda la información a nivel mundial, además de que en sus inicios tampoco indizaban revistas en idiomas diferentes al inglés, por tanto los resultados presentarían un sesgo significativo.

3. Resultados y Análisis

El análisis derivado de este trabajo, permitió identificar un total de 118 artículos, 98 en coautoría, de éstos, 92 de los cuales fueron con investigadores externos al IGL, lo que representa el 78% del total de artículos publicados por la doctora Buitrón; 6 trabajos sólo contaron con autores del propio instituto y en 20 artículos la doctora publicó individualmente.

Se identificaron 19 instituciones ubicadas en 10 países, incluyendo México, como puede observarse en la Tabla 1, en donde los países se enlistan en orden decreciente de acuerdo con el número de instituciones encontradas. Cabe señalar que la colaboración más estrecha ha sido con Francia, donde la doctora realizó estancias de investigación desde los inicios de su carrera. La colaboración internacional se registró en 33 artículos, lo que representa el 36% de la producción presentada como artículos científicos; no obstante, es de reconocerse el trabajo realizado con instituciones fuera del país, como es el caso de los datos que se presentan en la Tabla 1, en donde se distingue Francia y Argentina como los países con quienes se ha mantenido una mayor relación académica. El hecho de que las colaboraciones identificadas en los 92 artículos analizados sumen un total de 385, con la participación de nueve países, es un dato relevante que indica que el vínculo académico es sólido e importante para fortalecer los lazos creados y continuar realizando investigaciones de manera conjunta.

Tabla 1. Colaboración Internacional.

	PAÍS	TOTAL INSTITUCIONES	TOTAL COLABORACIONES
1	MÉXICO	15	305
2	FRANCIA	3	39
3	ARGENTINA	4	14
4	USA	4	11
5	ALEMANIA	2	5
6	REINO UNIDO	2	3
7	REP.POPULAR CHINA	1	2
8	CUBA	1	2
9	ITALIA	1	2
10	IRLANDA	1	2
	TOTAL	19	385

Las instituciones extranjeras con quienes se ha establecido colaboración, aparecen en la Tabla 2. Por otra parte, Argentina y diversas universidades de Estados Unidos son las colaboraciones académicas más representadas después de Francia.

Por supuesto, a nivel nacional la colaboración ha sido mucho más extensa, ya que se encontró que las colaboraciones académicas constituyen el 64 % de la producción estudiada. Las colaboraciones por Estados de la República Mexicana pueden distinguirse en la Tabla 3, en donde se ubicaron los estados en orden de mayor a menor número de colaboraciones. Es posible identificar que los dos estados con quien ha existido más participación son con Sonora y Guerrero, que en gran medida se correlacionan con las zonas geográficas de estudios especializados de la doctora Buitrón. La Ciudad de México aparece como un caso extraordinario, ya que las 152 contribuciones que se detectaron representan más de la media total de las colaboraciones nacionales.

Dentro de las Instituciones Nacionales localizadas en la Ciudad de México, se incluyeron cinco dependencias de la misma Universidad Nacional Autónoma de México y algunas otras como el Instituto Mexicano del Petróleo, el Instituto Politécnico Nacional-ESIA- Ticomán, Universidad Autónoma de México-Iztapalapa, así como la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Las instituciones de los diferentes Estados de la República donde la doctora Blanca Buitrón ha tenido una vinculación académica estable se enlistan en la Tabla 4.

4. Discusión

De todos los productos académicos generados por la doctora Buitrón a lo largo de su vida profesional, este trabajo se ha enfocado únicamente al análisis de las Redes de Colaboración, utilizando los artículos científicos que ha publicado. Los resultados encontrados ofrecen una perspectiva más global sobre el impacto de la producción de la doctora en paleontología, al mismo tiempo, proporciona información importante para la toma de decisiones sobre futuros proyectos y ofrece una gran variedad de aspectos que se pueden desarrollar para un estudio más detallado, como el detectar Grupos de Investigación y sus tendencias, así como la visibilidad e impacto del trabajo realizado en una determinada disciplina y bajo circunstancias que no incluyan un mundo globalizado.

Es importante destacar que las publicaciones generadas por la doctora Buitrón, iniciaron a partir de 1965 justamente en esta revista, *Paleontología Mexicana*, no.21, con su tesis de licenciatura y en coautoría con la doctora Gloria Aléncaster. Durante el periodo de 1965 a 1979, ella publicó 15 trabajos como única autora, y es a partir de 1980 que se registran colaboraciones en sus artículos.

Tabla 2. Instituciones Internacionales, de mayor a menor frecuencia de colaboraciones.

PAÍS	NÚMERO DE COLABORACIONES
FRANCIA	
Université des Sciences et Technologies de Lille, UFR des Sciences de la Terre, Laboratoire LP 3, Paléontologie et Paléogéographie du Paléozoïque, France	27
Université de Lille-Sciences et Technologies, Université Lille 1, UFR Sciences de la Terre, Evolution, Ecologie et Paléontologie	10
Université de Poitiers. Sciences NaturellesPoitiers. France	1
Université de Bourgogne, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), UMR Lab Biogeosci, Dijon, France	1
ARGENTINA	
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, Mendoza, Argentina.	11
Museo de La Plata, División Paleontología de Invertebrados, La Plata, Argentina	1
Universidad de Buenos Aires, Instituto de Geocronología y Geología Isotópica, Buenos Aires, Argentina	1
Universidad Nacional de San Juan, Urquiza y Libertador, Instituto de Investigaciones Mineras, Facultad de Ingeniería, San Juan - Argentina	1
USA	
Ohio Geol Survey, Ohio Seism Network, OH, USA	4
Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Department of Invertebrate Zoology, Washington, DC , USA	4
Show Low High School, 500 W. Old Linden Road, Show Low, AZ, USA	2
The Ohio State University, Department of Geological Sciences, 155 South Oval Mall, Columbus, Ohio	1
ALEMANIA	
Universität Hannover, Institut für Geologie und Paläontologie, República Federal de Alemania.	3
Universität Würzburg, Institut für Paläontologie. Germany	2
REINO UNIDO	
Imperial College of Science, Technology and Medicine, Department of Geology. Prince Consort Road, London,UK.	2
University of Reading. Institute for Sedimentology. Postgraduate Research , UK.	1
REPUBLICA POPULAR CHINA	
Chinese Academy of Sciences, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, China, and Department of Natural Sciences, Amgueddfa Cymru –National Museum Wales	2
CUBA	
Museo Nacional de Historia Natural de Cuba, La Habana, Cuba.	2
ITALIA	
Università degli Studi di Firenze, Italia, Dipartimento di Scienze della Terra, Italia	2
IRLANDA	
Trinity College. Department of Geology, Dublin 2, Ireland	2

Este trabajo únicamente analizó una de las vertientes académicas del impacto general de la doctora Buitrón, sin ponderar su impacto en la formación de recursos humanos, prospección y exploración de nuevas localidades de estudio, creación de planes de estudios, creación de unidades académicas o número de clases impartidas por semestre durante tantos años de carrera académica. Si a esta actividad integral de la investigadora se añade el cambio de paradigma para validar y medir el impacto científico desde los años cincuenta en los que no se medía a los investigadores por medio de productos publicados, hasta nuestros días se hará evidente que los datos compilados en las bases de datos internacionales no reflejan esta transición digital y bibliométrica por la que han transitado muchos de los investigadores pioneros de la paleontología mexicana.

Tabla 3. Colaboración a Nivel Nacional por entidades federativas de mayor a menor frecuencia de colaboración.

	ESTADO	TOTAL INSTITUCIONES	TOTAL COLABORACIONES
1	CDMX	7	160
	SONORA	1	99
2	GUERRERO	1	31
	OAXACA	1	4
3	MICHOACÁN	1	3
4	NUEVO LEÓN	1	1
7	HIDALGO	1	1
8	TAMAULIPAS	1	1
9	VERACRUZ	1	1
10	S/L		4
	TOTAL	15	305

Tabla 4. Instituciones Nacionales de mayor a menor frecuencia de colaboración.

INSTITUCIÓN	NÚMERO DE COLABORACIONES
Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Luis Donaldo Colosio s/n, entre Sahuaripa y Reforma, Col Centro, CP. 83000, Hermosillo, Sonora, México	99
Universidad Nacional Autónoma de México:	
Colegio de Ciencias y Humanidades. Plantel Azcapotzalco	
Escuela Nacional de Estudios Superiores-Unidad Morelia	
Facultad de Ingeniería	76
Facultad de Ciencias	
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.	
Universidad Autónoma de Guerrero -Escuela Regional de Ciencias de la Tierra. Taxco, Gro. México	31
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Subdirección de Tecnología de Exploración, Eje Central Lázaro Cárdenas N° 152, A.P. 14-805, 07730 México D.F	14
PEMEX, Torre Ejecutiva, lo Piso, Marina Nacional N° 329, A.P. 53-141, México D.F. CP. 11320 México	5
Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA), Ciudad de México	4
Universidad del Mar, Oaxaca de Juárez	4
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Laboratorio de Investigación de Paleontología de la Facultad de Biología, Morelia, Michoacán, México.	3
UAM- Unidad Iztapalapa. Departamento de Biología	1
Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Plantel Cuauhtemoc.	1
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), Centro de Investigaciones Biológicas, Laboratorio de Paleontología y Paleobiología, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.	1
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Apartado Postal 175, 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.	1
Instituto de Ecología, INECOL. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Col. El Haya. C.P. 91070, Xalapa, Veracruz, México	1

5. Conclusiones

El análisis realizado pone de manifiesto la importancia de las redes regionales, nacionales e internacionales en paleontología y da cuenta de las múltiples relaciones que ha establecido la doctora Buitrón a lo largo de su trayectoria académica, tanto a nivel nacional como internacional. Este hecho es realmente destacable cuando se trata de investigadoras que han sido pioneras en el estudio de especies fósiles muy concretas y en ello radica su especialización, convirtiéndolas en referentes obligados de consulta para muchos investigadores, aun cuando en los actuales recursos bibliográficos y bases de datos electrónicos, no aparezcan registrados muchos de sus trabajos, por tanto sería un error considerar únicamente dichas herramientas para evaluar las aportaciones que un investigador hace al desarrollo de una disciplina.

Las redes de colaboración creadas por la doctora Buitrón constituyen una oportunidad de crecimiento profesional para sus colaboradores y alumnos, de hecho en algunas de las instituciones educativas del país, incluidas en la Tabla 4, actualmente, sus estudiantes son quienes forman parte de los cuerpos académicos, desempeñándose como docentes e investigadores de las mismas.

De igual forma se observa que el trabajo desarrollado en colaboración, amplía las posibilidades de participar en más proyectos de investigación, tener presencia y visibilidad en el ámbito científico, así como favorecer el intercambio de conocimientos entre los miembros de la comunidad científica (Silvia 2012), fomentando también la consolidación de grupos de investigación y estudio, en áreas específicas de una disciplina, además de estimular el desarrollo de proyectos de investigación común.

Referencias

- Alencáster, G., 2003, Mi vida en la ciencia. En: Forjadores de la ciencia en la UNAM. Conferencias del ciclo Mi vida en la ciencia. Mayo-agosto de 2003, México: Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, 367–383.
- Alencáster, G., 2013, Contribución de la mujer al desarrollo de la paleontología en México: Nuestra Tierra. Órgano de Difusión de la Estación Regional del Noroeste, UNAM, 19, 3–9.
- Almero Canet ,A., 2011, La colaboración interinstitucional en la producción científica española en enfermería: indicadores bibliométricos y Análisis de Redes Sociales, 23(3), 118–127. Repositorio digital CSIC. <http://digital.csic.es/handle/10261/44837>. [Consulta: 06/12/2019]
- Cabezas Clavijo, Á., Torres-Salinas, D., 2014, Manual Introductorio Políticas Científicas e Indicadores Bibliométricos: EC3metrics Spin Off, Universidad de Granada, 80 pp.
- Enciso de la Vega, S., 1979, Breve reseña histórica del Instituto de Geología de la UNAM: La Gaceta Geológica. Órgano informativo de la Sociedad Geológica Mexicana, 5(28), 18–21.
- Fonseca, S., Ramírez, D., Castellanos, O., 2017, Gestión del tejido social en grupos de investigación y desarrollo a partir de análisis introspectivo de indicadores cuantitativos en XI Congreso Internacional de la Academia de Ciencias Administrativas (Acacia): XI Congreso Anual de Investigación, Guadalajara, Jalisco.
- Lam Díaz, R.M., 2016, La redacción de un artículo científico, Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia, 32 (1), 57–69.
- Maltrás, B., 2003, Los indicadores bibliométricos. Fundamentos y aplicación al análisis de la Ciencia, Gijón: Trea, 287 pp.
- Russell, J.M., Madera Jaramillo, Ma., Ainsworth, S, 2009, El análisis de redes en el estudio de la colaboración científica, REDES-Revista Hispana para el análisis de redes sociales, 17(2), 39–47. [Consultado: 16/03/2017] Disponible en: <http://revista-redes.rediris.es>
- Silva Beltrán, E.E., Morales Hernández, I., Ramírez Carbajal, A., 2012, La integración de Redes de Colaboración entre Cuerpos Académicos. Alternativas en Psicología: Revista Semestral, 27, 23–33.

Manuscrito recibido: Octubre 25, 2019.

Manuscrito corregido recibido: Diciembre 4, 2019.

Manuscrito aceptado: Diciembre 6, 2019.



Braquiópodos del Pérmico medio (Wordiano) de las Delicias, Coahuila, México

Heredia-Jiménez, Daniela P.^a; Alanís-Pavón, Alberto^b; Quiroz-Barragán, Jesús^c;
Becerra-Rodríguez, Ángel G.^d; Torres-Martínez, Miguel A.^{e,*}

^a Calle Volcán Calminin No. 5, Colonia Unidad Habitacional La Pradera 2da. Sección, 07509, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México.

^b Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México.

^c Museo Paleontológico de La Laguna, Av. Juárez 580, Poniente, Colonia Centro, 27000, Torreón, Coahuila, México.

^d Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil, #1301, Pte. A.P. 175, 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

^e Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Av. Universidad 3000. Colonia Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México.

* miguelatm@geologia.unam.mx

Resumen

Se describen cinco especies de braquiópodos pertenecientes a los órdenes Productida, Athyridida, Rhynchonellida y Spiriferinida del Wordiano (Guadalupiano medio) de la Formación Las Delicias, suroeste de Coahuila, México. Los especímenes estaban depositados en areniscas calcáreas y calcarenitas de una localidad perteneciente a la unidad Difunta (Wordiano–Capitaniano). Se revisó y reclasificó a *Neochonetes* (*Neochonetes*) *foshagi*, además de hacer más completa su descripción original. La ocurrencia de *N. (N.) foshagi* y *Liosotella rugosa* corroboró la edad Wordiana de las rocas portadoras. La conservación de los especímenes, las características sedimentarias y la asociación fósil permitieron establecer que los braquiópodos se depositaron en un paleoambiente de tipo periarrecifal. Se confirma la pertenencia de estas especies a la Provincia Biótica Grandiana durante el Pérmico medio, siendo este su primer reporte para el estado de Coahuila, México.

Palabras clave: Brachiopoda, Guadalupiano medio, Formación Las Delicias, paleobiogeografía, México.

Abstract

Five species of brachiopods of the orders Productida, Athyridida, Rhynchonellida and Spiriferinida from the Wordian (middle Guadalupian) of the Las Delicias Formation, southwestern Coahuila, Mexico are described. The specimens were deposited in calcareous sandstone and calcarenites of a locality of the Difunta unit (Wordian–Capitanian). *Neochonetes* (*Neochonetes*) *foshagi* was revised and reclassified, in addition, its original description was completed. The occurrence of *N. (N.) foshagi* and *Liosotella rugosa* corroborate the wordian age of the bearing rocks. The preservation of the specimens, sedimentary features and the fossil association allowed establishing that brachiopods were deposited in a peri-reef paleoenvironment. It is confirmed that these species belonged to the Biotic Grandian Province during the middle Permian, this being their first report for Coahuila state, Mexico.

Keywords: Brachiopoda, middle Guadalupian, Las Delicias Formation, paleobiogeography, Mexico.

1. Introducción

La Formación Las Delicias, del Pérmico inferior–medio, aflora ampliamente en diversas localidades de la región de la Sierra Las Delicias, ubicada al suroeste del estado de Coahuila. Dicha sucesión sedimentaria es una de las más representativas del Paleozoico superior de México, y debido a que en los diferentes estratos se registran asociaciones de invertebrados marinos, es que se le considera una de las más importantes en cuanto al registro fósil del Pérmico de México. En esta región se han realizado diversos trabajos, sin embargo, la mayoría se han enfocado en la geología y estratigrafía del área (p.e. King, 1934, 1944; Newell, 1957; Cunningham, 1975; Wardlaw *et al.*, 1979; McKee *et al.*, 1988), más que en el conocimiento de la diversidad del registro fósil. Desde que esta unidad se reportó por primera vez, Haarmann (1913) mencionó la presencia de braquiópodos y corales rugosos en diferentes rocas de la región, los cuales más adelante fueron descritos, junto con un briozoo, por Haack en 1914. Aun cuando fue evidente la gran diversidad de esponjas, corales, gasterópodos, bivalvos, ammonoideos, briozoos, braquiópodos y crinoideos en la Formación Las Delicias, los estudios taxonómicos de sus faunas han sido muy escasos, destacando únicamente los trabajos de King *et al.* (1944), en el que se describieron algunos braquiópodos (Cloud, 1944) ammonoideos (Miller, 1944), Strimple (1971) que refirió un crinoideo, Sour-Tovar *et al.* (2016) donde se estudiaron a los trilobites *Anisopyge perannulata* y *Ditomopyge cf. whitei*, así como el de Torres-Martínez *et al.* (2019b), en el que se reportaron 30 especies de braquiópodos, de los cuales 18 taxones representaban primeros registros para México. La importancia de conocer la composición biótica de la Formación Las Delicias no solo radica en ampliar el conocimiento de los organismos que habitaron México a finales del Paleozoico, sino también en que, al reconocer las faunas que habitaron la región se podrán establecer correlaciones estratigráficas y paleobiogeográficas más confiables, no solo con localidades de México, sino también con otras regiones de edades coetáneas.

2. Localidad y estratigrafía

Los afloramientos del Pérmico de Coahuila se caracterizan por una sucesión, sin una clara continuidad, de rocas sedimentarias de origen marino, compuesta por lutitas nodulosas, areniscas compuestas con fragmentos líticos ígneos, calizas arcillosas, calizas fosilíferas e intrusiones de origen ígneo (King, 1934; Kelly, 1936; King *et al.*, 1944; Humphrey, 1955; McKee *et al.*, 1988, 1999). En un principio, McKee *et al.* (1988) propusieron el nombre de Cuenca Las Delicias a la zona de Coahuila donde afloraban las rocas paleozoicas; no obstante, para 1999, McKee *et al.* denominaron Formación Las Delicias a las rocas que conformaban el Pérmico inferior–medio

de la región. Dada la composición litológica y faunística del área McKee *et al.* (1999), plantearon que esta unidad estaba conformada por 11 unidades informales, las cuales denominaron litosomas, depositadas en las cercanías de un arco volcánico. Contrariamente, Wardlaw *et al.* (1979) dividieron a la Formación Las Delicias en solo cinco unidades estratigráficas informales, denominadas Las Sardinas (Kunguriano), El Tordillo (Kunguriano–Roadiano), Palo Quemado (Wordiano), La Difunta (Wordiano–Capitaniano) y La Colorada (Capitaniano). Dichas unidades presentan un alcance estratigráfico que va del Cisuraliano superior al Guadalupiano superior, datadas por la ocurrencia de ammonoideos, braquiópodos y fusulinidos.

La localidad Encumbra se ubica entre las coordenadas 26° 22' 39" N y 102° 55' 48" W (Figura 1A–C). De acuerdo con la litología y la fauna, los braquiópodos aparentemente ocurren en la parte inferior de la unidad La Difunta, establecida como de edad wordiana (Guadalupiano medio) (Figura 2). No obstante, su litología es similar al litosoma La Cría, propuesta por McKee *et al.* (1999), la cual se compone principalmente de arenisca calcárea y calcarenita, con presencia de abundantes braquiópodos y ammonoideos.

3. Paleontología sistemática

El material descrito se encuentra depositado en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM. Los especímenes están registrados con las siglas IGM y su número correspondiente. Dichos ejemplares están preservados como valvas calcificadas desarticuladas. La clasificación y terminología utilizadas están basadas en el Treatise on Invertebrate Paleontology, Brachiopoda de los órdenes Productida (Brunton *et al.*, 2000), Athyridida (Álvarez y Rong, 2002), Rhynchonellida (Savage *et al.*, 2002) y Spiriferinida (Carter y Johnson, 2006).

Orden Productida Sarytcheva y Sokolskaya, 1959
 Suborden Chonetidina Muir-Wood, 1955
 Superfamilia Chonetoidea Bronn, 1862
 Familia Rugosochonetidae Muir-Wood, 1962
 Subfamilia Rugosochonetinae Muir-Wood, 1962
 Género *Neochonetes* Muir-Wood, 1962

Subgénero *Neochonetes* (*Neochonetes*) Muir-Wood, 1962
Especie tipo. *Chonetes dominus* King, 1938.

Neochonetes (*Neochonetes*) *foshagi* Cooper, 1953 (en Cooper *et al.*, 1953)
 Figuras 3A–G

Sinonimia.

Chonetes foshagi, Cooper, 1953 (en Cooper *et al.*, 1953), p. 25, 26, lám. 6B, figs. 8–12.

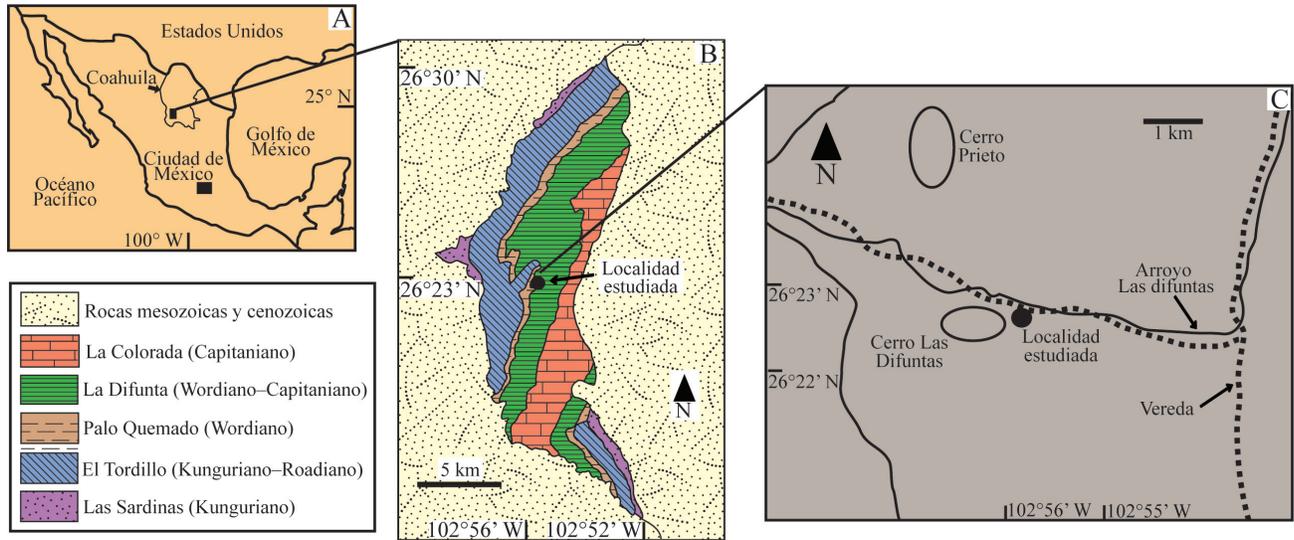


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad donde estaban depositados los braquiópodos. A: Mapa de México, indicando la ubicación de la Sierra Las Delicias. B: Mapa geológico del Pérmico de las Delicias (modificado de Wardlaw *et al.*, 1979). C: Localidad donde fueron encontrados los braquiópodos estudiados.

Material. Cinco valvas ventrales (IGM 11406-11410), dos valvas dorsales (IGM 11411, 11412) y tres moldes internos dorsales (IGM 11413-11415).

Ocurrencia. Areniscas calcáreas y calcarenitas de la localidad Encumbrada, Wordiano de la Formación Las Delicias, Coahuila, México.

Discusión. Los ejemplares de Coahuila presentan las características mencionadas por Brunton *et al.* (2000) para el género y subgénero *Neochonetes*, así como los rasgos señalados por Cooper para la especie *Chonetes foshagi*, descrita para el Wordiano del Antimonio, Sonora (Cooper *et al.*, 1953, p. 25, lám 6B, figs. 8–12). Los atributos que permiten corroborar que se trata de la especie referida son la concha pequeña, cóncavo-convexa, contorno subrectangular, con el ancho mayor a la mitad del largo total; línea de charnela más corta que el ancho máximo; midiendo hasta 12 mm de largo por 17 mm de ancho; comisura anterior fuertemente uniplicada; ornamentada con costillas muy finas, de 5 a 7 por 1 mm en el margen anterior, y una línea de 5 a 6 espinas angulares a cada lado de la línea de charnela; valva ventral convexa en perfil lateral, principalmente en la región anterior, flancos con ligeras pendientes posterolaterales; pico pequeño; región umbonal moderadamente inflada; interarea corta, apsaclina, con un pseudodeltidio vestigial; extremidades cardinales planas y ligeramente convexas; margen anterior ampliamente redondeado y poco profundo con surco que se origina en el umbo y se extiende hasta la región anterior; valva dorsal con extremidades cardinales planas, pliegue bajo, visible en la mitad anterior; interior con un proceso cardinal pequeño, septo medio largo que sobrepasa la mitad del largo total, anteriormente elevado; crestas braquiales subcirculares y crestas fosetales desarrolladas. Esta descripción, aparte de actualizar el género taxonómico, complementa las

características morfológicas registradas inicialmente por Cooper para la especie, dado que el material reportado en 1953 consta únicamente de valvas externas.

Suborden Productidina Waagen, 1883
Superfamilia Productoidea Gray, 1840
Familia Productellidae Schuchert, 1929
Subfamilia Marginiferinae Stehli, 1954
Tribu Paucispiniferini Muir-Wood y Cooper, 1960

Género *Liosotella* Cooper 1953 (en Cooper *et al.*, 1953)

Especie tipo. *Liosotella rugosa* Cooper 1953 (en Cooper *et al.*, 1953).

Liosotella rugosa Cooper, 1953 (en Cooper *et al.*, 1953)
Figuras 3H–L

Sinonimia.

Liosotella rugosa, Cooper, 1953 (en Cooper *et al.*, 1953), p. 37-39, lám. 10C, figs. 9; lám.11C, figs. 11–18.

Material. Ocho valvas ventrales (IGM 11416–11423).

Ocurrencia. Areniscas calcáreas y calcarenitas de la localidad Encumbrada, Wordiano de la Formación Las Delicias, Coahuila, México.

Discusión. Los especímenes de Coahuila presentan las características diagnósticas descritas para *Liosotella rugosa* del Wordiano (Guadalupiano medio) de la Formación Monos del Antimonio, Sonora (Cooper *et al.*, 1953), tales como una concha cóncavo-convexa, subcuadrada; moderadamente grande, alcanzando hasta 29 mm de largo por 32 mm de ancho; valva ventral fuertemente convexa, con la mayor convexidad en la región media, surco ligeramente a moderadamente profundo, originándose a 5 mm anterior al pico y extendiéndose hasta el margen anterior; aurículas

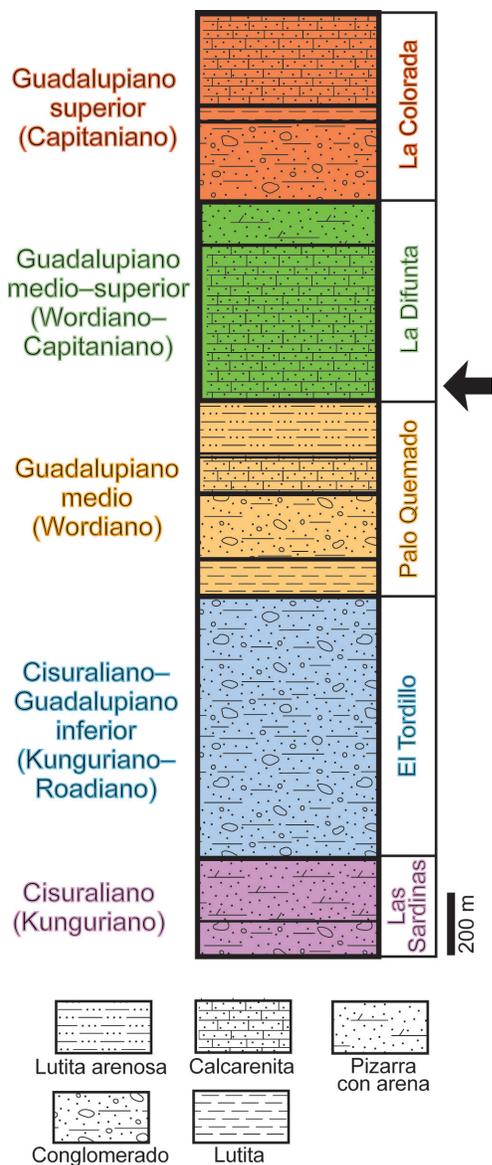


Figura 2. Columna estratigráfica de la Formación Las Delicias, indicando el nivel aproximado en el que estaban depositados los ejemplares de braquiópodos.

subrectangulares; así como una ornamentación compuesta por: 1) costillas gruesas, de 3 a 4 en un espacio de 5 mm en el margen anterior, 2) espinas dispersas sobre toda la valva, más pequeñas en la región del umbo y 3) seis espinas gruesas, en línea curva, sobre los flancos laterales, las cuales disminuyen de tamaño hacia la región posterior. El conjunto de estos rasgos permitió asociar los ejemplares de Coahuila con aquellos descritos para Sonora (Cooper *et al.*, 1953), diferenciándose sutilmente en el número de costillas, ya que los especímenes del Antimonio presentan de 2 a 3 por cada 5 mm en el margen anterior, mientras que en el material de Las Delicias ocurren de 3 a 4 por cada 5 mm. Esta especie es disimilar de *Liosotella subquadrata* de la Sección las Manuelas I del Capitaniano de la Formación Las Delicias

(Torres-Martínez *et al.*, 2019b), en que su mayor gibosidad se ubica a la mitad del largo total de la valva ventral, con presencia de un surco más profundo, seis espinas en línea curva sobre los flancos laterales, y presencia de costillas más gruesas y menos numerosas.

Orden Athyridida Boucot, Johnson y Staton, 1964
Suborden Athyrididina Boucot, Johnson y Staton, 1964
Superfamilia Athyridoidea Davidson, 1881
Familia Athyrididae Davidson, 1881
Subfamilia Spirigerellinae Grunt, 1965

Género *Composita* Brown, 1849
Especie tipo. *Spirifer ambiguus* Sowerby, 1822.

Composita sp.
Figuras 3M–O

Material. Una concha articulada (IGM 11424) y tres valvas ventrales (IGM 11425–11427).

Ocurrencia. Areniscas calcáreas y calcarenitas de la localidad Encumbra, Wordiano de la Formación Las Delicias, Coahuila, México.

Discusión. Los ejemplares de *Composita* sp. de la Formación Las Delicias coinciden con las características mencionadas por Álvarez y Rong (2002) para el género, como una concha moderadamente biconvexa de contorno subovalado a subpentagonal, con un tamaño de hasta 28 mm de largo y 22 mm de ancho; punta redondeada; foramen alargado, ovalado, permesothyridido; comisura uniplicada a parasurcada; surco ventral en la región anterior, más amplio hacia la comisura; pliegue dorsal moderadamente plano; ornamentados con líneas de crecimiento, que son más pronunciadas hacia la comisura anterior. *Composita* sp. de la Formación de Las Delicias se asemeja a *Composita parasulcata* del Roadiano (Pérmico medio) de Texas (Cooper y Grant, 1976) por la forma externa de la concha, comisura parasurcada y un surco ventral en la parte anterior de los especímenes de mayor tamaño; asimismo es similar a *Composita grandis* del Wordiano (Pérmico medio) de Sonora (Cooper *et al.*, 1953) por la forma externa, comisura uniplicada y el surco poco profundo que forma una lengüeta anterior, moderadamente larga y redondeada, sin embargo la preservación y la falta de estructuras internas no permitió realizar una asignación específica fehaciente.

Orden Rhynchonellida Kuhn, 1949
Superfamilia Wellerelloidea Licharew, 1956
Familia Wellerelloidea Licharew, 1956
Subfamilia Wellerellinae Licharew, 1956

Género *Wellerella* Dunbar y Condra, 1932
Especie tipo. *Wellerella tetrahedra* Dunbar y Condra, 1932.

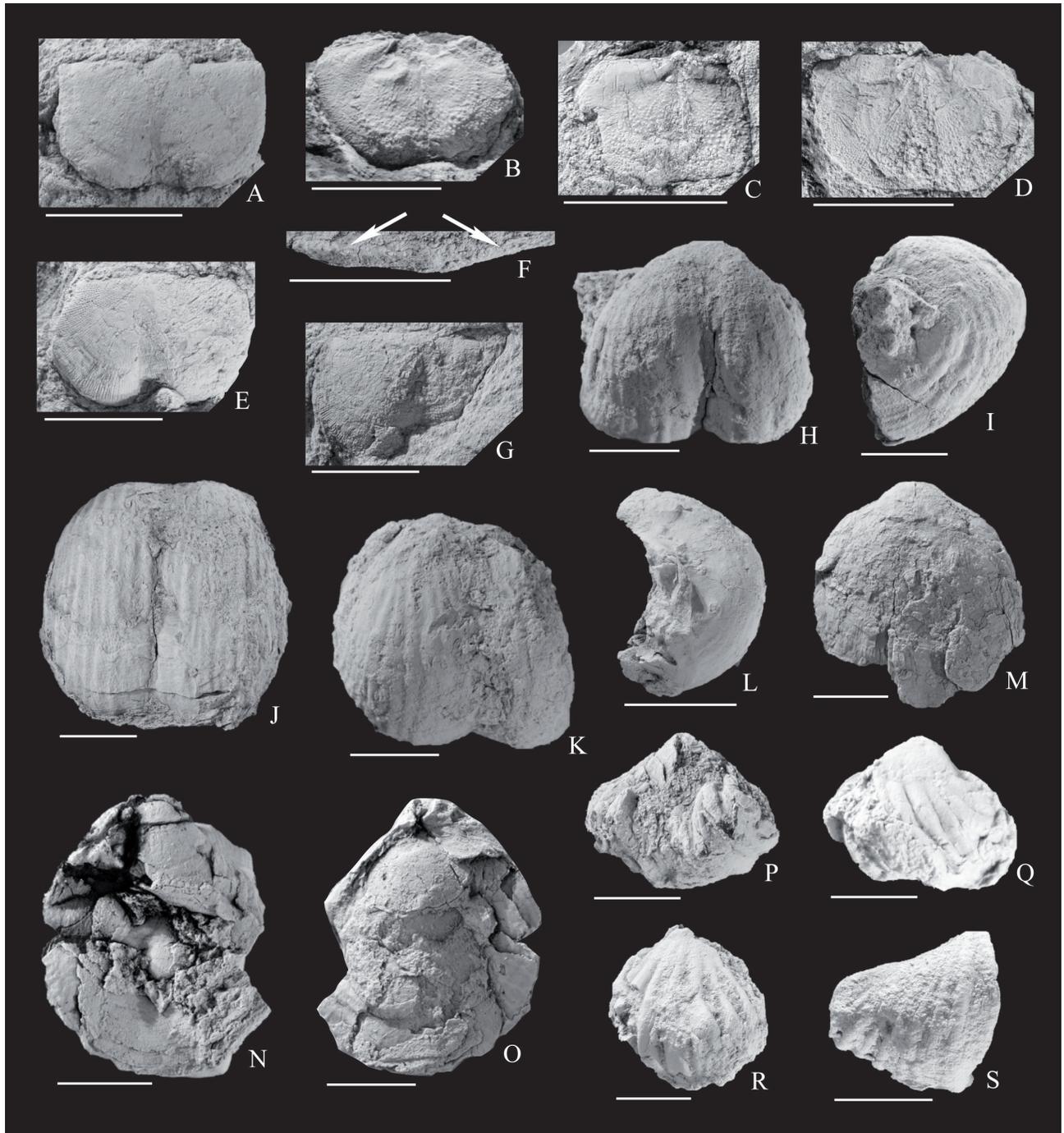


Figura 3. A–G. *Neochonetes (Neochonetes) foshagi* Cooper, 1953 (en Cooper *et al.*, 1953). A: Valva ventral, IGM 11406; B–D: Valvas dorsales, interiores, IGM 11413–11415; E: Valva dorsal, IGM 11411; F: Valva ventral en vista posterior, indicando la posición de las espinas angulares a cada lado de la línea de charnela, IGM 11407; G: Valva dorsal, IGM 11412. H–L. *Liosotella rugosa* Cooper, 1953 (en Cooper *et al.*, 1953). H, I: Valva ventral en vista superior y lateral respectivamente, IGM 11419. M–O. *Composita* sp. M: Valva ventral, IGM 11425; N, O: Ejemplar articulado en vista ventral y dorsal, IGM 11424. P–R. *Wellerella* sp. P, Q: Ejemplar articulado en vista ventral y dorsal, IGM 11428; R: Espécimen articulado y fragmentado en vista dorsal, IGM 11429. S. Punctospiriferido indeterminado. S: Fragmento derecho de valva ventral, IGM 11431. Escala = 1 cm, excepto P–S = 0.5 cm.

Wellerella sp.
Figuras 3P–R

Material. Tres conchas articuladas (IGM 11428–11430).

Ocurrencia. Areniscas calcáreas y calcarenitas de la localidad Encumbrada, Wordiano de la Formación Las Delicias, Coahuila, México.

Discusión. Los especímenes aquí reportados se asignaron al género *Wellerella* por la presencia de rasgos representativos descritos por Dunbar y Condra (1932), como la concha subtriangular, biconvexa en perfil lateral, anteriormente inflada, comisura uniplicada, triserrada; ornamentación conformada de 3 costillas agudas en el pliegue, 2 en el surco y de 5 costillas redondeadas en los flancos, además por la ocurrencia de líneas de crecimiento, más abundantes en el margen anterior. Dichas características, junto con la ocurrencia de extremidades laterales redondeadas son rasgos afines a la especie *Wellerella lemasi* del Wordiano de la Formación Monos del Antimonio de Sonora (Cooper *et al.*, 1953), no obstante, la falta de material y la conservación no permitieron realizar una asignación específica confiable.

Orden Spiriferinida Ivanova, 1972
Familia Punctospiriferidae Waterhouse, 1975

Punctospiriferido indeterminado
Figura 3S

Material. Una valva ventral (IGM 11431).

Ocurrencia. Areniscas calcáreas y calcarenitas de la localidad Encumbrada, Wordiano de la Formación Las Delicias, Coahuila, México.

Discusión. El ejemplar estudiado presenta características morfológicas que permiten relacionarlo con el orden Spiriferinida, tal como la valva ventral transversa, impuntuada; interarea apsaclina alta, bien desarrollada; y extremidades cardinales aladas. Asimismo, la ocurrencia de lamelas regulares a subimbricadas sobre el ejemplar sugieren que pertenece a la familia Punctospiriferidae (Carter y Johnson, 2006, p. 1910), no obstante, debido a la falta de material no fue posible realizar una determinación específica.

4. Discusión

En la localidad estudiada afloran rocas compuestas por terrígenos y carbonatos, tal como areniscas calcáreas, calcarenitas y en menor medida calizas arenosas, en las cuales, los braquiópodos aquí descritos se encontraban asociados a fragmentos de ammonoideos y osículos columnares de crinoideos, así como a algunos restos de plantas. En lo que se refiere al tipo de conservación de los braquiópodos, se puede denotar que las valvas

están permineralizadas con carbonatos, además de hallarse desarticuladas y sin una dirección aparente. Las características sedimentarias de las rocas portadoras, la fauna asociada y el tipo de preservación de los ejemplares fósiles permiten señalar que esta comunidad se desarrolló en un ambiente de aguas someras, de nivel energético medio-alto, alta productividad y un aporte constante de carbonatos. Además, la presencia de terrígenos señala una cercanía con el continente, apoyado por la presencia de algunos restos de plantas; tales características se pueden asociar con un paleoambiente de tipo peri-arrecifal.

A finales del Paleozoico, la Tierra sufrió diversos cambios geológicos globales, los cuales afectaron de diferente forma a todos los organismos, ya sea marinos o terrestres. La presencia del supercontinente Pangea durante el Pérmico temprano–medio influyó en las condiciones ambientales globales, provocando diversos cambios bióticos y abióticos en los mares epicontinentales. El resultado de estos eventos se vio reflejado en el surgimiento de un gran número de taxones endémicos (p.e. foraminíferos y braquiópodos), produciéndose una regionalización genérica y/o específica en diferentes zonas del mundo (Shen *et al.*, 2009). Dado este endemismo, Yancey (1975) propuso que durante el Cisuraliano (Pérmico temprano) se establecieron cuatro provincias paleobiogeográficas en Norteamérica, las cuales ocupaban los terrenos actuales de Canadá, Estados Unidos y norte de México: Boreal, Cordillerana, Grandiana y Exótica. En particular, la biota de México estaba situada dentro de la paleoprovincia Grandiana cuya área, de acuerdo con Yancey (1975), se extendía sobre Coahuila y el centro de Sonora, así como por Texas y Nuevo México en los Estados Unidos. En la actualidad, Venezuela y Guatemala ya se consideran parte de esta misma provincia, principalmente debido a los reportes de braquiópodos y fusulinidos típicos de la región (Kling, 1960; Stehli y Grant, 1970; Hoover, 1981; Torres-Martínez *et al.*, 2018). En el caso de México, se ha detectado que existen diversos taxones de foraminíferos e invertebrados marinos que permiten relacionar diferentes biotas pérmicas del país con las faunas grandianas. Tal es el caso de los braquiópodos, bivalvos y gasterópodos del Cisuraliano de Hidalgo (Sour-Tovar *et al.*, 2005; Quiroz-Barroso *et al.*, 2012); los bivalvos y braquiópodos del Guadalupiano de Guerrero (González-Arreola *et al.*, 1994; Guerrero-Sánchez y Quiroz-Barroso, 2013); y los foraminíferos, ammonoideos y braquiópodos del Cisuraliano y Guadalupiano de Chiapas (Müllerried *et al.*, 1941; Thompson y Miller, 1944; Torres-Martínez *et al.*, 2016, 2019a). Estos registros evidencian que durante el Pérmico hubo una conexión marina que unía estas regiones, aumentando la extensión geográfica de la provincia. Cabe resaltar que para el Pérmico medio (Roadiano–Capitaniano) las provincias Boreal, Cordillerana y Exótica al parecer desaparecieron, perdurando únicamente la Grandiana (Shen y Shi, 2004; Shen *et al.*, 2009). Por otro lado, la ocurrencia de *Neochonetes* (*Neochonetes*) *foshagi* y *Liosotella rugosa* en la Formación Las Delicias corroboran

la edad wordiana para las rocas portadoras, representando además el primer registro de ambas especies para Coahuila, ya que previamente solo se habían descrito para el Wordiano (Guadalupeano medio) de Sonora. La presencia de estos taxones, tanto en Sonora como en Coahuila, confirma su pertenencia a la Provincia paleobiogeográfica Grandiana.

Agradecimientos

Los autores agradecen las correcciones y sugerencias realizadas por Francisco Sour Tovar y un revisor anónimo, las cuales enriquecieron el manuscrito original. También se agradece a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México por financiar este trabajo mediante el proyecto PAPIIT IA102618.

Referencias

- Álvarez, F., Rong, J.Y., 2002, Order Athyridida, *en* Kaesler, R.L. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda, Revised 3: Geological Society of America & Paleontological Institute, Boulder, Colorado & Lawrence, Kansas, 4, 1475–1583.
- Boucot, A.J., Johnson, J.G., Staton, R.D., 1964, On some atrypid, retzioid, and athyridoid Brachiopoda: *Journal of Paleontology*, 38(5), 805–822.
- Bronn, H.G., 1862, Die Klassen und Ordnungen der Weichthiere (Malacozoa): C.F. Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig & Heidelberg, 3(1), 518 pp.
- Brown, T., 1849, Illustrations of the Fossil Conchology of Great Britain and Ireland, with Descriptions and Localities of All Species: Maclachlan and Stewart, Smith, Elder, Edinburgh and London, 272 pp.
- Brunton, C.H.C., Lazarev, S.S., Grant, R.E., 2000, Order Productida, *en* Kaesler, R.L. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda, Revised 3: Geological Society of America & Paleontological Institute, Boulder, Colorado & Lawrence, Kansas, 3, 350–361.
- Carter, J.L., Johnson J.G., 2006, Spiriferinida, *en* Kaesler, R.L. (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda, Revised 3: Geological Society of America & Paleontological Institute, Boulder, Colorado & Lawrence, Kansas, 5, 1877–1881.
- Cloud, Jr., P.E., 1944, Part III, Permian brachiopods, *en* King, R.E., Dunbar, C.O., Cloud, Jr., P.E., Miller, A.K. (eds.), Geology and Paleontology of the Permian Area Northwest of Las Delicias, Southwestern Coahuila, Mexico: Geological Society of America Special Papers, 52, 49–69. <https://doi.org/10.1130/SPE52-p1>.
- Cooper, G.A., Grant, R.E., 1976, Permian Brachiopods from West Texas, IV: Smithsonian Contributions to Paleobiology, 1923–2285. <https://doi.org/10.5479/si.00810266.21.text>
- Cooper, G.A., Dunbar, C.O., Duncan, H., Miller, A.K., Knight, J.B., 1953, Permian fauna at El Antimonio, western Sonora, Mexico: Smithsonian Miscellaneous Collection, 119(2), 21–80.
- Cunningham, K.D., 1975, Petrology and Petrography of Permian Volcanogenic and Carbonate Rocks Near Las Delicias, Coahuila, Mexico, Texas Christian University, Tesis de Maestría, 72 pp.
- Davidson, T., 1881, On genera and species of spiral-bearing Brachiopoda from specimens developed by Rev. Norman Glass: with notes on the results obtained by Mr. George Maw from extensive washing of the Wenlock and Ludlow shales of Shropshire: *Geological Magazine* (new series, Decade II), 8, 1–13.
- Dunbar, C.O., Condra, G.E., 1932, Brachiopoda of the Pennsylvanian system in Nebraska: Nebraska Geological Survey, Bulletin (Second Series) 5, 1–377.
- González-Arreola, C., Villaseñor-Martínez, A.B., Corona-Esquivel, R., 1994, Permian fauna of the Los Arcos Formation, Municipality of Olinalá, state of Guerrero, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 11(2), 214–221.
- Gray, J.E., 1840, Synopsis of the Contents of the British Museum, forty-second ed: British Museum, London, 370 pp.
- Grunt, T.A., 1965, Nadsemeistvo Athyridasea, *en* Ruzhencev, V.E., Sarycheva T.G. (eds.), Razvitie i smena morskikh organizmov na rubezhe paleozoiia i mesozoiia: Trudy Paleontologicheskogo Instituta, Akademiã Nauk SSSR, 108, 237–253.
- Guerrero-Sánchez, M., Quiroz-Barroso, S.A., 2013, Bivalvos guadalupianos (Pérmico medio) de la Formación Olinalá, Guerrero, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(3), 533–551. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2013v65n3a8>
- Haack, W., 1914, Ueber eine marine Permfauna aus Nordmexiko nebst Bemerkungen über Devon daselbst: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 66, 482–504.
- Haarmann, E., 1913, Geologische Streifzüge in Coahuila: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 45, 18–47.
- Hoover, P.R., 1981, Paleontology, taphonomy, and paleoecology of the Palmarito Formation (Permian of Venezuela): *Bulletins of American Paleontology*, 80, 1–138.
- Humphrey, W.E., 1955, Permian glaciation in northern Mexico?: *Geological Society of America Bulletin*, 66, 1319–1324. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1955\)66\[1319:PGINM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1955)66[1319:PGINM]2.0.CO;2)
- Ivanova, E.A., 1972, Osnovnyye zakonomernosti evolyutsii spiriferid (Brachiopoda): *Paleontologicheskii Zhurnal*, 1971(1), 120–123.
- Kelly, W.A., 1936, Evolution of the Coahuila peninsula, Mexico-Part II, Geology of the mountains bordering the valleys of Acatita and las Delicias: *Geological Society American Bulletin*, 47, 1009–1038.
- King, R.E., 1934, The Permian of southwestern Coahuila, Mexico: *American Journal Science*, 27, 98–112. <https://doi.org/10.2475/ajs.s5-27.158.98>
- King, R.E., 1944, Part I: Geology, *en* King, R.E., Dunbar, C.O., Cloud Jr. P.E., Miller, A.K. (eds.), Geology and Paleontology of the Permian Area Northwest of Las Delicias, Southwestern Coahuila, Mexico: Geological Society of America Special Papers, 52, 3–35. <https://doi.org/10.1130/SPE52-p1>
- King, R.E., Dunbar, C.O., Cloud, P.E., Miller, A.K., 1944, Geology and paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, Mexico: *Geological Society of America Special Papers*, 52, 1–170. <https://doi.org/10.1130/SPE52-p1>
- King, R.H., 1938, New Chonetidae and Productidae from Pennsylvanian and Permian strata of north central Texas: *Journal of Paleontology*, 12(3), 257–279.
- Kling, S.A., 1960, Permian fusulinids from Guatemala: *Journal of Paleontology*, 34, 637–655.
- Kuhn, O., 1949, Lehrbuch der Paläozoologie. E. Schweizerbart'sche: Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 326 pp.
- Licharew, B.K., 1956, Nadsemeistvo Rhynchonellacea Gray, 1848, *en* Kiparisova, L.D., Markovskii, B.P., Radchenko, G.P. (eds.), Materialy po paleontologii novye semeistva i rody, Vsesoiuznyi Nauchno-Issledovatel'skii Geologicheskii Institut n (VSEGEI), Materialy (Paleontologiya) Moskva: Gos. nauchnotekh. izd-vo lit-ry po geologii i okhrane, nedr, 56–61.
- McKee, J.W., Jones, N.W., Anderson, T.H., 1988, Las Delicias basin: a record of late Paleozoic arc volcanism in northeastern Mexico: *Geology*, 16, 37–40. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1988\)016<0037:LDBARO>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1988)016<0037:LDBARO>2.3.CO;2)
- McKee, J.W., Jones, N.W., Anderson, T.H., 1999, Late Paleozoic and early Mesozoic history of the las Delicias terrane, Coahuila, Mexico, *en* Bartolini, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F. (eds.), Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico: Geological Society of America Special Paper, 340, 161–189. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2340-X.161>

- Miller, A.K., 1944, Part IV: Permian cephalopods, *en* King, R.E., Dunbar, C.O., Cloud Jr. P.E., Miller, A.K. (eds.), *Geology and Paleontology of the Permian Area Northwest of Las Delicias, Southwestern Coahuila, Mexico*: Geological Society of America Special Papers, 52, 71–128. <https://doi.org/10.1130/SPE52-p1>
- Muir-Wood, H.M., 1955, A History of the Classification of the Phylum Brachiopoda: British Museum (Natural History), London, 124 pp.
- Muir-Wood, H.M., 1962, On the Morphology and Classification of the brachiopod suborder Chonetoida: British Museum (Natural History), Monograph, 132 pp.
- Muir-Wood, H.M., Cooper, G.A., 1960, Morphology, classification and life habits of the Productoida (Brachiopoda): Geological Society of America Memoir, 81, 1–447. <https://doi.org/10.1130/MEM81>
- Müllerried, F.K.G., Miller, A.K., Furnish, W.M., 1941, The Middle Permian of Chiapas, southernmost Mexico, and its fauna: *American Journal of Science*, 239(6), 397–406. <https://doi.org/10.2475/ajs.239.6.397>
- Newell, N.D., 1957, Supposed Permian tillites in northern Mexico are submarine slide deposits: *Geological Society of America Bulletin*, 68, 1569–1576. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1957\)68\[1569:SPT INM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1957)68[1569:SPT INM]2.0.CO;2)
- Quiroz-Barroso, S.A., Sour-Tovar, F., Centeno-García, E., 2012, Gasterópodos y bivalvos cisularianos (Pérmico inferior) de Otlamalacatla, Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, 158–178.
- Sarytcheva, T.G., Sokolskaya, A.N., 1959, O klassifikatsin lozhnoporistykkh brakhiopod (On the classification of pseudopunctate brachiopods): *Akademiia Nauk SSSR, Doklady (Moscow)*, 125(1), 181–184.
- Savage, N.M., Manceñido, M.O., Owen, E.F., Carlson, S.J., Grant, R.E., Dagens A.S., Dong-Li, S., 2002, Order Rhynchonellida, *en* Kaesler, R.L. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part H, Brachiopoda, Revised 3*: Geological Society of America & Paleontological Institute, Boulder, Colorado & Lawrence, Kansas, 4, 1027–1376.
- Schuchert, C., 1929, Classification of Brachiopod Genera, Fossil and Recent, Schuchert, C., LeVene C.M., *Animalia pars 42, en* Pompeckj, J.F. (ed.), *Fossilium Catalogus*, Junk, Berlin, 1, 10–25.
- Shen, S.Z., Shi, G.R., 2004, Capitanian (Late Guadalupian, Permian) global brachiopod paleobiogeography and latitudinal diversity pattern: *Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 208, 235–262. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.03.009>
- Shen, S.Z., Xie, J.F., Zhang, H., Shi, G.R., 2009, Roadian-Wordian (Guadalupian, middle Permian) global palaeobiogeography of brachiopods: *Global and Planetary Change*, 65, 166–181. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.10.017>
- Sour-Tovar, F., Pérez-Huerta, A., Quiroz-Barroso, S.A., Centeno-García, E., 2005, Braquiópodos y trilobites del Pérmico Inferior del noroeste del Estado de Hidalgo, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22, 24–35.
- Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S.A., Quiroz-Barragán, J., Torres-Martínez, M.A., González-Mora, S., 2016, Presencia de *Anisopyge perannulata* y *Ditomopyge* cf. *D. whitei* (Trilobita, Proetidae) en el Pérmico (Guadalupiense Medio) de la Formación Las Delicias, Coahuila, norte de México: *Paleontología Mexicana*, 5(2), 103–109.
- Sowerby, J., 1821–1822, The mineral conchology of Great Britain, London, Published by the author, 4, 1–114.
- Stehli, F.G., 1954, Lower Leonardian Brachiopoda of the Sierra Diablo: *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 105, 257–358.
- Stehli, F.G., Grant, R.E., 1970, Permian brachiopods from Huehuetenango, Guatemala: *Journal of Paleontology*, 44(1), 23–36.
- Strimple, H.L., 1971, A Permian crinoid from Coahuila, Mexico: *Journal of Paleontology*, 45, 1040–1042.
- Thompson, M.L., Miller, A.K., 1944, The Permian of southernmost Mexico and its fusulinid fauna: *Journal of Paleontology*, 18(6), 481–504.
- Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., Barragán, R., 2016, Permian (Leonardian) brachiopods from Paso Hondo Formation, Chiapas, southern Mexico. Paleobiogeographical implications: *Journal of South American Earth Sciences*, 71, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.06.012>
- Torres-Martínez, M.A., Heredia-Jiménez, D.P., Sour-Tovar, F., Buitrón-Sánchez B.E., Barragán, R., 2019a, Permian brachiopods from Chiapas, Mexico: new stratigraphical and paleobiogeographical insights: *Paläontologische Zeitschrift*, 93(4), 607–624. <https://doi.org/10.1007/s12542-018-0436-2>
- Torres-Martínez, M.A., Heredia-Jiménez, D.P., Quiroz-Barroso, S.A., Navas-Parejo, P., Sour-Tovar, F., Quiroz-Barragán, J., 2019b, A Permian (late Guadalupian) brachiopod fauna from northeast Mexico and their paleobiogeographic affinities: *Journal of South American Earth Sciences*, 92, 41–55. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.03.002>
- Waagen, W.H., 1883, Salt Range Fossils, vol. I, part 4. Productus Limestone fossils, Brachiopoda: *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica (series 13)*, 2, 391–546.
- Wardlaw, B.R., Furnish, W.M., Nestell, M.K., 1979, Geology and paleontology of the Permian beds near Las Delicias, Coahuila, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, 90(1), 111–116. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1979\)90<111:GAPOTP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1979)90<111:GAPOTP>2.0.CO;2)
- Waterhouse, J.B., 1975, New Permian and Triassic brachiopod taxa: University of Queensland, Department of Geology, Papers, 7(1), 1–23.
- Yancey, T.E., 1975, Permian marine biotic provinces in North America: *Journal Paleontology*, 49, 758–766.

Manuscrito recibido: septiembre 10, 2019.

Manuscrito corregido recibido: noviembre 28, 2019.

Manuscrito aceptado: diciembre 2, 2019.



***Ptychagnostus atavus* (Tullberg, 1880) (Trilobita: Agnostida) del Cámbrico medio (Miaolingiano-Drumiano) de Arivechi, Sonora, México: significado bioestratigráfico**

Cuen-Romero, Francisco Javier^{a,*}; Beresi, Matilde Sylvia^b; Palafox Reyes, Juan José^a;
Montijo González, Alejandra^a

^a Universidad de Sonora, División de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Geología, Blvd. Luis Encinas y Rosales, 83000, Hermosillo, Sonora, México.

^b Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Av. A. Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín, 5500, Mendoza, Argentina.

* francisco.cuen@ciencias.uson.mx

Resumen

En la región de Arivechi, estado de Sonora, aflora una secuencia sedimentaria del Paleozoico inferior (Cámbrico), representada por las formaciones La Sata, El Mogallón, La Huerta y Milpillas, con una litología predominante de caliza, caliza arcillosa y lutita. Esta secuencia está caracterizada por una abundante y diversa biota fósil, la cual consiste en algas oncolíticas, icnofósiles, esponjas, braquiópodos y trilobites. En este trabajo se describe e ilustra por primera vez para México, la especie *Ptychagnostus atavus*, trilobite agnóstico colectado en capas del Drumiano (Cámbrico-Miaolingiano) de la Formación El Mogallón. Las rocas cámbricas de la región de Arivechi, se depositaron como parte de una potente secuencia de sedimentos del margen occidental del cratón de Laurentia, asociadas a un ambiente de plataforma exterior. La distribución cosmopolita de esta especie sugiere la existencia de una amplia provincia faunística, que comprende localidades de Europa (Suecia), Asia (Corea), Canadá (Columbia Británica), Estados Unidos de América (California, Nevada, Utah), México (Sonora) y Argentina (Precordillera Argentina). Su amplia distribución confirma su utilidad relevante como índice estratigráfico y de correlación global para el Cámbrico medio.

Palabras clave: Bioestratigrafía, Cámbrico, Laurentia, *Ptychagnostus*, Sonora.

Abstract

A lower Paleozoic (Cambrian) sedimentary sequence represented by the La Sata, El Mogallón, La Huerta and Milpillas formations crops out in the region of Arivechi, Sonora state, with a predominant lithology of limestone, clay-limestone, and shale. This sequence is characterized by an abundant and diverse fossil biota, which consists of oncolytic algae, ichnofossils, sponges, brachiopods and trilobites. This work describes and illustrates for the first time the species *Ptychagnostus atavus* for Mexico, agnostid trilobite collected in layers of the Drumian Stage (Cambrian-Miaolingian) of the El Mogallón Formation. The Cambrian rocks of the Arivechi region were deposited as part of a potent sequence of sediments from the western margin of the Laurentia craton, associated with an outer shelf environment. The cosmopolitan distribution of this species suggests the existence of a large faunal province, which includes locations in Europe (Sweden), Asia (Korea), Canada (British Columbia), United States of America (California, Nevada, Utah), Mexico (Sonora) and Argentina (Precordillera Argentina). The wide distribution of the species confirms its relevant utility as a stratigraphic index fossil and global stratigraphic boundary correlation for the middle Cambrian.

Keywords: Bioestratigrafía, Cámbrico, Laurentia, *Ptychagnostus*, Sonora.

1. Introducción

El registro estratigráfico del Cámbrico en México es escaso, conociéndose solamente en algunas localidades de los estados de Sonora y Oaxaca (Cooper *et al.*, 1952; Pantoja y Robison, 1967; Buitrón-Sánchez, 1992; Cuen-Romero *et al.*, 2018; 2019). En el estado de Sonora, Cuen-Romero *et al.*, (2018) dividió los afloramientos del Cámbrico en cuatro regiones con base en la distribución de las faunas de trilobites: región noroeste, que comprende principalmente el área de Caborca (cerro San Clemente, Rajón, Cerro Prieto, Los Difuntos, Buelna, Proveedora y Arrojos); región noreste donde se ubican los depósitos de Cananea (sierra El Tule); región central que comprende los depósitos de San José de Gracia y Mazatán (cerro El Chihuarruita, El Sahuaral y sierra de Mazatán); y la región este que comprende los afloramientos del área de Arivechi (cerro La Sata y El Mogallón).

Las localidades cámbricas del área de Arivechi son conocidas desde finales de siglo pasado, notables por su riqueza de especies y por ser de los pocos afloramientos del Cámbrico en México (Almazán-Vázquez, 1989).

Los trilobites (Phylum Arthropoda) constituyen un grupo muy importante en la bioestratigrafía del Paleozoico, principalmente durante el Cámbrico-Ordovícico, debido a su alto nivel de complejidad funcional, rápida evolución en corto tiempo, amplia distribución geográfica y abundancia (Levi-Setti, 1993).

En México se conocen pocos afloramientos del Cámbrico con fósiles de trilobites. En el área de Caborca se han determinado 45 especies (Cooper *et al.*, 1952; 1956). Para el área de Cananea se han citado 6 especies (González-León, 1986); en el área de San José de Gracia-Mazatán se ha documentado la presencia de 15 especies (Vega-Granillo, 1996; Cuen-Romero *et al.*, 2018; 2019) y para el área de Arivechi aproximadamente 20 especies, las cuales fueron reportadas por Almazán-Vázquez (1989). Sin embargo, estas especies no han sido descritas ni ilustradas. En el presente trabajo se describe e ilustra por primera vez una especie de trilobite agnóstido *Ptychagnostus atavus* (Tullberg, 1880) de suma importancia en bioestratigrafía, debido a que es un fósil guía cuya primera aparición denota el inicio del Drumiano (~504.5 Ma). Su gran abundancia y su extensa distribución geográfica a nivel global, le confieren un valor significativo como fósil guía en estudios de correlación global, así como paleoecológicos. En el presente trabajo se describen e ilustran cuatro ejemplares provenientes de la Formación El Mogallón del Cámbrico medio de la sección de Arivechi, Sonora, México. La fauna asociada consiste principalmente en poríferos del grupo “reticulosa” así como escleritos de cancellóridos y braquiópodos linguliformes indeterminados. El conjunto de esponjas del Cámbrico medio de la región de Arivechi es taxonómicamente diverso y morfológicamente complejo. En el área de estudio, dos nuevas especies de esponjas excepcionalmente conservadas se han recuperado, *Ratcliffespongia arivechensis* y

Valospongia sonorensis, determinadas previamente por Beresi *et al.*, 2017 (Fig. 1).

El contenido fosilífero y composición litológica de la Formación El Mogallón, es interpretada como un ambiente marino de plataforma exterior, lo cual es consistente con el modelo propuesto por Robison (1976), y reafirmado por los estudios posteriores de Cuen-Romero (2013) y Beresi *et al.* (2017). Lo anterior se confirma con las facies y presencia de trilobites agnóstidos en las regiones de Arivechi, San José de Gracia y Mazatán, mientras que en las regiones de Caborca y Cananea se encuentran ausentes.

2. Área de estudio

El área de estudio se encuentra localizada en la parte oriental del estado de Sonora, aproximadamente a 240 km al este de la ciudad de Hermosillo y 10.5 km al oeste del municipio de Arivechi, en las coordenadas geográficas 28°54'30" N y 109°16'30" W (Fig. 2).

3. Consideraciones estratigráficas

Al oeste del municipio de Arivechi afloran rocas sedimentarias del Cámbrico, las cuales han sido incluidas en las formaciones La Sata, El Mogallón, La Huerta y Milpillas (Fig. 3) (Almazán-Vázquez, 1989).

La Formación La Sata fue definida por Almazán-Vázquez (1989), en el cerro La Sata, localidad de la cual toma su nombre. Litológicamente está compuesta por cuarcita, lutita, arenisca, caliza oolítica y caliza oncolítica. Su descriptor original la dividió en tres miembros (A, B y C) con base en sus facies litológicas, y debido a la presencia de los trilobites *Amecephalus* sp. y *?Fielaspis* sp. le asignó una edad del Cámbrico medio correspondiente a la zona de pre-*Glossopleura*. Posteriormente, Cuen-Romero (2013) y Cuen-Romero *et al.* (2018), con base en el análisis de trilobites asignan esta sucesión a la Zona de *Poliella denticulata* (Miaolingiano-Wuliuano). La unidad posee un espesor aproximado de 100 m y aflora también en el margen oriental del arroyo Milpillas. El contacto inferior de la unidad no se observa, mientras que el contacto superior es concordante con la Formación El Mogallón.

La Formación El Mogallón, unidad de la cual proviene el material estudiado en el presente trabajo, está constituida principalmente por caliza de estratificación delgada y lutita. Fue dividida en cuatro miembros (A, B, C y D) por Almazán-Vázquez (1989), quien debido a la presencia de trilobites le asignó una edad del Cámbrico medio. El Miembro A posee los trilobites *Ptychagnostus atavus*, *Hypagnostus parvifrons*, *Peronopsis fallax*, *Peronopsis* sp., *Olenoides* cf. *O. marjumensis* y *Modocia* sp. El Miembro B no aportó fósiles. El Miembro C aportó las especies *Hypagnostus parvifrons*, *?Modocia typicalis* y *?Utaspis* sp., sin embargo no fue asignado a ninguna biozona por su

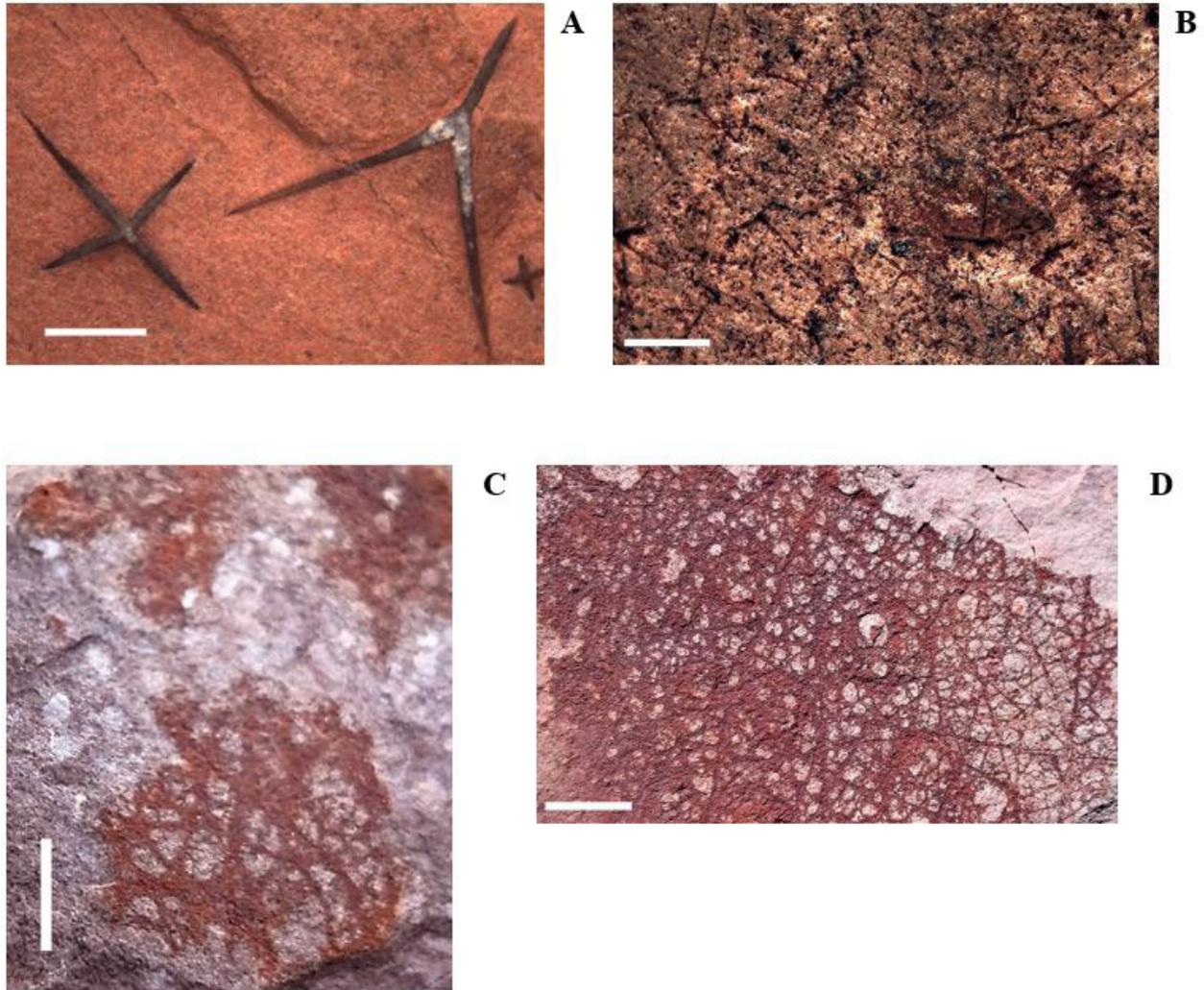


Figura 1. A) Espículas estauractinas y triactinas; B) Asociación de espículas estauractinas (hexactinélidas); C) Fragmentos de *Ratcliffespongia arivechensis*; D) *Valospongia sonorensis*. La escala gráfica equivale a 1 mm.

autor original (Almazán-Vázquez, 1989). Recientemente, Cuen-Romero *et al.* (2018), debido al contenido de trilobites asigna el Miembro C a la Zona de *Bolaspidella*, Zona de *Ptychagnostus atavus* para plataforma abierta (Miaolingiano-Drumiano). Finalmente el Miembro D proporcionó los trilobites *?Onymagnostus hybridus*, *?Ptychagnostus atavus*, *Ptychagnostus michaeli* y *Bathyuriscus* sp. Cuen-Romero *et al.* (2018), asigna las rocas de la parte basal de la Formación El Mogallón a la Zona de *Ptychagnostus atavus* (Miaolingiano-Drumiano), mientras que las rocas de la parte superior podrían representar biozonas más jóvenes (?zonas de *Goniagnostus nathorsti*, *Lejopyge armata* y/o *Lejopyge laevigata*; Drumiano superior–Guzhangiano inferior). La unidad posee un espesor aproximado de 395 m y aflora en los cerros La Sata y El Mogallón. Sobreyace de manera concordante a la Formación La Sata, y Almazán-Vázquez (1989), infiere que el contacto superior con la Formación La Huerta es concordante.

La Formación La Huerta toma su nombre del arroyo La Huerta, localizado al oeste de Arivechi, y consiste principalmente en estratos delgados de caliza, con estructuras de bioturbación intercalados con capas de arcilla (Almazán-Vázquez, 1989). La unidad posee un espesor de 250 m. Contiene trilobites, los cuales no pudieron ser identificados por su autor original (Almazán-Vázquez, 1989). Las relaciones estratigráficas de esta unidad no son claramente observables.

La Formación Milpillas toma su nombre del arroyo del mismo nombre, y consiste en una alternancia de lutita calcárea y caliza arcillosa (Almazán-Vázquez, 1989). Posee un espesor de 200 m, y es sobreyacida discordantemente por rocas del Ordovícico Inferior. Esta unidad proporcionó fósiles de *?Aphelotoxon* sp., *Elviniella* sp., *Homagnostus* sp., *Pseudagnostus* sp. y *Pterocephalia* sp. El autor original asignó dicha unidad a la Zona de *Dunderbergia* o *Elvinia* (Almazán-Vázquez, 1989), sin embargo, Cuen-Romero

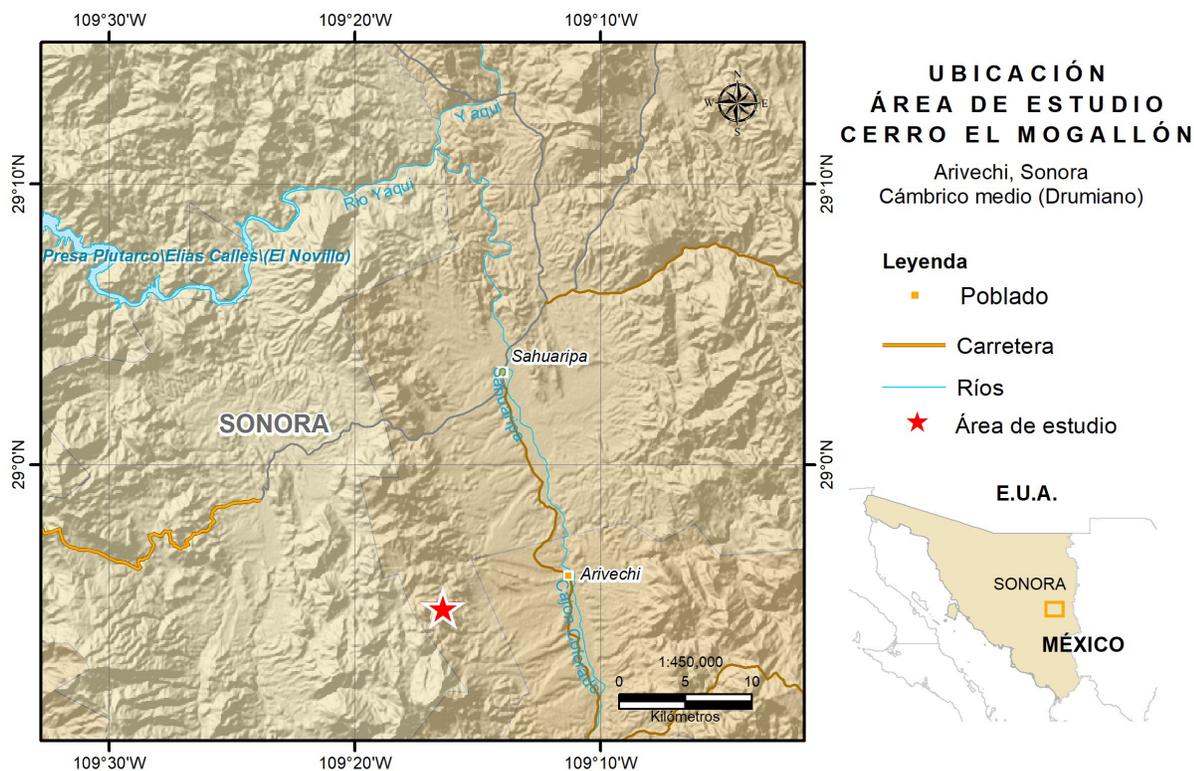


Figura 2. Localización del área de estudio en la parte oriental del estado de Sonora.

et al. (2018) asigna dicha unidad a la Zona de *Elvinia* (Furongiano-Paibiano).

4. Paleontología sistemática

El material aquí estudiado se encuentra depositado en la Colección de Paleontología del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. La nomenclatura y términos morfológicos utilizados para la descripción de los ejemplares son los propuestos por Robison (1982) así como Whittington y Kelly (1997).

Se consideró pertinente describir e ilustrar por primera vez a *Ptychagnostus atavus*, inclusive no siendo una especie nueva, debido a la importancia bioestratigráfica de esta especie para el Cámbrico medio de México y para correlaciones a nivel global, siendo ésta la primera vez que se ilustra para México.

Phylum Arthropoda von Siebold, 1848
 Clase Trilobita Walch, 1771
 Orden Agnostida Salter, 1864
 Familia Ptychagnostidae Kobayashi, 1939

Género *Ptychagnostus* Jaekel, 1909

Discusión. La definición del género *Ptychagnostus* es la propuesta por Robison (1984) así como Peng y Robison (2000).

Especie tipo. *Agnostus punctuosus* Angelin, 1851

Ptychagnostus atavus (Tullberg, 1880)
 Figura 8A–D

Sinonimia.

Agnostus atavus; Tullberg (1880), p. 14, lám. 1, figs. 1a–1d.
Agnostus intermedius; Tullberg (1880), p. 17, lám. 1, figs. 4a–4b.
Ptychagnostus atavus; Jaekel (1909), p. 400.
Ptychagnostus intermedius; Ergaliev (1980), p. 69–70, lám. 1, figs. 18–20.
Acidusus atavus; Laurie (1988), p. 180, fig. 5.
Ptychagnostus atavus; Peng y Robison (2000), p. 69–70, fig. 52, véase sinonimia adicional.
Acidusus atavus; Fletcher (2006), lám. 34, figs. 43–44.
Ptychagnostus atavus; Ahlberg, Axheimer y Robison (2007), p. 710–713, figs. 2.1–2.12, véase sinonimia adicional.
Ptychagnostus atavus; Babcock, Robison, Rees, Peng y Saltzman (2007), figs. 6B–6D, 7B.

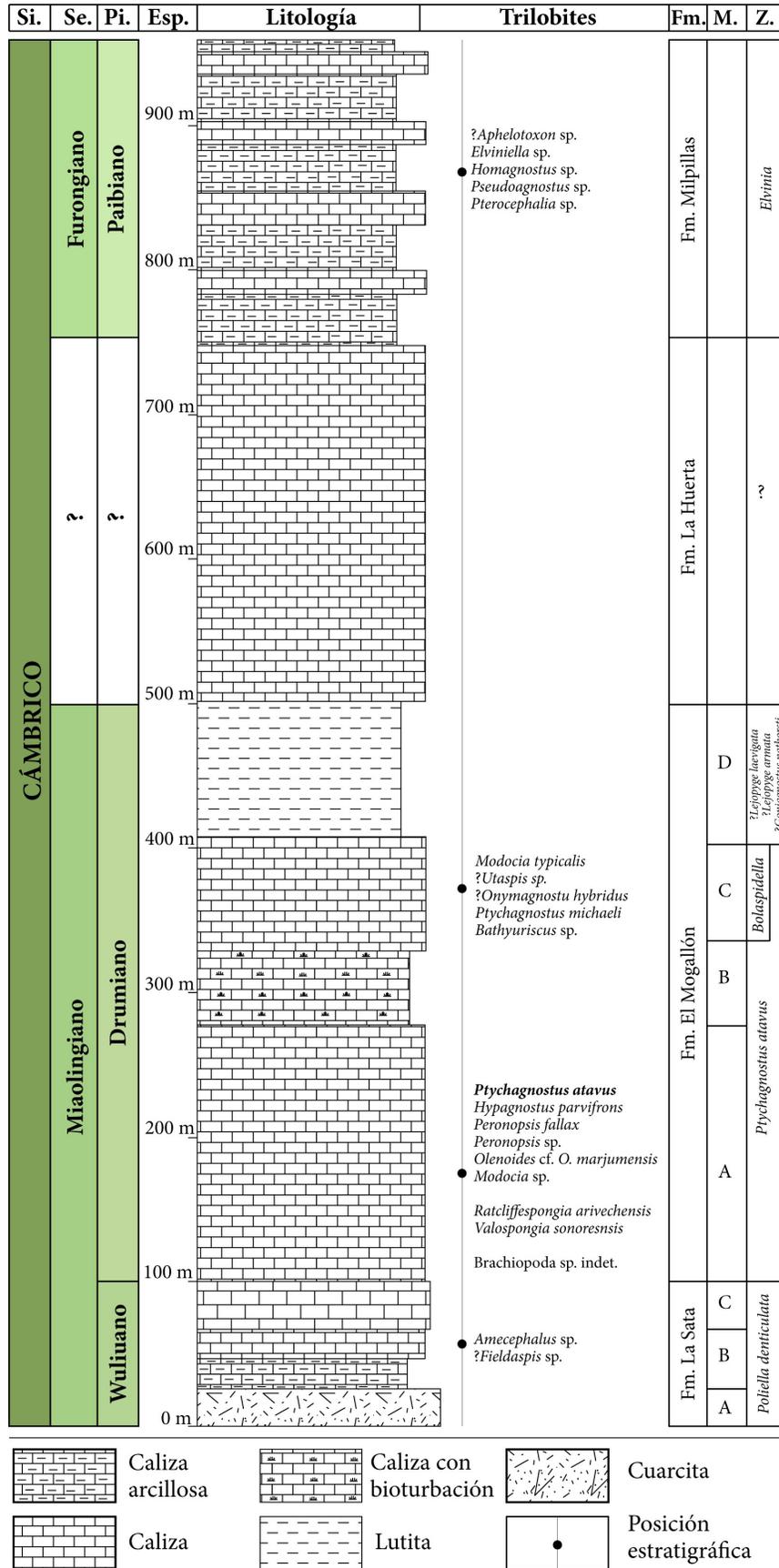


Figura 3. Columna estratigráfica del área de estudio donde se muestran las diferentes unidades litológicas, contenido biótico y zonas estratigráficas. (Si.) Sistema, (Se.) Serie, (Pi.) Piso, (Esp.) Espesor, (Fm.) Formación, (M.) Miembro y (Z.) Zona. Modificada de Almázan-Vázquez (1989).

Ptychagnostus atavus; Høyberget y Bruton (2008), p. 49–50, lám. 7, figs. G–M.

Acidusus atavus; Weidner y Nielsen (2009), p. 259–260, figs. 8A–8D, 10A, 10B.

Ptychagnostus atavus; Peng, Babcock y Cooper (2012), p. 448, fig. 19.6B.

Acidusus atavus; Weidner y Nielsen (2014), p. 32–35, figs. 9, 10A–D, 11A–H, 12F–H.

Ptychagnostus atavus; Hong y Choi (2015), p. 378–379, figs. 2, 1–8.

Diagnos. Cefalón subigual en longitud y anchura, moderadamente convexo y sin espinas. Eje cónico. F1 no desarrollado, F2 débil a moderadamente desarrollado. Genas suaves y poco escrobiculadas. Tórax no modificado, el segmento anterior presenta un tubérculo medio. Pigidio moderadamente convexo, más ancho que largo. F1 desviado oblicuamente hacia adelante, formando un ángulo medio obtuso. M2 hexagonal. Lóbulo posterior débilmente ojival, aunque puede variar de ojival a lanceolar. Surco del lóbulo posterior presente de manera frecuente, pero débil. Borde sin espinas (Robison, 1982).

Descripción. La descripción está basada en el ejemplar USDG-350. Cefalón subigual en longitud (2.45 mm) y anchura máxima (2.50 mm). Borde estrecho, prominente, con un ancho máximo de 0.14 mm en la parte anterior. Surco preglabellar tenue, prolongándose desde la anteroglabea hasta el borde, con longitud de 0.44 mm. Anteroglabea cónica subtriangular. Surco axial profundo, surco transglabellar (F3) mal preservado. Posterioglabea no preservada. Lóbulos basales prominentes con ancho máximo de 0.22 mm y el doble de largo. La longitud sagital del borde corresponde a los 5% de la longitud cefálica total. Genas escrobiculadas por depresiones que se extienden de manera irregular hacia el borde, estando ausentes cerca de la glabea. Tórax con dos segmentos mal preservados. Pigidio más ancho (2.40 mm) que largo (2.04 mm), borde del pigidio más ancho (0.25 mm) que el borde del cefalón, manteniéndose uniforme hacia la parte lateral. Longitud sagital aproximada al 10% de la longitud del pigidio. Borde desprovisto de espinas posterolaterales. Campo pleural liso. Surco postaxial completo y tenue. M2 de forma hexagonal, axis levemente constricto hacia M2, de forma lanceolar. Lóbulo anterior con un ancho máximo de 0.66 mm. Lóbulo posterior con ancho máximo de 0.80 mm con forma de ojiva. F2 conspicuo en forma de V. Tubérculo axial prominente.

Material y ocurrencia. Cuatro ejemplares. USDG 350–353. Fm. El Mogallón, Cámbrico medio (Miaolingiano-Drumiano). Zona de *Ptychagnostus atavus*.

Discusión. *Ptychagnostus atavus* difiere de otras especies del género *Ptychagnostus* Jaekel, debido a que carece de espinas en el cefalón y en el pigidio. La ornamentación es muy notable debido a que posee la superficie del exoesqueleto sin gránulos gruesos. En el axis del pigidio, M2 se presenta de forma hexagonal, el surco F2 tiene forma de V y el tubérculo axial es prominente (Robison, 1982; Peng y Robison, 2000; Hong y Choi, 2015). *P. atavus* es una especie importante en bioestratigrafía, debido a su amplia distribución geográfica y corto rango estratigráfico, permite definir con su primera aparición la base del Drumiano (Babcock *et al.*, 2007; Ogg *et al.*, 2016).

Ptychagnostus atavus de la Formación El Mogallón del área de Arivechi, Sonora, presenta similitud con la misma especie de la región de Andrarum del Cámbrico medio (Drumiano) de Suecia (Ahlberg *et al.*, 2007), sin embargo, el cefalón del ejemplar sueco es más grande y ancho (Lm = 5.00 y Am = 4.80) que el ejemplar mexicano (Lm = 2.45 y Am = 2.50 mm), no obstante en ambos casos prevalece una relación alométrica del 96–98% en el cefalón. La escrobiculación de las genas es más profunda en *P. atavus* de Suecia que en el material mexicano, sin embargo, la escrobiculación de las genas no es considerada como una característica distintiva de la especie, puesto que se ha observado gran variación en su forma y profundidad (Robison, 1982, 1984). De la misma manera el lóbulo anterior es de forma más ancha en el ejemplar sueco, mientras que en el ejemplar mexicano es de forma más aguda.

El material estudiado aquí también es comparado con *P. atavus* de la Formación Machari, Grupo Yeongwol del Drumiano de Korea (Hong y Choi, 2015), sin embargo, el ejemplar mexicano es ligeramente más pequeño (Lm = 2.45 mm) en la longitud sagital del cefalón que el material coreano (Lm ~ 3.00 mm), y la forma del lóbulo anterior es muy similar en ambos casos. En Corea no se observan escrobiculaciones en las genas, debido a la conservación del ejemplar. El axis del pigidio del material de Corea es más ancho en el lóbulo posterior que el ejemplar mexicano, y el surco postaxial medio es más profundo, estando prácticamente ausente en México. El borde de los especímenes de Corea es más ancho que el de los de México.

Tabla 1. Dimensiones de los ejemplares. Lst = Longitud sagital total, Lm = Longitud máxima, Am = ancho máximo, Ab = ancho del borde, Lsp = longitud del surco preglabellar, Lspp = longitud del surco postaxial.

Ejemplar	Cefalón (en mm)					Pigidio (en mm)			
	Lst	Lm	Am	Ab	Lsp	Lm	Am	Ab	Lspp
USDG-350	4.81	2.45	2.5	0.14	0.44	2.04	2.5	0.25	0.42
USDG-351	—	—	—	—	—	1.46	1.9	0.12	0.27
USDG-352	—	2.78	3.55	0.13	—	—	—	—	—
USDG-353	4.02	2.15	2.4	—	—	—	2.09	—	—

Ptychagnostus atavus en México es muy similar al material reportado en Norteamérica por Robison (1982), para las formaciones Wheeler y Marjuman (House Range y Drum Mountains, Utah), y Lincoln Peak y Geddes, Nevada.

Los ejemplares de Estados Unidos de América presentan mayor afinidad intraespecífica, ya que poseen un cefalón de tamaño similar (Lm = 3.00 mm) con el borde estrecho y prominente al igual que los estudiados aquí. Pero una diferencia notoria es que el posteroaxis y el borde del pigidio son ligeramente más anchos en el material de Estados Unidos de América que en el de México.

5. Consideraciones bioestratigráficas

La sección tipo y punto de límite global (GSSP) del Piso Drumiano se encuentra localizada en las Montañas Drum, noreste de Millard County, Utah; y la base de este coincide con el primer registro de aparición (FAD) de *Ptychagnostus atavus* (Peng *et al.* en Gradstein *et al.*, 2012). Debido a la gran abundancia de la especie también ha sido utilizada como fósil guía en regiones cámbricas de Baltica, Gondwana, Kazajistán y Laurentia (Robison, 1976, 1984; Babcock *et al.*, 2007; Hong y Choi, 2015; Beresi *et al.*, 2017).

La Zona de *Ptychagnostus atavus* fue definida por Robison (1982) para Norteamérica, estableciendo su límite inferior con la presencia de la especie homónima, y el límite superior con la presencia de *Ptychagnostus affinis*. Además, la asociación faunística está caracterizada por la presencia de *Baltagnostus eurypyx*, *Hypagnostus parvifrons*, *Peronopsis fallax*, *Peronopsis ferox*, *Peronopsis interstricta*, *Peronopsis segmenta* y *Ptychagnostus richmondensis* (Robison *op. cit.*). La zona inferior a la de *Ptychagnostus atavus* es la Zona de *Ptychagnostus gibbus*, mientras que la zona superior es la Zona de *Goniagnostus nathorsti*. De igual manera el inicio de la Zona de *Ptychagnostus atavus* casi coincide con la zona de trilobites poliméricos de *Bolaspidella* (Laurentia) y con la Zona de *Dorypyge richtofeni* (Sur de China).

Para Peng *et al.* en Gradstein *et al.* (2012), la base del Drumiano puede ser reconocida debido a los cambios significativos en las faunas de trilobites poliméricos, cambios en las faunas de conodontos y por una excursión negativa de carbono denominada como Excursión DICE.

El primer registro de la Zona de *Ptychagnostus atavus* en México fue hecho por Almazán-Vázquez (1989), quién identifica la zona en la sección del Cámbrico de la Formación El Mogallón del área de Arivechi con base en la presencia de los trilobites *Ptychagnostus atavus*, *Hypagnostus parvifrons*, *Peronopsis fallax*, *Peronopsis* sp., *Olenoides* cf. *O. marjumentensis* y *Modocia* sp. Posteriormente dicha zona también fue corroborada en la misma área por Cuen-Romero *et al.* (2013), Beresi *et al.* (2017) y Cuen-Romero *et al.* (2018). En el presente trabajo se restringe la sección del área de estudio a la parte inferior de la Zona de *Ptychagnostus atavus* debido a la presencia

asociada de *Hypagnostus parvifrons* y *Peronopsis fallax* especies encontradas únicamente en la parte inferior de la zona en Norteamérica (Robison, 1982), siendo además también común en la parte inferior de la zona los trilobites poliméricos *Bathyuriscus* sp., *Olenoides* sp., *Modocia* sp., *Bolaspidella* sp. y *Zacanthoides* sp. (Peng *et al.* en Gradstein *et al.*, 2012).

6. Consideraciones paleogeográficas

Se ha estimado que el 60% de los fósiles del Cámbrico corresponden a trilobites y el 30% a braquiópodos; el 10% restante los constituyen grupos como poríferos, moluscos, artrópodos primitivos, equinodermos y otros de afinidad incierta (McAlester, 1973; Cuen y Radelli, 2007). Los trilobites representan los principales indicadores bioestratigráficos para este sistema, especialmente los del Orden Agnostida Salter, 1864, debido a que además de presentar una amplia distribución geográfica y corto rango estratigráfico, muestran una marcada diversidad evolutiva principalmente durante el Cámbrico medio y tardío (Peng *et al.* en Gradstein *et al.*, 2012). Se caracterizan por ser trilobites de tamaño pequeño (~6–7 mm), isopigidios, la mayoría sin ojos ni sutura facial, teniendo el tórax constituido únicamente por dos o tres segmentos torácicos (Agnostina–Eodiscina), por lo tanto, su especialización y paleoecología ha sido fuertemente debatida en los últimos años (Zhuralev y Riding, 2001; Tortello *et al.* en Camacho, 2007). Para Liñán (1996), se consideran organismos pelágicos debido a las facies donde se encuentran, viviendo probablemente en aguas oceánicas o en aguas neríticas distales con comunicación con el mar abierto, ya que sus fósiles frecuentemente se encuentran acumulados en el bioma de cuenca oceánica o en el sublitoral más externo, circalitoral.

Las especies cosmopolitas de agnóstidos, como *Ptychagnostus atavus* se hallan en las facies de plataforma externa de Laurentia como también en las de Báltica, Australia, China, Siberia, Kazajistán y la Precordillera argentina (McCollum y Sundberg, 2007; Foglia, 2010; Babcock *et al.*, 2011; Hally y Paterson, 2014; Bordonaro, 2016).

Ptychagnostus atavus es una especie generalmente muy abundante y de distribución cosmopolita, permitiendo realizar correlaciones globales, razón por la cual ha sido descrita en muchas partes del mundo y su posición sistemática ha sido ampliamente discutida (Fig. 4) (Ahlber *et al.*, 2007; Peng *et al.*, 2012).

A nivel del continente de Laurentia, la especie de *Ptychagnostus atavus* está presente en diversas localidades del margen y de la plataforma cámbrica, específicamente en las formaciones Marjuman y Wheeler de Utah, Lincoln Peak y Geddes de Nevada, EUA y en la Formación El Mogallón de Sonora, México. La posición del continente de Laurentia cercana al paleoecuador durante el Cámbrico

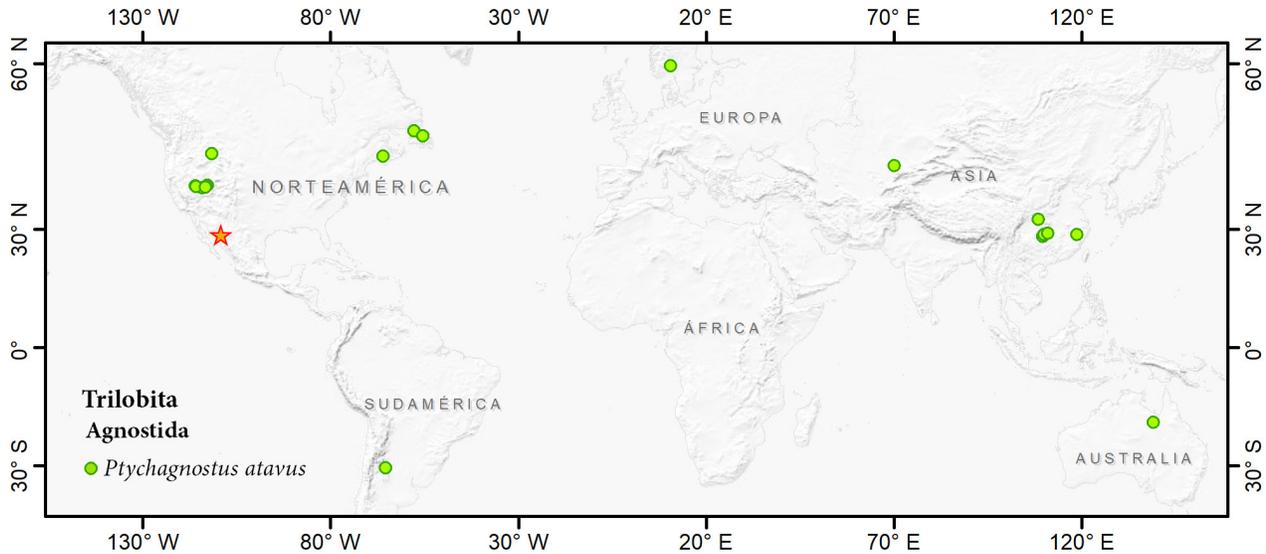


Figura 4. Distribución global de *Ptychagnostus atavus*, la estrella de color naranja indica su presencia en el estado de Sonora.

medio, fue un factor favorable para el acmé de diversos grupos de organismos que se movilizaron a través de las corrientes de la plataforma somera de aguas cálidas que rodeaba el paleocontinente. Las rocas cámbricas de la parte centro-oriental del estado de Sonora (San José de Gracia, Mazatán y Arivechi) fueron parte de la plataforma externa que rodeaba Laurentia durante el Cámbrico.

Robison (1976), aplicó un modelo a la Great Basin del oeste de Estados Unidos de América, donde reconoció dos biofacies que son mutuamente excluyentes: 1) Biofacies de plataforma interna restringida con escasos trilobites poliméridos endémicos y de baja diversidad; 2) Biofacies de plataforma exterior abierta con abundantes poliméridos y agnóstidos endémicos y cosmopolitas, y con alta diversidad. Si bien estas dos biofacies se interdigitan entre sí, cada una posee géneros y especies de trilobites propios que son mutuamente excluyentes. Este modelo se puede aplicar a la fauna de trilobites de Sonora durante el Cámbrico medio y tardío (Fig. 5 y 6), donde se observan localidades como Caborca y Cananea, las cuales corresponden a la biofacies de plataforma restringida, litológicamente caracterizadas por arenisca, lutita y carbonatos someros, caracterizadas por trilobites poliméridos: Ptychopariida (Alokistocaridae, Cedariidae, Crepicephalidae, Llanosapididae, Plethopeltidae, Ptychopariidae y Tricrepicephalidae) y Corynexochida (Dolichometopidae, Dorypigidae y Zacanthoididae). La biofacies de plataforma exterior abierta está representada por las localidades de San José de Gracia, Mazatán y Arivechi, las cuales se caracterizan litológicamente por potentes secuencias de sedimentos detríticos como lutita así como carbonatos oscuros, con una mezcla de trilobites miómeros y poliméridos: Agnostida (Eodiscidae, Metagnostidae, Peronopsidae,

Ptychagnostidae y Spinagnostidae), Ptychopariida (Alokistocaridae, Marjumiidae y Ptychopariidae) y Corynexochida (Dolichometopidae, Dorypigidae, Ogygopsidae, Oryctocephalidae y Zacanthoididae) (Fig. 7).

7. Conclusiones

Se describe e ilustra por primera vez para la región de Arivechi, Sonora y México, la especie *Ptychagnostus atavus*. La determinación de esta especie en rocas del Cámbrico de Sonora aporta nuevo conocimiento sobre su distribución en el continente de Laurentia, y considerando su aparición en diferentes regiones geográficas como Europa, China, Australia y Asia, se infiere que existió una amplia provincia faunística de plataforma abierta para esta especie que incluyó la parte occidental de Estados Unidos de América y el norte de México.

Ptychagnostus atavus es una especie generalmente muy abundante y distribución cosmopolita, permitiendo realizar correlaciones a nivel global, siendo descrita en muchas partes del mundo. Además de *Ptychagnostus atavus*, espículas de esponjas hexactinélidas y heteractínidas, escleritos de *Chancelloria eros* Walcott, *Archiasterella* y *Allonia*, junto con braquiópodos linguliformes, placas de equinodermos y posibles filamentos de algas se han colectado en rocas del Cámbrico medio de Sonora (Arivechi y San José de Gracia). Esta diversa biota es representativa de la fauna comúnmente encontrada en Laurentia y la cual se encuentra ampliamente distribuida para este intervalo temporal, siendo de significativa importancia para una mayor comprensión de la historia evolutiva de los primeros metazoos que habitaron los mares de la Tierra.

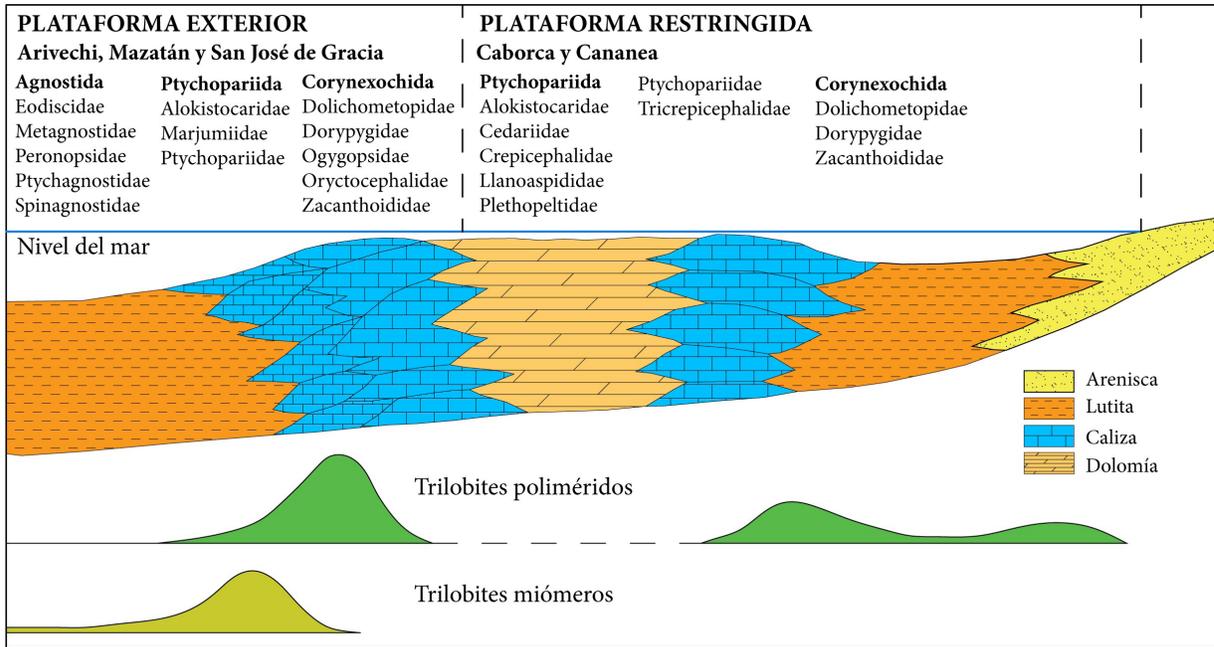


Figura 5. Modelo de biofacies donde se muestra la plataforma interna restringida con baja diversidad de trilobites poliméridos, así como la plataforma exterior con trilobites poliméridos y miómeros (agnóstidos). En este modelo se interpreta el posible ambiente de depósito de diversas localidades del Cámbrico de Sonora (Caborca, Cananea, San José de Gracia, Mazatán y Arivechi). Modificado de Robison (1976).

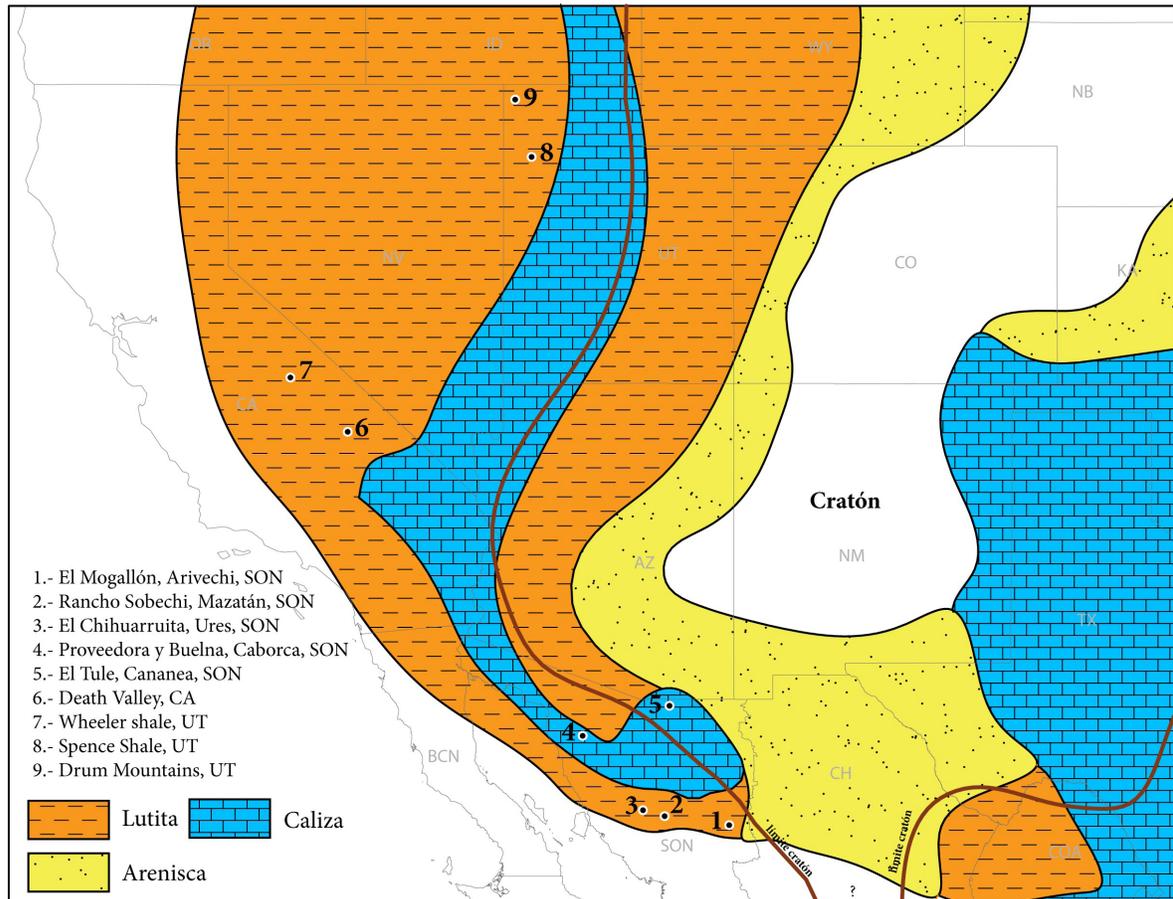


Figura 6. Interpretación paleogeográfica para los depósitos del Cámbrico de Sonora, donde se observan los depósitos de plataforma interior (Caborca y Cananea), así como el cinturón de sedimentos detríticos de la plataforma exterior con abundantes agnóstidos (San José de Gracia, Mazatán y Arivechi), y su correlación con los depósitos de Norteamérica. Modificado de Dott y Batten (1971).

Global	Norteamérica		Zonas Trilobites	Zonas Trilobites (Plataforma Exterior)	Correlación		
	Serie	Piso					
CÁMBRICO	Guzhangiano	Lincolniano	<i>Crepicephalus</i>	<i>Glyptagnostus stolidatus</i> ? (<i>Linguagnostus reconditus</i>) ?	Burgess Shale Fm. El Mogallón Precordillera argentina Fm. Wheeler Fm. Marjuman Fm. Carrara Fm. Arrojos Caliza Muav Spence Shale Fm. Conasauga Fm. El Gavilán		
			<i>Cedaria / Cedarina dakotaensis</i>	(<i>Agnostus pistiformis</i>)			
	Drumiano		Marjumano	<i>Bolaspidella</i>		<i>Lejopyge laevigata</i>	? — ? — ? — ?
						<i>Ptychagnostus punctuosus</i>	(<i>Goniagnostus nathorsti</i>)
						<i>Ptychagnostus atavus</i>	
	Wuliuano		Topazano	<i>Ehmaniella</i>		<i>Altiocculus</i>	<i>Ptychagnostus gibbus</i>
						<i>Ehmaniella</i>	<i>Ptychagnostus praecurrens</i>
			<i>Ehmaniella</i>				
			<i>Proehmaniella</i>				
	Piso 4		Delamarano	<i>Glossopleura walcotti</i>		<i>Peronopsis bonnerensis</i>	
<i>Albertella highlandensis</i>							
<i>Mexicella mexicana</i>		<i>Oryctocephalus indicus</i>					
Sin nombre							
<i>Albertella aspinosa</i>							
		<i>Poliella denticulata</i>					
		<i>Amecephalus arrosensis</i>					
		<i>Eokochaspis nodosa</i>					

Figura 7. Correlación bioestratigráfica de la Formación El Mogallón con algunas unidades de Laurentia.

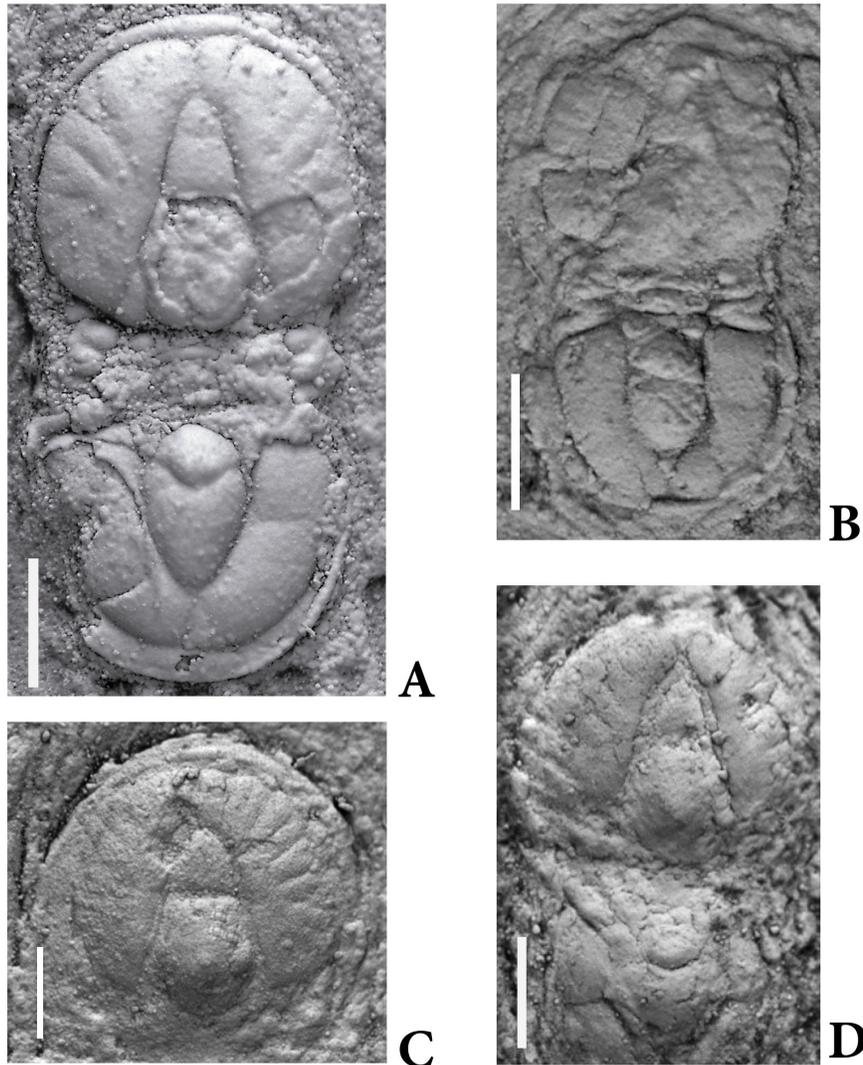


Figura 8. A) *Ptychagnostus atavus* USDG 350; B) *Ptychagnostus atavus* USDG 351, mostrando M2 de forma hexagonal, cefalón mal conservado; C) *Ptychagnostus atavus* USDG 352, mostrando la anteroglabela cónica y la escrobiculación de las genas; D) *Ptychagnostus atavus* USDG 353. La escala gráfica equivale a 1 mm.

Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte proporcionado por los proyectos CONACYT No. 165826, 235970 y ECOS Francia-México No. 229494. PRODEP: Paleoecología de los ecosistemas marinos del Cámbrico de Sonora, México: Bioestratigrafía, Paleobiogeografía y su relación con el cratón de Norteamérica. Así como el Proyecto UNISON No. USO315003632: Bioestratigrafía y Paleoecología de los depósitos del Paleozoico de Sonora central, México. También agradecemos al Departamento de Geología de la Universidad de Sonora por las facilidades otorgadas para llevar a cabo este estudio.

Referencias

- Ahlberg, P., Axheimer, N., Robison, R., 2007, Taxonomy of *Ptychagnostus atavus*: A key trilobite in defining a global Cambrian stage boundary: *Geobios*, 40(2007), 709–714.
- Almazán-Vázquez, E., 1989, El Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región centrooriental del estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Revista, 8(1), 275–278.
- Angelin, N.P., 1851, Palaeontologia Svecica. Pars I: Iconographia crustaceorum formationis transitionis, Fascicule 1, 1–24.
- Babcock, L.E., Robison, R.A., Peng, S.C., 2011, Cambrian stage and series nomenclature of Laurentia and the developing global chronostratigraphic scale, en Hollingsworth, J.S., Sundberg, F.A., Foster, J.R. (eds.), *Cambrian Stratigraphy and Paleontology of Northern Arizona and Southern Nevada*: Flagstaff, Arizona, Museum of Northern Arizona Bulletin, 67, 12–26.
- Babcock, L.E., Robison, R.A., Rees, M.N., Peng, S.C., Saltzman, M.R., 2007, The global boundary stratotype section and point (GSSP) of the Drumian Stage (Cambrian) in the Drum Mountains, Utah, USA: *Episodes*, 30, 85–95.
- Beresi, M.S., Botting, J.P., Palafox, J.J., Buitrón-Sánchez, B.E., 2017, New reticulosan sponges from the middle Cambrian of Sonora, Mexico: *Acta Palaeontologica Polonica*, 62(4), 691–703.
- Bordonaro, O.L., 2016, Trilobites laurénticos de la Formación La Laja (Cámbrico), Precordillera de San Juan, Argentina: un aporte biogeográfico al modelo alóctono de Precordillera: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 73(4), 457–467.
- Buitrón-Sánchez, B., 1992, Las rocas sedimentarias marinas del Paleozoico inferior de México y su contenido biótico, en Gutiérrez-Marco J.G., Saavedra J., Rábano I. (eds.), *Paleozoico de Ibero-América*: Extremadura, España, Universidad de Extremadura, 193–201.
- Cooper, G.A., Arellano, A.R.V., Johnson, J.H., Okulitch, V.J., Stoyanow, A., Lochman, C., 1952, *Cambrian Stratigraphy and Paleontology near Caborca, northwestern, Sonora, Mexico*: Smithsonian Miscellaneous Collections, 119, 1–184.
- Cooper, G.A., Arellano, A.R.V., Johnson, J.H., Okulitch, V.J., Stoyanow, A., Lochman, C., 1956, *Geología y Paleontología de la región de Caborca, norponiente de Sonora, Parte 1a*: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 1–259.
- Cuen-Romero, F.J., 2013, *Bioestratigrafía del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora. Consideraciones Paleogeográficas*: Tesis de Maestría en Ciencias-Geología, Universidad de Sonora, Departamento de Geología, Hermosillo, Sonora, México, 1–142.
- Cuen-Romero, F., Beresi, M.S., Montijo, A., Buitrón, B.E., Minjárez, I., De la O, M., Palafox, J.J., 2013, *Chancelloria Walcott*, 1920 y *Reticulosa* Reid, 1958 del Cámbrico medio de San José de Gracia, Sonora, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65, 581–590.
- Cuen-Romero, F.J., Radelli, L., 2007, Un problema estratigráfico en el Cámbrico y Precámbrico de Caborca, en Montijo-González, A. (ed.), *Resúmenes de la XXXI Semana Cultural de Geología*, 6.
- Cuen-Romero, F.J., Valdez-Holguín, J.E., Buitrón-Sánchez, B.E., Monreal, R., Enríquez-Ocaña, L.F., Aguirre-Hinojosa, E., Ochoa-Granillo, J.A., Palafox-Reyes, J.J., 2018, Trilobite-based biostratigraphy (Arthropoda-Trilobita) and related faunas of the Cambrian from Sonora, Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*, Elsevier, 83(2018), 227–236.
- Cuen-Romero, F.J., Valdez-Holguín, J.E., Buitrón-Sánchez, B.E., Monreal, R., Enríquez Ocaña, L.F., Aguirre-Hinojosa, E., Ochoa-Granillo, J.A., Grijalva-Noriega, F.J., Palafox-Reyes, J.J., 2019, Paleocology of Cambrian communities of central Sonora, Mexico: Paleoenvironmental and biostratigraphic considerations: *Journal of South American Earth Sciences*, 92(2019), 631–645.
- Dott, R.H., Batten, R.L., 1971, *Evolution of the Earth*: United States of America, McGraw-Hill, Inc., 649 pp.
- Ergaliev, G.K., 1980, Middle and Upper Cambrian trilobites of the Lesser Karatau: Academy of Sciences, Kazakhstan SSR, Kazakhstan SSR Publishing House, Alma-Ata, 1–211.
- Fletcher, T.P., 2006, *Bedrock geology of the Cape St. Mary's Peninsula, southwest Avalon Peninsula, Newfoundland*: Government of Newfoundland and Labrador, Geological Survey, Department of Natural Resources, Report 06-02.
- Foglia, R.D., 2010, Primer registro de la Biozona de *Ptychagnostus atavus* (Cámbrico medio) en Argentina y sus implicaciones cronoestratigráficas: X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. (La Plata, Argentina), Resúmenes, p. 47.
- González-León, C., 1986, Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, noroeste de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Revista, 06(2), 117–135.
- Hally, L.A., Paterson, J.R., 2014, Biodiversity, biofacies and biogeography of middle Cambrian (Series 3) arthropods (Trilobita and Agnostida) on the East Gondwana margin: *Gondwana Research*, 26(2), 654–674.
- Hong, P.S., Choi, D.K., 2015, Cambrian series 3 agnostoid trilobites *Ptychagnostus sinicus* and *Ptychagnostus atavus* from the Machari Formation, Yeongwol Group, Taebaeksan Basin, Korea: *Journal of Paleontology*, 89(3), 377–384.
- Høyberget, M., Bruton, D.L., 2008, Middle Cambrian trilobites of the suborders Agnostina and Eodiscina from the Oslo Region, Norway: *Palaeontographica Abteilung A*, 286, 1–87.
- Jaekel, O., 1909, Über die Agnostiden: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 61, 380–401.
- Kobayashi, T., 1939, On the agnostoids (Part 1): *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Section II*, 5, 69–198.
- Laurie, J.R., 1988, Revision of some Australian Ptychagnostinae (Agnostida-Cambrian): *Alcheringa*, 12, 169–205.
- Levi-Setti, R., 1993, *Trilobites*: The University of Chicago, 1–342.
- Liñán, E., 1996, *Trilobites*: Boletín de la SEA, 16, 45–56.
- McAlester, A.L., 1973, *La historia de la vida*: Barcelona, España, Omega, 151 pp.
- McCollum, L.B., Sundberg, F.A., 2007, Cambrian trilobite biozonation of the Laurentian Delamaran Stage in the southern Great Basin, U.S.A.: Implications for global correlations and defining a Series 3 global boundary stratotype: *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, 34, 147–156.
- Ogg, J.G., Ogg, G.M., Gradstein, F.M., 2016, *A concise Geologic Time Scale*: Elsevier, 1–240.
- Pantoja-Alor, J., Robison, R.A., 1967, Paleozoic sedimentary rocks in Oaxaca, Mexico: *Science New Series*, 157(3792), 1033–1035.
- Peng, S., Babcock, L.E., Cooper, R.A., 2012, The Cambrian Period, en Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., Ogg, G.M. (eds.), *The Geologic Time Scale 2012*: Amsterdam, Elsevier, 2, 437–488.
- Peng, S.C., Robison, R.A., 2000, Agnostoid biostratigraphy across the Middle-Upper Cambrian boundary in Hunan, China: *Paleontological Society Memoir*, 53, 1–104.

- Robison, R.A., 1976, Middle Cambrian Trilobite Biostratigraphy of the Great Basin: Geology Studies, Brigham Young University, 23(2), 93–109.
- Robison, R.A., 1982, Some Middle Cambrian agnostoid trilobites from western North America: Journal of Paleontology, 56, 132–160.
- Robison, R.A., 1984, Cambrian Agnostida of North America and Greenland, Part I; Ptychagnostidae: University of Kansas Paleontological Contributions, Paper 109, 1–59.
- Salter, J.W., 1864, A monograph of the British Trilobites from Cambrian, Silurian and Devonian formations: Monographs of the Palaeontographical Society, 22–216.
- Tortello, M.F., Waisfeld, B.G., Vaccari, N.E., 2007, Trilobita, en Camacho, H. (eds.), Los invertebrados fósiles: Buenos Aires, Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 535–562.
- Tullberg, S.A., 1880, Om Agnostus-arterna i de kambriska aflagringarne vid Andrarum: Sveriges Geologiska Undersökning, C42, 1–37.
- Vega-Granillo, R., 1996, Geología de la Sierra de Mazatán: Boletín del Departamento de Geología, Universidad de Sonora, 13(1), 89–102.
- Von Siebold, C.T., 1848, Lehrbuch der vergleichenden Anatomieder Wirbellosen Thiere. Erster Theil, en von Siebold C.T., Stannius H. (eds.), Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. – Verlag von Veit & Comp: Berlin, 679 pp.
- Walch, J.E.I., 1771, Die Naturgeschichte der Versteinerungen zur Erläuterung der Knorr'schen Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur: Dritter Theil, 1–85.
- Weidner, T., Nielsen, A.T., 2009, The Middle Cambrian *Paradoxides paradoxissimus* Superzone on Öland, Sweden: GFF, 131, 253–268.
- Weidner, T., Nielsen, A.T., 2014, A highly diverse trilobite fauna with Avalonian affinities from the Middle Cambrian *Acidusus atavus* Zone (Drumian Stage) of Bornholm, Denmark: Journal of Systematic Palaeontology, 12, 23–92.
- Whittington, H.B., Kelly, S.R.A., 1997, Morphological terms applied to Trilobita, en Kaesler, R.L. (ed.), Treatise of Invertebrate Paleontology, Part O, Arthropoda 1; Trilobita (Revised), Volume 1: Boulder, Colorado y Lawrence, Kansas, Geological Society of America and University of Kansas, 313–329.
- Zhuralev, A.Y., Riding, R., 2001, The Ecology of the Cambrian Radiation: Columbia University Press, 1–536.

Manuscrito recibido: Septiembre 10, 2019.

Manuscrito corregido recibido: Diciembre 5, 2019.

Manuscrito aceptado: Diciembre 6, 2019.



Gasterópodos (Mollusca, Gastropoda) del Eoceno en el municipio General Bravo de la Cuenca de Burgos, Nuevo León, México

Guajardo-Cantú, Estanislao^a; Torres de la Cruz, Felipe^{b,*}; Hernández-Ocaña, María Isabel^b;
Chacón-Baca Elizabeth^c; Jiménez López, José Carlos^d

^a Museo Histórico Regional General Bravo, Calle 5 de Mayo #149, colonia Centro, C.P. 67000, General Bravo, Nuevo León, México.

^b Universidad Autónoma de Nuevo León, Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Carretera a Cerro Prieto Km 8, Ex. Hacienda de Guadalupe, C.P. 67700, Linares, Nuevo León, México.

^c Universidad Autónoma de Nuevo León, Carretera a Cerro Prieto Km 8, Ex. Hacienda de Guadalupe, C.P. 67700, Linares, Nuevo León, México.

^d Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX.

* torresdelacruzfelipe@gmail.com

Resumen

En el afloramiento conocido como Cerro de los Caracoles, localizado al sur del municipio General Bravo en la Cuenca de Burgos, estado de Nuevo León, se recolectaron 132 ejemplares de gasterópodos marinos que representan los siguientes géneros: *Athleta*, *Architectonica*, *Latirus*, *Distorsio*, *Bernaya* y *Turritella*. Los ejemplares muestran diferentes grados de preservación, aunque todos proceden de las capas de caliza arenosa y lutita calcárea que identifican esta zona y que han sido interpretadas como sustrato duro o *hardgrounds*, y que posteriormente fueron separados de la matriz y depositados en sedimentos recientes. Las características litológicas así como su composición faunística indican que el afloramiento se encuentra en la cima de la Formación Cook Mountain (Eoceno). Se ha estimado una edad de 40 Ma para dicha formación, misma que coincide con el fin de los efectos de la Orogenia Laramide en la Cuenca de Burgos. Por consiguiente, se puede postular que este afloramiento podría ser representativo de uno de los primeros periodos con ausencia de sedimentación siliciclástica por acción tectónica en la cuenca.

Palabras clave: Formación Cook Mountain, Paleógeno, sustrato duro.

Abstract

In the outcrop known as Cerro de los Caracoles, located to the south of the General Bravo municipality in the Burgos Basin, state of Nuevo León, 132 specimens of gasteropods were collected and identified as representative of the following genera: Athleta, Architectonica, Latirus, Distorsio, Bernaya and Turritella. These specimens come from layers of sandy limestones and limestone shales, which have been interpreted as hardgrounds that were subsequently deposited in recent sediments. The lithology and fauna composition indicate that this outcrop represents the upper section of the Cook Mountain Formation (Eocene). An age of 40 Ma has been estimated for this formation, an age that coincides with the end of the effects of Laramide Orogeny in the Burgos Basin. Therefore it can be concluded that this outcrop may represent one of the first periods with absence of siliciclastic sedimentation by tectonic action in the basin.

Keywords: Cook Mountain Formation, Paleogene, hardground.

1. Introducción

La región del noreste de México ostenta una gran importancia económica por la producción de hidrocarburos, lo cual ha propiciado que empresas petroleras tengan un amplio conocimiento de la geología de la región. No obstante, una gran parte de los trabajos relacionados con paleontología se mantienen resguardados en reportes internos, muchos de los cuales versan acerca de registros de pozos, secciones sísmicas y datos de productividad. Otra de las particularidades de esta región es la aparente falta de afloramientos claros y representativos; si acaso, los afloramientos sólo pueden ser reconocidos en cortes de carretera, afluentes de ríos y en terrenos particulares de acceso complicado (Fig. 1).

A pesar de estas limitantes geológicas intrínsecas y hasta logísticas, existen algunos trabajos ahora clásicos sobre paleontología de ésta región. Uno de ellos es la publicación de Gardner (1945), referido al estudio sistemático de colecciones de moluscos, siendo los bivalvos y los gasterópodos los especímenes más destacados. Posteriormente Perrilliat (1963) realizó la revisión de fósiles de bivalvos y gasterópodos procedentes de varias localidades del Eoceno de Nuevo León y Tamaulipas al noreste de México. Muy recientemente se reportó la presencia del bivalvo *Venericardia* Lamarck en asociación con trazas fósiles como *Ophiomorpha* Lundgren y *Chondrites* von Sternberg procedentes de la Formación Wilcox (Eoceno) en la localidad El Rebaje, al sur del municipio General Bravo (Hernández-Ocaña *et al.*, 2019a y 2019b), además de las características generales de fauna fósil en el área de la presa El Cuchillo en China, Nuevo León (Torres de la Cruz y Hernández-Ocaña, 2016).

El objetivo de este trabajo es documentar la ocurrencia de seis géneros de gasterópodos fósiles que se reportan por primera vez procedentes de una nueva localidad de estudio situada justamente en el Cerro de los Caracoles del municipio General Bravo, estado de Nuevo León y dentro de la Cuenca silicioclástica de Burgos. Este estudio puede servir como una referencia base para estudios posteriores sobre la biota fósil de esta localidad y sobre su importancia potencial más allá de su utilidad como banco de materiales en la industria de la construcción.

2. Metodología

Se recolectaron 132 ejemplares de gasterópodos que, una vez en el laboratorio, se sumergieron en ácido acético al 4.5% durante 15–20 minutos. El sedimento suelto fue removido con un cepillo de cerdas sintéticas y el sedimento más consolidado con una punta para sonda de hoz. Los especímenes fueron fotografiados con una cámara digital marca SONY modelo DSC-H300 de 20.1 mega píxeles y un zoom óptico de 35x. Las fotografías presentan la vista ventral, lateral y dorsal de los especímenes. Se observaron

las características morfológicas preservadas en los diversos ejemplares (Fig. 2) y se compararon con las descripciones clásicas de la literatura paleontológica. Se contabilizó el número de liras presentes y se describió el perfil de la abertura en la última vuelta cuando la preservación así lo permitió. En los ejemplares correspondientes al género *Turritella* (Lamarck, 1799) se midió la altura y el diámetro de la última vuelta así como el perfil de vuelta redondeado (convexo) o recto preservados en cada espécimen.

Con los datos medidos de acuerdo a la morfología preservada en los especímenes fósiles (Fig. 2), se realizó una comparación cuantitativa de los caracteres morfológicos como son el diámetro promedio, la altura de la última vuelta, número de liras en la última vuelta, y diámetro promedio de la última vuelta.

3. Marco geológico

La Cuenca de Burgos (CB) es una cuenca silicioclástica de antepaís formada durante el Paleógeno en el norte de México. Con una extensión aproximada de 73,800 km² (CNH, 2019), la CB representa la extensión sur de la cuenca del Río Grande de Texas (Bryan *et al.*, 1991) y se localiza en el margen noreste de la República Mexicana, cuyo límite político es la frontera con Estados Unidos.

A nivel geológico sin embargo, la CB abarca una región mucho más extensa, ya que se adentra hacia el sur de Texas conocida como Rio Grande Embayment, y presenta un relieve topográfico bajo orientado hacia el este. Fisiográficamente se limita por los altos estructurales Sierra de San Carlos y Anticlinorio Huizachal-Peregrina hacia el sur y sureste; Sierra Madre Oriental hacia el suroeste y Sierra Burro-Picachos hacia el oeste (Echanove, 1986). Su importancia económica radica en que es una cuenca típicamente gasífera que ha sido explotada desde la década de 1920 hasta la actualidad (Hernández-Ocaña, 2019).

Durante el Paleógeno, la sedimentación de la Cuenca Burgos permitió el desarrollo de sistemas silicioclásticos costeros en el noreste de México. Esto se reflejó en una progradación regionalizada que depositó cuerpos arenosos, paralelos a la línea de costa conocidos como “Franjas Productoras de Hidrocarburos” denominadas concretamente: franja del Paleoceno, franja del Eoceno, franja del Oligoceno y franja del Mioceno (Echanove, 1986). Estratigráficamente, la base de la columna de la CB se desarrolló a partir del contacto entre el Cretácico Superior (Maastrichtiano) y el Paleoceno (Daniano), representado por las formaciones Méndez y Midway respectivamente (Fig. 3).

Posteriormente, se depositaron las formaciones Wilcox, Recklaw, Queen City y Weches, cuyos depósitos arcillosos sugieren una plataforma durante el Lutetiano conformadas por sedimentos clásticos (Echanove, 1986). A fines del Eoceno medio y comienzos del Eoceno superior hubo un cambio depositacional que originó la Formación Cook Mountain del Eoceno superior (Bartoniano), la cual se ha

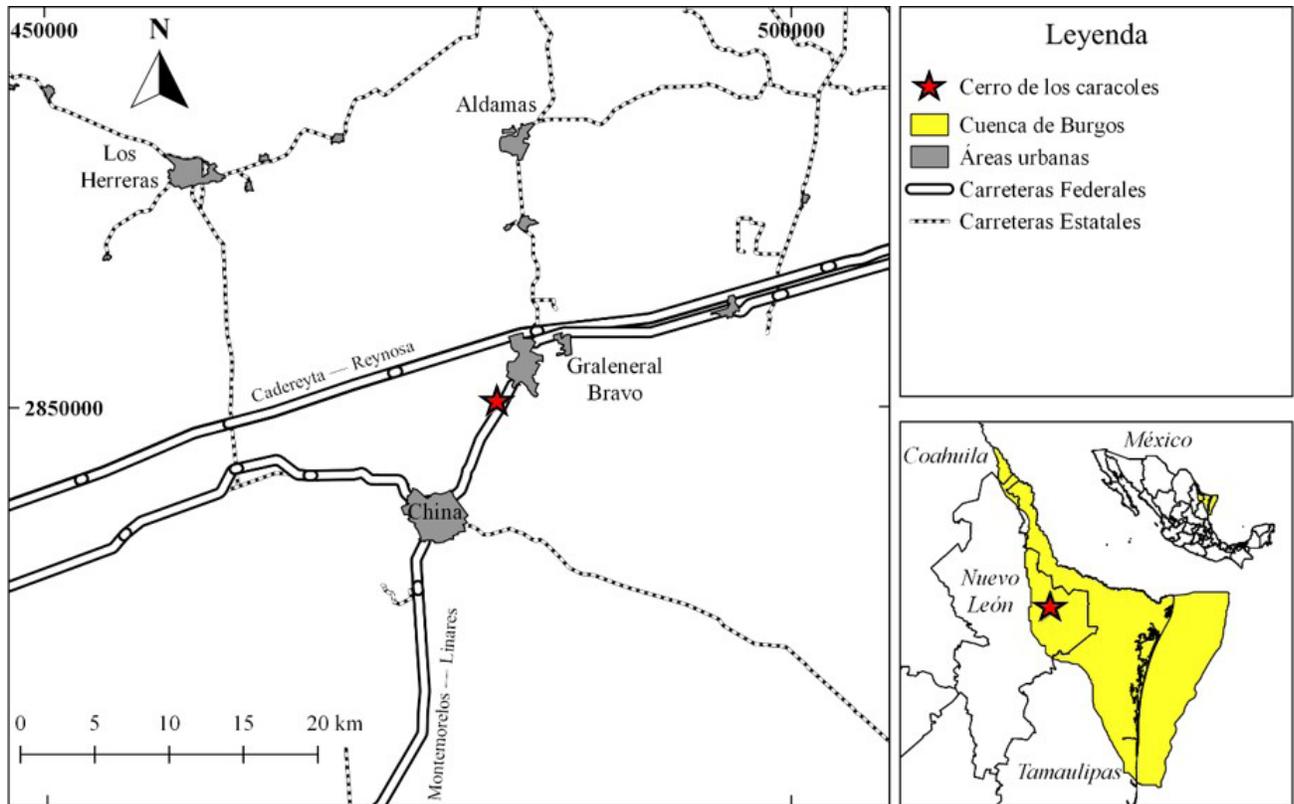


Figura 1. Localización del Cerro de los Caracoles, al sur del municipio General Bravo en el estado de Nuevo León.

asociado con un ciclo que se tornó regresivo en la parte inferior de la Formación Yegua (Echanove, 1986; Eguiluz de Antuñano, 2011a, b). En este sentido, la Formación Cook Mountain se caracteriza por ser de ambiente predominantemente marino y arcilloso con cuerpos arenosos delgados de distribución restringida en plataforma media-externa (Echanove, 1986).

Se ha reportado que en el municipio Dr. Coss, la perforación del pozo Burgos 83 registró que la Formación Cook Mountain se encontraba a una profundidad de 1018 m., y estaba compuesta de lutita con horizontes de arenisca de grano medio (Salvador, 2010), (Fig. 4A). En contraste con la Formación Cook Mountain, la Formación Yegua presenta limos y areniscas de colores mucho más variados y representa el último depósito del Grupo Claiborne.

3.1. Consideraciones estratigráficas

En el área de estudio afloran aproximadamente 20 m de la Formación Cook Mountain; por su disposición geométrica se infiere que su base se ubica en el parque recreativo Las Lajas del municipio de China (Fig. 4B), al sur del área de estudio. Esta unidad consiste en arenisca masiva de estratificación cruzada.

El afloramiento principal en el Cerro de los Caracoles, representaría la parte superior de la Formación Cook

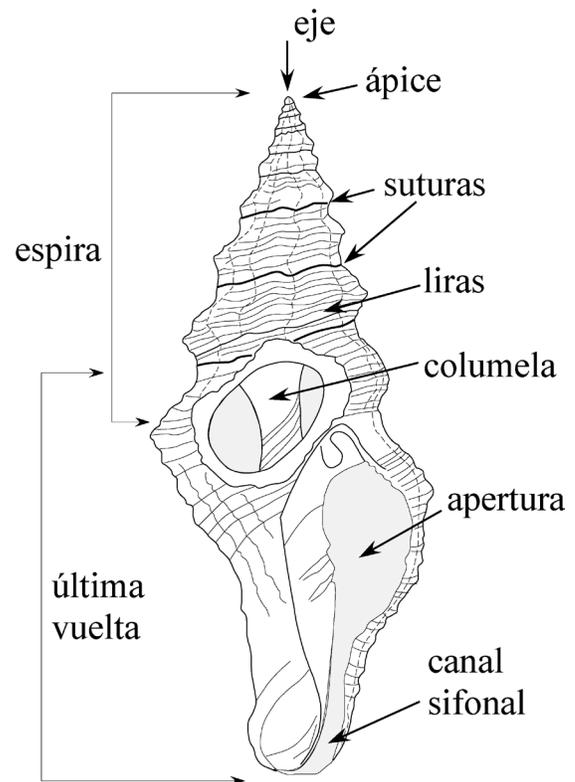


Figura 2. Morfología general de los gasterópodos (Modificado de Jain, 2017).

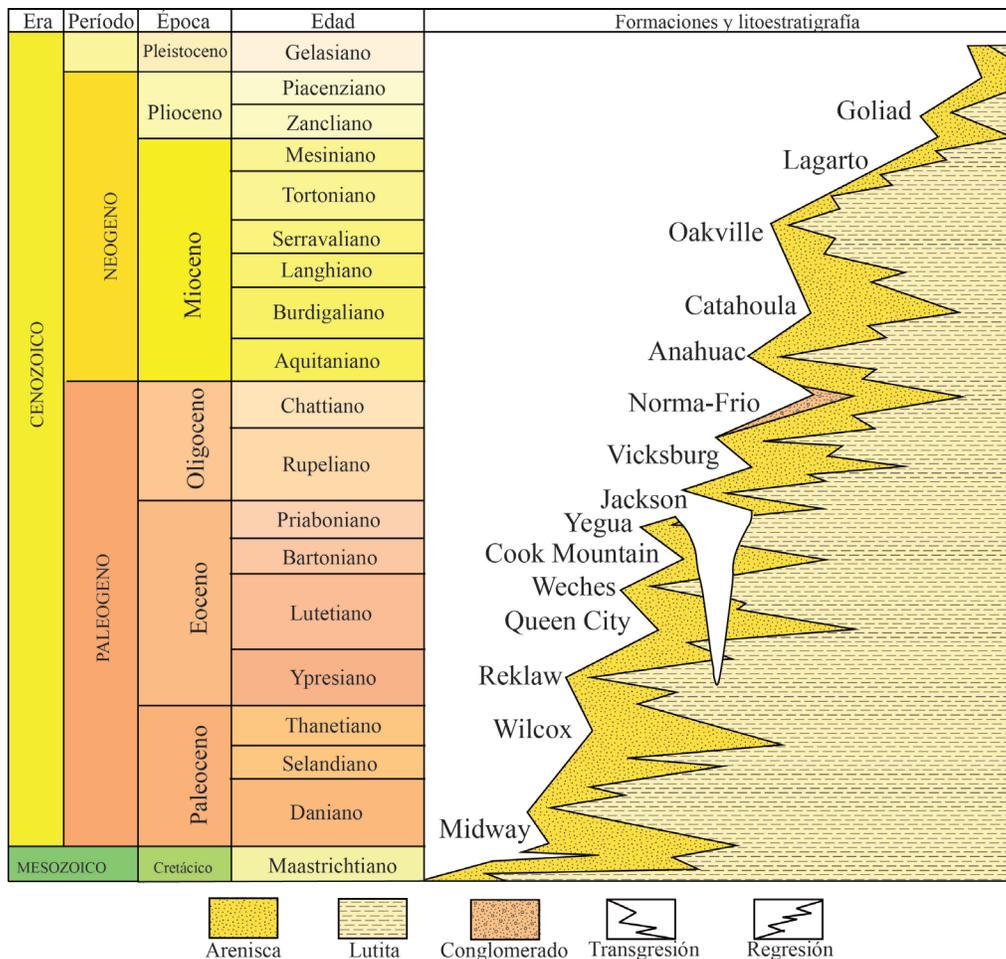


Figura 3. Columna estratigráfica de la Cuenca de Burgos, donde la Formación Cook Mountain se ubica en el Bartoniano del Eoceno (Modificada a partir de Hernández-Ocaña *et al.*, 2019a).

Mountain. En la base se encuentra un paquete potente de limolita con concreciones septarias (Fig. 4C–D). Sobre ésta, se hallan dispersos numerosos gasterópodos en buen estado de conservación, una coquina erosionada y otros parcialmente fragmentados y depositados en sedimento reciente.

4. Resultados

Los 132 especímenes identificados procedentes del Cerro de los Caracoles en la Formación Cook Mountain son asignados a seis géneros: *Athleta* Conrad, *Architectonica* Röding, *Latirus* Monfort, *Distorsio* Röding, *Bernaya* Jousseume, y *Turritella*. Son los ejemplares de *Turritella* sp. los que se encontraron con una mayor abundancia, en comparación con todas las demás conchas, que ocurren de forma muy escasa o rara.

Otros gasterópodos indeterminados encontrados en mayor abundancia tienen un tamaño muy homogéneo y similar a los géneros identificados.

Las dimensiones de los gasterópodos se muestran en tendencias muy claras, los más pequeños son ejemplares del género *Turritella* mientras que los que tienen mayor diámetro y longitud pertenecen a los géneros *Bernaya* y *Architectonica*. El género *Athleta* se encuentra representado por tamaños medianos.

4.1. Paleontología Sistemática

Orden Neogastropoda Thiele, 1929
 Superfamilia Muricoidea Da Costa, 1776
 Familia Volutidae Rafinesque, 1815
 Subfamilia Athletinae Pilsbry y Olsson, 1954
 Género *Athleta* Conrad, 1853

Athleta sp.
 Figs. 5A–C

Sinonimia.

Athleta Conrad, 1853: 448–449
Athleta (Neoathleta) Sacco, 1890
Notoplejona Marwick, 1926: 262,270

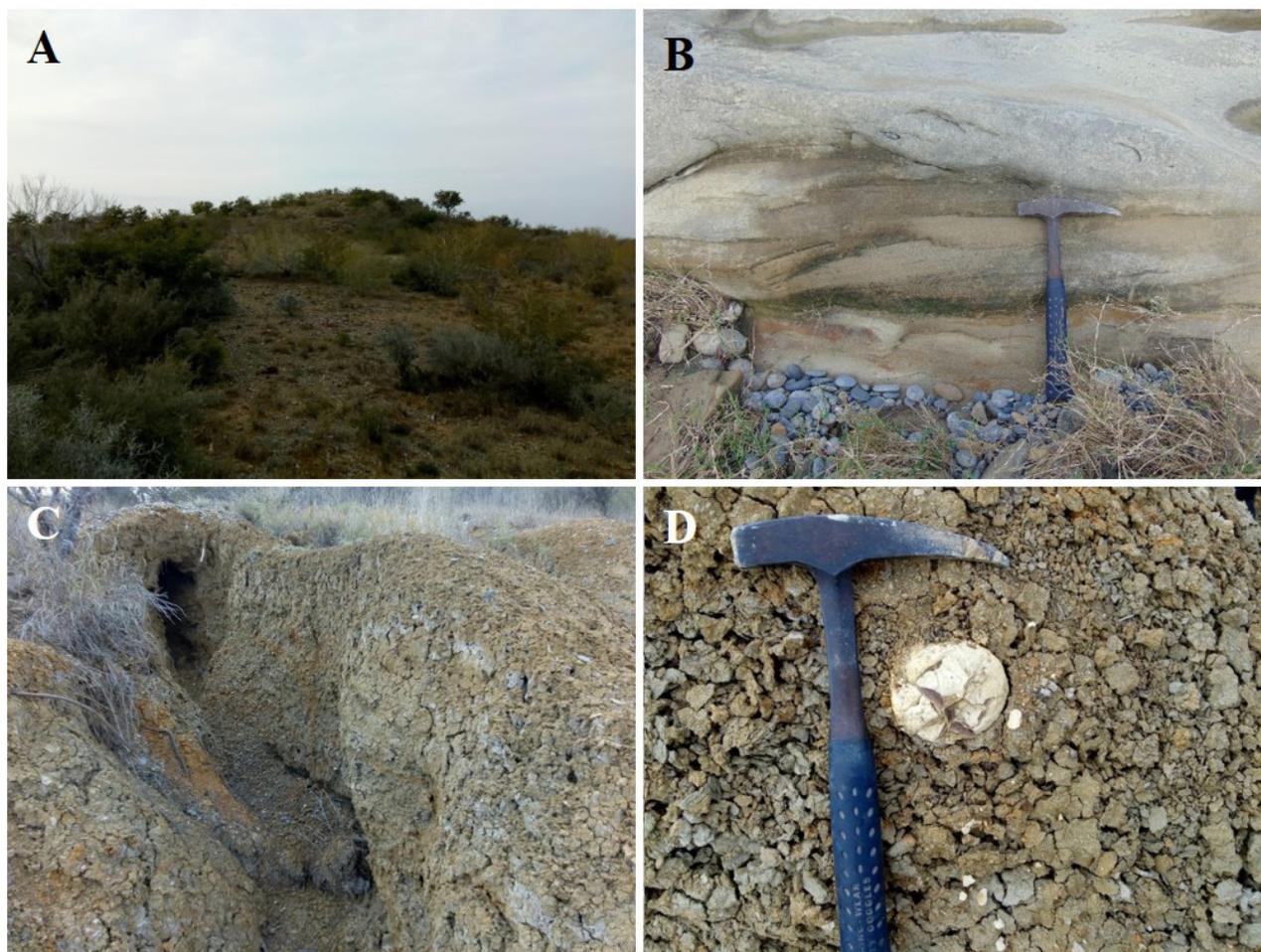


Figura 4. (A) Vista sur del Cerro de los Caracoles. (B) Arenisca con estratificación cruzada en la base de la Formación Cook Mountain. (C y D) Limolita y concreciones septarias en la cima de la Formación Cook Mountain, base del Cerro de los Caracoles.

Especie tipo. *Voluta rarispina* Lamarck, 1811

Descripción. Concha ovalada de bicónica a fusiforme con escultura variable; espira corta y aguda. Escultura externa variable con costillas o espirales axiales. Callo parietal que se proyecta hacia el hombro y cubre una porción de la espira; hombro con espira prominente; abertura piriforme a subcircular.

Los tres ejemplares del género *Athleta* identificados se caracterizan por presentar la concha con la vuelta del cuerpo de forma alargada la abertura ancha y larga, la espira es de forma cónica, pequeña y tiene conservadas cuatro vueltas; la ornamentación consiste en la presencia de nodos de 2 mm de largo, situados en la línea de la sutura.

Uno de los ejemplares se encuentra bien conservado y relleno con arcilla y fragmentos de conchas (Fig. 5A); el segundo está incompleto y presenta briozoos adheridos a la concha (Fig. 5B). El tercero está parcialmente fragmentado en la parte baja del labio externo y tiene un notorio desgaste

en los nodos, en comparación con los otros dos especímenes del género (Fig. 5C).

Familia Architectonicidae Gray, 1850
Género *Architectonica* in Röding, 1798

Architectonica sp.
Figs. 5D–I

Género tipo. *Architectonica* Röding, 1798.
Especie tipo. *Trochus perspectivus* Linnaeus, 1758; SD, Gray (1847b: 151); Indo-Pacífico.

Descripción. Conchas discoidales de tamaño pequeño; la teleconcha presenta cuatro vueltas en orden creciente de tamaño. Presenta costillas espirales granuladas; ombligo grande y periferia redondeada; hilos espirales en la última vuelta; sutura acanalada.

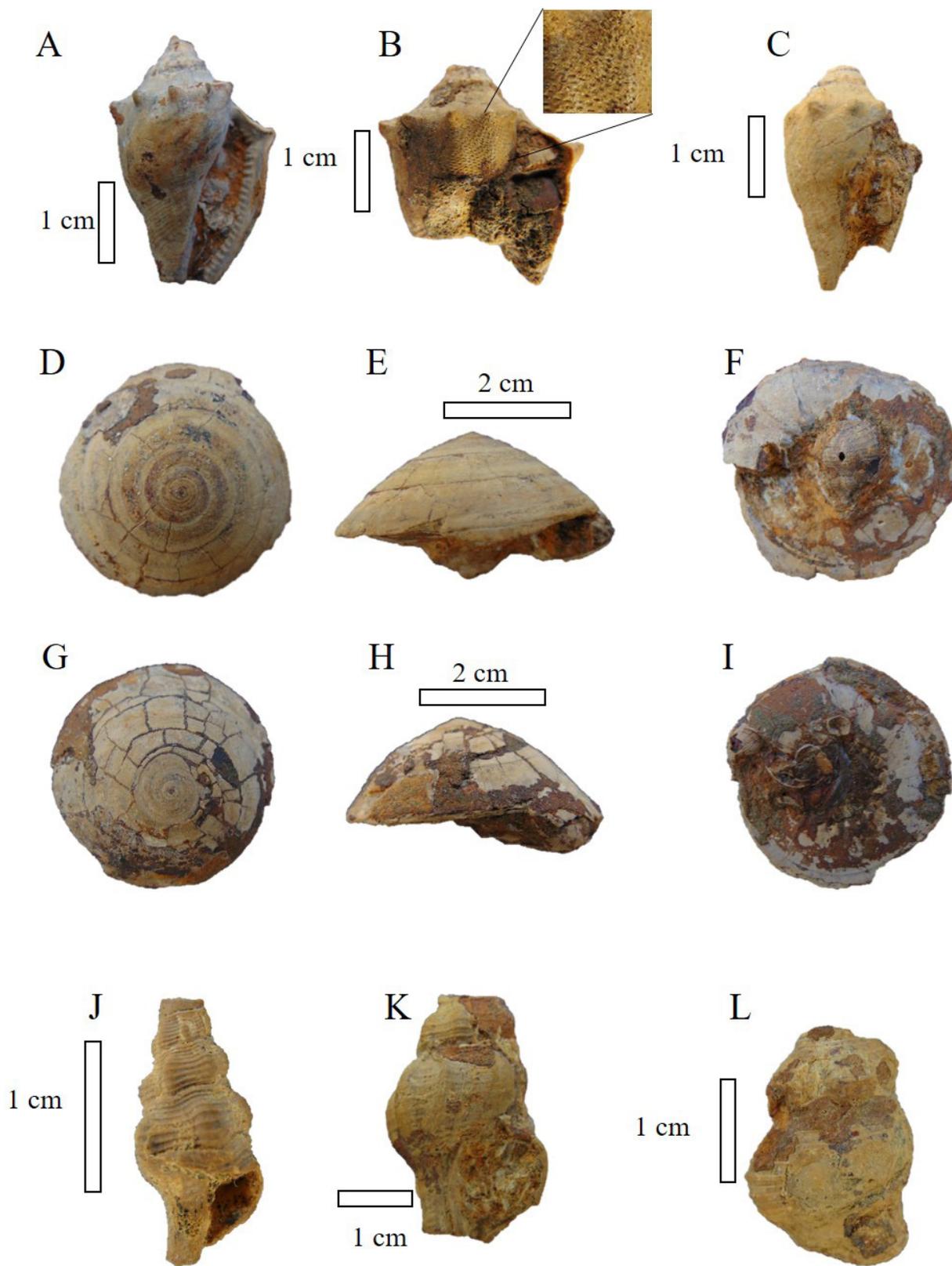


Figura 5. (A) Vista ventral de *Athleta* sp. que muestra la apertura rellena de arcilla y fragmentos de conchas. (B) Ejemplar fragmentado del género *Athleta* sp., cuya apertura presenta briozoos adheridos en su interior (recuadro). (C) Ejemplar de *Athleta* con espinas y nodos en la ornamentación preservada. (D y G) Vista dorsal de *Architectonica* sp. que muestra una corteza de arcillas. (E y H) Vista lateral que muestra la preservación incompleta. (F-I) Fósiles mineralizados incompletos mineralizados de *Architectonica* sp. (J-L) Vista ventral de *Latirus* sp. con detalles morfológicos del hombro y la última vuelta medianamente preservada.

Únicamente se recolectaron dos especímenes asignados al género *Architectonica*, caracterizadas por la forma conoespiral de la concha; la vuelta del cuerpo es baja y amplia y la espira es baja y está formada por cinco vueltas (Figs. 5D–E). Contienen dentro de la apertura, fragmentos de gasterópodos bioerosionados, probablemente del género *Latirus*, (Fig. 5F–I). La preservación en ambas conchas de *Architectonica* sp. es relativamente baja.

Superfamilia Buccinoidea Rafinesque, 1815

Familia Fasciolaridae Gray, 1853

Subfamilia Fasciolarinae Gray, 1853

Género *Latirus* Montfort, 1810

Latirus sp.

Figs. 5J–L

Sinonimia.

Latirus Montfort, 1810

Especie tipo. *Latirus aurantiacus* Montfort, 1810.

Descripción. Conchas fusiformes y basalmente constreñidas, con un tamaño promedio de mediano a grande y una longitud máxima de 50 a 113 mm. Las espiras de teleconcha con hombros bien definidos; la última vuelta con dos filas de espiras, una en el ángulo del hombro y la otra en la cuerda central; labro con margen central crenulado.

Tres especímenes fósiles asignados al género *Latirus* sp. exhiben una concha de forma turritada, con la vuelta del cuerpo ancha y la abertura alargada con extremos angulosos. La espira tiene conservadas tres vueltas, presentan hombro y sutura impresa; la ornamentación consiste en liras espirales (Figs. 5J–L). Estos tres ejemplares también presentan cierta fragmentación particular en la protoconcha y en la región sifonal.

Familia Personidae Gray, 1854

Género *Distorsio* Röding, 1798

Distorsio sp.

Fig. 6A

Sinonimia.

Distorsio Röding, 1798, p. 133

Distortrix Link, 1807, p. 122

Persona Montfort, 1810, p. 603

Rhysema Clench y Turner, 1957, p. 236

Especie tipo. *Distorsio anus* Linnaeus, 1758.

(Linnaeus, 1758; Gray, 1854; Röding, 1798; Link, 1807; Montfort, 1810; Clench, 1957).

Descripción. Esta representado por un solo ejemplar con la base del cuerpo ancha y alta; la apertura es amplia, mientras que la espira presenta 7 vueltas, es cónica con el ápice agudo. La ornamentación de la concha consiste en costillas espirales separadas por espacios ligeramente más amplios que las costillas y líneas de crecimiento.

El género *Distorsio* está representado por un solo ejemplar con la base del cuerpo ancha y alta; la abertura es amplia y estrecha, mientras que la espira presenta siete vueltas, es cónica con el ápice agudo (Fig. 6A) y el patrón de suturas claramente identificables. La apertura esta obliterada por sedimento. La ornamentación de la concha consiste en costillas espirales separadas por espacios ligeramente más amplios que las costillas y líneas de crecimiento.

En la localidad bajo estudio este género es muy raro y la ornamentación de la concha no está bien conservada. Sus dimensiones son mayores a 4 cm de longitud. Los ejemplares correspondientes a *Distorsio* sp. exhiben una preservación relativamente buena, especialmente por la conservación del ápice agudo (Fig. 6A).

Familia Cypraeidae Gray, 1824

Subfamilia Bernayinae Schilder, 1927

Género *Bernaya* Jousseau, 1884

Bernaya sp.

Figs. 6B–C

Sinonimia.

Cypraeorbis Conrad, 1865

Especie tipo. *Cypraea media* Deshayes, 1835.

Descripción. Conchas de forma ovoide con la apertura estrecha y dientes pequeños en el labio interno; la fósula es relativamente grande, subrectangular y cóncava; en su interior la fósula está unida lateralmente por una surco prominente del cual surge una muesca anterior.

El gasterópodo de mayores dimensiones (más de 4 cm de longitud) corresponde al género *Bernaya*, tiene forma ovoide con la abertura larga y estrecha con dientes pequeños en el labio interno aunque la concha de *Bernaya* sp. es muy característica, las estructuras morfológicas características de la fósula y los dientes están obliterados por cementación. Otros gasterópodos indeterminados presentan caracteres morfológicos con una buena preservación del patrón de suturas, concha original y la presencia de un canal sifonal alargado en los gasterópodos fósiles de esta localidad (Figs. 6D–F).

Familia Turritellidae Lovén, 1847

Subfamilia Turritellinae Lovén, 1847

Género *Turritella* Lamarck, 1799

Turritella sp.

Figs. 6G–K

Sinonimia.

Turritella (Haustator) Montfort, 1810, p. 182

Zaria Gray, 1847, p. 147

Colpospirella Donald, 1900, p. 51

Especie tipo. *Turbo terebra* Linnaeus, 1758.

Descripción. Conchas turriculadas pequeñas, con

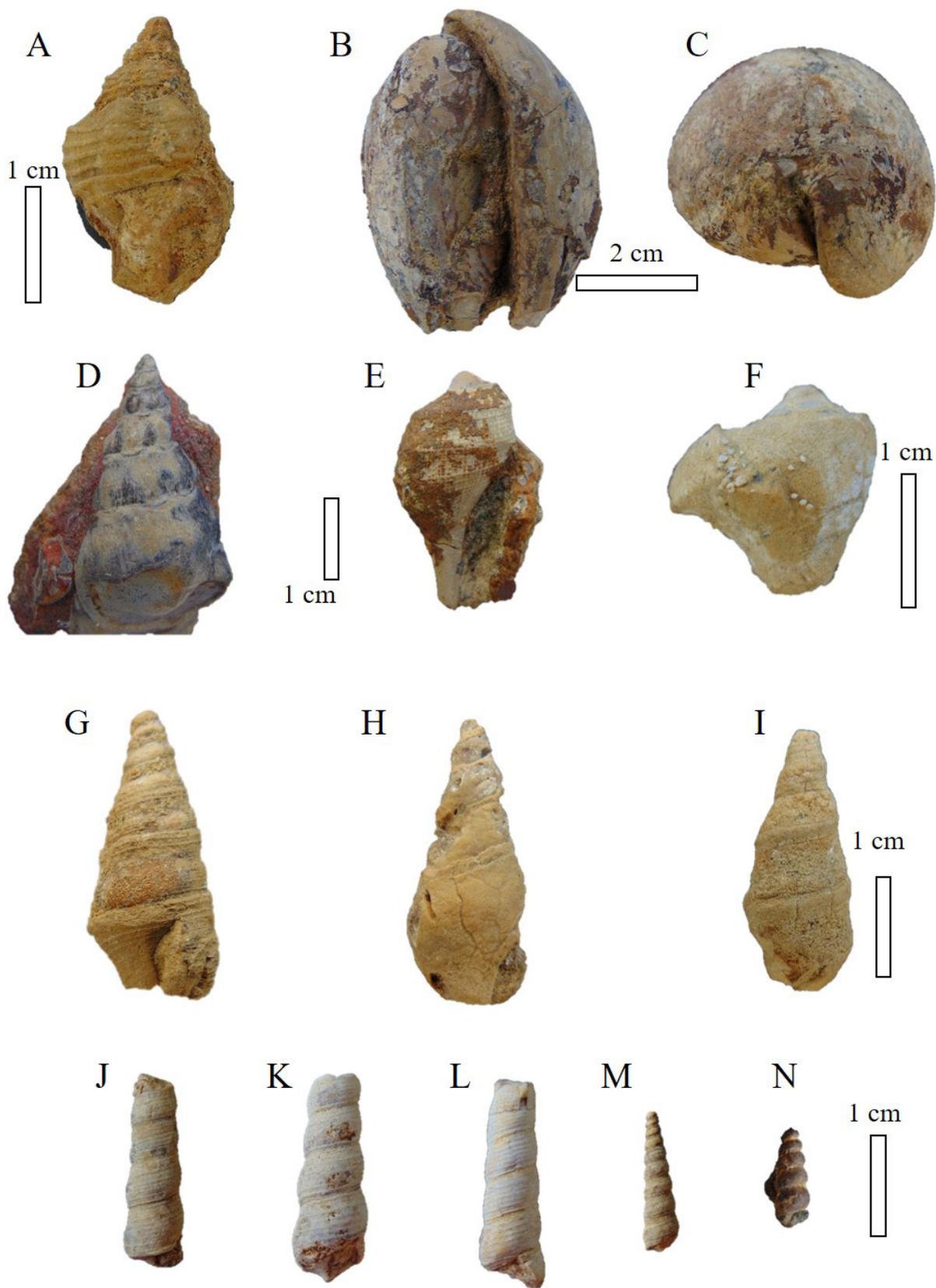


Figura 6. (A) Vista ventral de la concha de *Distorsio* rellena de sedimento reciente. (B) *Bernaya* en vista lateral, cuya parte superior del labio interno presenta pequeños dientes paralelos. (C) *Bernaya* en vista apical. (D) Concha coniespiral de un gasterópodo indeterminado. (E-F) Gasterópodos indeterminados. (G-K) Vistas laterales de *Turritella* sp.

número variable de vueltas descendentes en tamaño desde el ápice hasta la base de la última vuelta de la concha; suturas marcadas.

Más de 104 fósiles de *Turritella* sp. están representados en este grupo de gasterópodos que identifican a esta localidad. Hay tres subpoblaciones básicamente, aunque la gran mayoría corresponde a conchas turriculadas de color claro con cuatro vueltas, y sin ápice definido (Figs. 6G-I), mientras que una subpoblación menor de turritelas tienen ocho vueltas (Fig. 6J); los ejemplares más raros corresponden a fósiles con concha turriculada con cinco vueltas y hombro prominente y remplazadas por hematita (Fig. 6K). Aunque la ornamentación de la concha no está preservada de forma notable, en general, las conchas identificadas se encuentran relativamente bien conservados, pero algunos por exposición meteórica están ocasionalmente cubiertos por una capa de material oxidado menor a 1 mm de grosor.

4.2. La concha de *Turritella*

Por ser los gasterópodos más abundantes en el Cerro de los Caracoles, se estimaron las variación de tamaño en las conchas de *Turritella* sp. (Fig. 7), aun cuando la gran mayoría de los ejemplares estaban fragmentados. Los valores que se presentan constantes en las conchas son: diámetros mayores y menores de la última vuelta preservada; alturas de la última vuelta preservada; número de liras en la última vuelta y el perfil de vuelta.

Para la relación entre la altura de la última vuelta y el número de liras en la última vuelta, la tendencia está marcada con un ligero aumento de la altura de la última vuelta acompañado de un aumento del número de liras. El perfil de vuelta redondeado y recto no tiene ninguna influencia aparente (Fig. 7A).

Los ejemplares de *Turritella* podrían ser agrupados en dos poblaciones que presentan relaciones diferentes, la más abundante se mantiene entre 6 y 9 liras en la última vuelta independientemente del diámetro promedio de la última vuelta, sin embargo, una segunda población ostenta entre 8 y 12 liras que disminuye con respecto al aumento de diámetro de la última vuelta (Fig. 7B).

5. Discusión

Los gasterópodos más abundantes en el Cerro de los Caracoles, cuyas características taxonómicas están preservadas, se asignaron al género *Turritella*. En ejemplares actuales, se estima que la abundancia de este género podría estar relacionada con sus patrones reproductivos (dispersión de desove y espermatóforos), lo cual los convierte en taxa dominantes en comunidades marinas (Allmon, 2011). En 81 ejemplares de *Turritella* se detectaron evidencias de compresión en las conchas; dado que esta característica tafonómica fue constante en todos los ejemplares fósiles observados se pudieron medir con base al reconocimiento de dos valores de diámetro, uno máximo y uno mínimo, medidos en la última vuelta conservada, ya que la descripción morfológica de este género de gasterópodos implica conchas espirales cónicas redondeadas (Lamarck, 1799; Allmon, 2011).

Reportes del Eoceno indican que las asociaciones de gasterópodos con bivalvos marinos son muy frecuentes en este periodo, desde sucesiones turbidíticas hasta ambientes deltaicos. Otras asociaciones fosilíferas de bivalvos con gasterópodos han sido reportadas para el Eoceno medio de la cuenca de Paris, donde *Turritella imbricata* se asocia con el bivalvo *Venericardia imbricata* Andreasson y Schmitz. En México se han descrito diversas especies de *Turritella* sp.

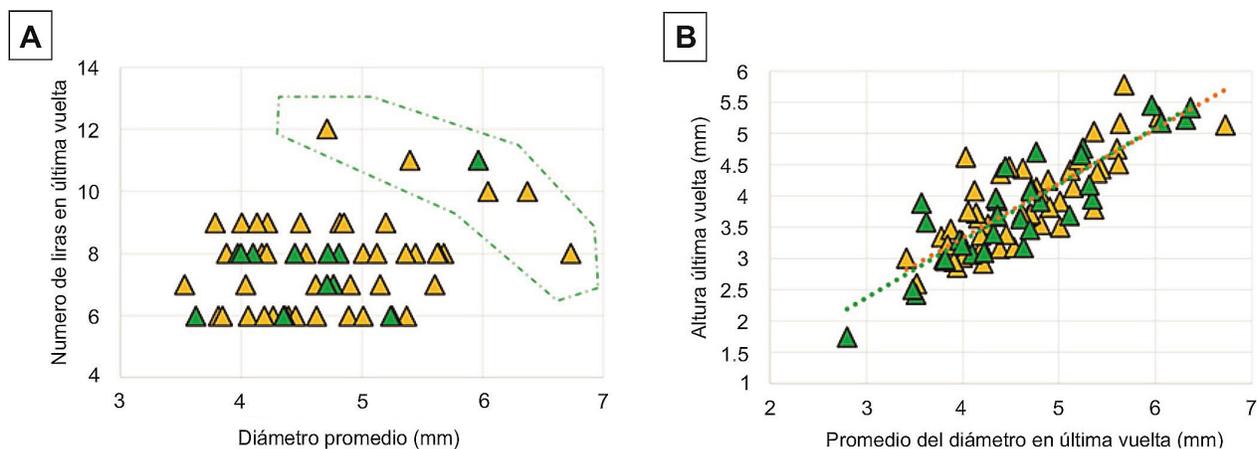


Figura 7. Mediciones realizadas en ejemplares de *Turritella* sp. (A) Relación entre el número de liras en la última vuelta y el diámetro promedio. (B) Altura de la última vuelta como función del diámetro. Los triángulos verdes representan ejemplares con perfiles de vuelta rectos; los triángulos amarillos representan ejemplares con perfiles de vuelta redondeados.

en el Eoceno de Baja California, correspondientes a la Formación Bateque (Morales-Ortega *et al.*, 2016). *Bernaya* sp. así como en el Eoceno de Norteamérica, en Washington (Grooves, 2011); otros gasterópodos cypraeoides extienden la distribución geográfica hasta Europa (Pacaud, 2003). Estos reportes son significativos si se considera que la ocurrencia de este grupo de gasterópodos es limitada y hasta hace pocos años, se basaba únicamente en dos especies modernas.

Un estudio clásico de la Cuenca de Burgos corresponde a la publicación de Gardner (1945), quien describió asociaciones fosilíferas procedente del rancho Cantú, localizado a un par de millas al sur de la línea divisoria entre el municipio General Bravo y China, en esta localidad se encontró una capa de 3 cm de espesor de concreciones duras de caliza café en las arcillas que sobreyacen, por alrededor de 30 m, a la Formación Mount Selman. La fauna no pudo ser determinada específicamente, pero incluye corales solitarios, bivalvos del género *Venericardia*, los gasterópodos *Turritella* y *Latirus*; estos últimos mayoritariamente presentes en concreciones calcáreas a ferruginosas de coloración amarilla a naranja dentro de lutita oscura y en concreciones de caliza arenosa de coloración gris y en caliza delgada intercaladas en lutita oscura. Las características estratigráficas, litológicas y el contenido paleontológico descritas desde entonces guardan una gran similitud con el afloramiento presentado en este trabajo.

Una asociación similar se ha mencionado en la Formación Crocket, para la parte superior del subgrupo Cook Mountain en Texas, EUA (Stenzel, 1936) en el afloramiento conocido como Whiskey Bridge y correlacionable con la parte superior de la Formación Cook Mountain en México; en donde se han reportado corales solitarios, y gasterópodos de los géneros *Athleta*, *Architectonica*, *Turritella*, *Latirus*, *Trigonostoma* Blainville, entre otros (Yancey, 1995; Flis y Flis, 2015).

La presencia de briozoos incrustados en conchas del género *Athleta* del Cerro de los Caracoles es indicativo de una alta actividad biológica, estas relaciones han sido interpretadas como simbiosis en donde los gasterópodos estaban protegidos de depredadores a través de la incrustación por briozoos, mientras que estas colonias se verían beneficiadas por el flujo constante de agua derivado de la movilidad de los gasterópodos (McNamara, 1978); sin embargo, ya que la ubicación del briozoo se encuentra cerca de la apertura, es posible que este se halla adherido a la concha una vez que el gasterópodo ya había muerto, indicando más una relación biológica más que tafonómica.

Por otra parte, el establecimiento de horizontes carbonatados de tipo arrecifal es indicativo de períodos con sedimentación baja o nula, que permitió la generación de *hardgrounds* y el establecimiento de comunidades arrecifales. Una asociación similar fue descrita por Martinus y Molenaar (1991), de la Formación Roda (Eoceno inferior) al noreste de España y consiste en un *hardground* emplazado

en un sistema sedimentario silíceo-carbonatado, colonizado principalmente por corales y moluscos.

Una posible explicación sobre la presencia de *hardgrounds* en la formación Cook Mountain, podría estar relacionada con la interrupción de la sedimentación, a su vez influenciada por el cese de la deformación Laramide; de acuerdo a Eguiluz de Antuñano (2004), en la Cuenca La Popa, muy cercana a la Cuenca de Burgos, esa interrupción ocurrió entre los 44 y 39.9 Ma. Adicionalmente, para la Cuenca de Burgos, Eguiluz (*op. cit.*) considera que el establecimiento de una discordancia a los 39.9 Ma., podría representar el fin de la orogenia Laramide. En este contexto, el afloramiento estudiado se infiere que se encuentra en la parte superior de la Formación Cook Mountain, depositada entre 42 y 40 Ma. (Eguiluz de Antuñano, 2011a, b).

6. Conclusiones

Los géneros identificados corresponden en orden de abundancia a *Turritella*, *Athleta*, *Latirus*, *Architectonica*, *Bernaya* y *Distorsio*, todos los cuales constituyen el primer reporte de esta localidad. Los ejemplares fueron recolectados en sedimento suelto proveniente de la erosión de estratos de caliza arenosa y lutita calcárea poco consolidada; las tonalidades amarillentas a ocres se han interpretados como sustrato duros (*hardground*) asociados a una interrupción en la sedimentación, que podría estar relacionada, a su vez, con los últimos pulsos de la orogenia Larámide.

El análisis realizado muestra características tafonómicas susceptibles de un análisis ulterior con mucho mayor detalle. Entre dichas características destacan: el grado de relleno de los ejemplares y el grado de recristalización al que fueron sometidos, el grado de deformación, la variación en regímenes sedimentarios debidos probablemente a tasas de sedimentación diferenciales que propiciaron diferentes esfuerzos geomecánicos. Es probable que la alta fragmentación de los gasterópodos fósiles reportados se deba a la matriz poco consolidada que los contiene.

Otros factores que pueden haber influido en la preservación variable de estos gasterópodos probablemente tengan que ver con la acción de agentes meteorológicos recientes. Aunque estos hallazgos son muy limitados, tienen un valor potencial no determinado en la medida en que ofrecen las primeras evidencias de alguna localidad fosilífera. En esta región de Nuevo León el panorama sedimentario es aparentemente muy regular, no hay columnas sedimentarias con estratos bien definidos y en general son áreas poco fosilíferas; ésta es la razón por la cual los reportes de esta zona son muy escasos, cuando no inexistentes. Los datos mostrados en este reporte preliminar sugieren la continuación de exploraciones para localizar el horizonte de donde provienen los ejemplares, así como su análisis tafonómico.

Agradecimientos

Los autores agradecen las valiosas revisiones de la Dra. Blanca Buitrón Sánchez y del Dr. Andrés L. Cárdenas, cuyos comentarios ayudaron a mejorar de manera sustancial este trabajo. También se extiende un agradecimiento la Señora Bertha por las facilidades brindadas para obtener acceso a su propiedad y beneficiar este trabajo. Finalmente se agradece a los editores por su paciencia y guía durante el proceso de edición.

Referencias

- Allmon, W.D., 1996, Systematics and evolution of Cenozoic American Turritellidae (Mollusca: Gastropoda) I: Paleocene and Eocene coastal plain species related to '*Turritella mortoni* Conrad' and '*Turritella humerosa* Conrad': *Palaeontographica Americana*, 59, 1–134.
- Allmon, W.D., 2011, Natural history of Turritelline gastropods (Cerithioida, Turritellidae): A Status Report: *Malacología*, 54(1–2), 159–202. DOI:10.4002/040.054.0107.
- Andreasson, F.P., Schmitz, B., 1996, Winter and summer temperatures of the early middle Eocene of France from *Turritella* $\delta^{18}O$ profiles: *Geology*, 24(12), 1067–1070. DOI: 10.1130/0091-7613(1996)024<1067:WA STOT>2.3.CO;2
- Blainville, H.M.D., 1825, Manuel de malacologie et de conchyliologie: Paris, Levrault 1, Harvard University, 647 pp.
- Bryant, W.R., Lugo, J., Cordova, C., Salvador, A., 1991, Physiography and bathymetry, en, Salvador, A., (ed), The Gulf of Mexico Basin: Geological Society of America, Boulder, CO, J, 13–30.
- Clench, W.J., Turner, R.D., 1957, The family Cymatiidae in the Western Atlantic: *Johnsonia*, 3(36), 189–244.
- Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), 2019, Portal de información técnica (mapa de archivos.shape) última actualización 28 de noviembre de 2019, Delegación Benito Juárez, Ciudad de México, consulta: www.hidrocarburos.gob.mx el 28 de noviembre de 2019.
- Conrad, T.A., 1853, Synopsis of the genera *Cassidula*, *Humph*, and of a proposed new genus *Athleta*: Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 6(11–12), 448–449.
- Conrad, T., 1865, Catalogue of the Eocene and Oligocene Testacea of the United States: *American Journal of Conchology*, 1(1), 1–35.
- Da Costa, E.M., 1776, Elements of Conchology, or An Introduction to the Knowledge of Shells, B. White, London, 318 pp.
- Deshayes, G.P., 1824-1837, Description des coquilles fossiles des environs de Paris: Paris, Privately Published, 2, 499–814.
- Donald, J., 1900, On some Recent Gastropods referred to the family Turritellidae and their supposed relation to the Murchisonidae: Proceedings of the Malacological Society of London, 4, 47–55.
- Echanove, O., 1986, Geología Petrolera de la Cuenca de Burgos (Parte I) Consideraciones geológico-petroleras: *Boletín de La Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 38(1), 3–39.
- Eguiluz de Antuñano, S., 2004, Tectónica Laramide en la Cuenca de Burgos, en Reunión Anual Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta: GEOS, 24(2), 307–308.
- Eguiluz de Antuñano, S., 2011a, Estratigrafía, análisis de secuencias y control estructural en la Formación Yegua, Cuenca de Burgos, noreste de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(2), 171–181.
- Eguiluz de Antuñano, S., 2011b, Sinopsis geológica de la Cuenca de Burgos, noreste de México: producción y recursos petroleros: *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 63(2), 323–332.
- Flis, J.E., Flis, C.J., 2015, Stone City Member, Middle Eocene, Claiborne Group, Stone City Bluff, Burlson Co., Texas Main Glauconite Bed (MGB) Study Guide.
- Gardner, J., 1945, Mollusca of the tertiary formations of northeastern Mexico: Geological Society of America Memoir, 11, 332 pp.
- Gray, J.E., 1824, Monograph on the Cypraeidae, a family of testaceous Mollusca: *Zoological Journal*, 1, 71–80, 137–152.
- Gray, J.E., 1847, A list of the Genera of Recent Mollusca, their Synonyma and Types: Proceedings of the Zoological Society of London, 15, 129–219.
- Gray, J.E., 1850, Nomenclature of molluscan animals and shells in the collection of the British Museum: London, Part 1, Cyclophoridae, 68 pp.
- Gray, J.E., 1853, On the division of Ctenobranchous Gasteropodous Mollusca into larger groups and families: *Annals and Magazine of Natural History*, Second Series, 11 (62), 124–133.
- Gray, J.E., 1854, On the division of Ctenobranchous Gasteropodous Mollusca into Larger groups and Families: Proceedings of the Zoological Society of London, 21, 32–44.
- Groves, L.T., 2011, New species of *Paleogene cypraeoideans* (Gastropoda) from the Pacific slope of North America: *The Nautilus*, 125(2), 45–52.
- Harzhauser, M., Landau, B., 2019, Turritellidae (Gastropoda) of the Miocene Paratethys Sea with considerations about turritellid genera: Auckland, Nueva Zelanda, Zootax, 136 pp.
- Hernández-Ocaña, M.I., 2019, Icnofosiles del Paleógeno en el noreste de México: Linares, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Tesis doctoral, 157 pp.
- Hernández-Ocaña, M.I., Chacón-B.E., Quiroz-Barroso, S.A., Eguiluz de Antuñano, S., Torres de la Cruz, F., Chávez-Cabello, G., 2019a, A Paleogene ichnological record from the Wilcox Formation: *Ophiomorpha* and *Venericardia (Venicor) zapatai* in the Burgos Basin, northern Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*, 90, 107–117. DOI: 10.1016/j.jsames.2018.11.024
- Hernández-Ocaña, M.I., Chacón-B.E., Quiroz-Barroso, S.A., Eguiluz de Antuñano, S., Torres de la Cruz, F., Chávez-Cabello, G., 2019b, Reply to Jenchen, U.: Comment to Hernández-Ocaña, María I., Chacón-Baca, Elizabeth, Quiroz-Barroso, Sara A., Eguiluz-de Antuñano, Samuel, Torres-de la Cruz, Felipe, and Chávez-Cabello, Gabriel (2019): A Paleogene ichnological record from the Wilcox Formation: *Ophiomorpha* and *Venericardia (Venicor) zapatai* in the Burgos Basin, northern Mexico A Paleogene ichnological record from the Wilcox Formation: *Ophiomorpha* and *Venericardia (Venicor) zapatai* in the Burgos Basin, northern Mexico: *Journal of South America Earth Sciences*, In press. DOI: 10.1016/j.jsames.2019.102350
- Jain, S., 2017, Fundamentals of Invertebrate Palaeontology: Nueva Delhi, India, Springer, 405 pp.
- Jousseume, F.P., 1884, Étude sur la famille des Cypraeidae: *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 9, 81–100.
- Lamarck, J.B.M., 1799, Prodrome d'une nouvelle classification des coquilles, comprenant une rédaction appropriée des caractères généraux, et l'établissement d'un grand nombre de genres nouveaux: *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de Paris*, 7, 63–91.
- Lamarck, J.B.P., 1809, Philosophie zoologique: Dentu, Paris, 1, 428 pp.
- Lamarck, J.B.P., 1811, Suite de la détermination des espèces de mollusques testacés, Volute (Voluta): *Annales du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 17, 54–80.
- Lea, I., 1833, Contributions to Geology: Philadelphia, Carey, Lea and Blanchard, 227 pp.
- Link, H.F., 1807, Beschreibung der Naturalien Sammlung der Universität zu Rostock, Rostock, Adlers Erben, 100 pp.
- Linnaeus, C., 1758, Systema Naturae per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, locis: Tomus I, Editio Decima, Reformata, Holmiae, 824 pp.
- Lovén, S.L., 1847, Malacozoologie, öfversigt af Kongliga Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 175–199.

- Martinius, A.W., Molenaar, N., 1991, A Coral-Mollusc (*Goniaraea-Crassatella*) dominated hardground community in a siliciclastic-carbonate sandstone (the Lower Eocene Roda Formation, Southern Pyrenees, Spain): *PALAIOS*, 6(2), 142–155. DOI: 10.2307/3514879.
- Marwick, J., 1926, Tertiary and Recent Volutidae of New Zealand: *Transactions of the New Zealand Institute*, 56, 259–303.
- McNamara, K.J., 1978, Symbiosis between gastropods and bryozoans in the late Ordovician of Cumbria, England: *Lethaia*, 11(1), 25–40. DOI: 10.1111/j.1502-3931.1978.tb01214.x.
- Montfort, P., 1810, *Conchyliologie systématique et classification méthodique des coquilles*, Paris: Schoell, 676 pp.
- Morales-Ortega, P., González-Barba, G., Enrique H., Nava-Sánchez, E.H., Vera-Dimas, D.R., 2016, New Eocene bivalves from Bateque Formation, Baja California Sur, Mexico: *Paleontología Mexicana*, 5(1), 1–19.
- Pacaud, J.M., 2003, First fossil records of the Recent Ovulid genus *Pseudocypraea* Schilder, 1927 (Mollusca, Gastropoda) with description of a new species: *Geodiversitas*, 25(3), 451–462.
- Perrilliat, C., 1963, Moluscos del Terciario inferior del noreste de México: *Paleontología Mexicana*, 19, 1–36.
- Perry, G., 1811, *Conchology, or the natural history of shells: containing a new arrangement of the genera and species, illustrated by coloured engravings executed from the natural specimens, and including the latest discoveries*, 91 láminas., 4 pp.
- Pilsbry, H.A., Olsson, A.A., 1954, Systems of the Volutidae: *Bulletins of American Paleontology*, 35(152), 1–36.
- Rafinesque, C.S., 1815, *Analyse de la nature ou tableau de l'univers et des corps organisés*, Palerme, 223 pp.
- Röding, P.F., 1798, *Museum Boltenianum sive Catalogus cimeliorum e tribus regnis naturæ quæ olim collegerat Joa. Fried Bolten, M.D. p. d. per XL. annos proto physicus Hamburgensis. Pars secunda continens Conchylia sive Testacea univalvia, bivalvia & multivalvia*. Hamburg: Trapp. VIII, 199 pp.
- Sacco, F., 1890, I Molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria. Parte 8. Galeodoliidae, Doliidae, Ficulidae e Naticidae: *Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Reale Università di Torino*, 5(86), 21–43.
- Salvador, U.B., 2010, *Evaluación petrolera y métodos de exploración en la Cuenca de Burgos: Distrito Federal, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de licenciatura*, 206 pp.
- Schilder, F.A. 1927, Revision der Cypraeaacea (Moll. Gastr.). *Archiv für Naturgeschichte*, 91 (A/10), 1–165.
- Souleyet, L.F.A., 1850, Description d'un nouveau genre de coquilles univalves: *Journal de Conchyliologie*, 1, 246–249.
- Stenzel, H.B., 1936, A new formation in the Claiborne Group. University of Texas: *Bulletin*, 3501, 267–279.
- Thiele, J., 1929, *Handbuch der Systematischen Weichtierkunde*, 1. Fischer, Jena, 376 pp.
- Torres de la Cruz, F.J., Hernández-Ocaña, M.I., 2016, La costa de Nuevo León: una mirada hacia el pasado geológico del estado: *Ciencia UANL*, 19(82), 79–82.
- Yancey, T.E., 1995, Depositional trends in siliciclastic deposits of the Stone City transgressive systems tract, Middle Eocene, Texas: *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 45, 1–10.

Manuscrito recibido: Noviembre 4, 2019.

Manuscrito corregido recibido: Diciembre 6, 2019.

Manuscrito aceptado: Diciembre 7, 2019.



Presencia de *Mortoniceras?* sp. en la Formación Madrid, Estado de Colima: su importancia en la evolución paleogeográfica del Albiano tardío en México

Eguiluz de Antuñano, Samuel^{a,*}; Moreno-Bedmar, Josep Anton^b; Amezcua, Natalia^c; Livas-Vera, Margarita^d; Puente Frago, Luis Ángel^e

^a Geólogo consultor, Rda. Precolombina, Bonampak 103, Del. Coyoacán, C.P. 4700, Ciudad de México, México.

^b Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, C.P. 04150, Ciudad de México, México.

^c Servicio Geológico Mexicano, Subgerencia de Investigación, Felipe Ángeles km 93.5, Pachuca, C.P. 42083, Hidalgo, México.

^d Consultor en micropaleontología, C. del Pulpito 2949, Mirador Res., Monterrey, C.P. 64910, Nuevo León, México.

^e Biólogo consultor. F de Zeus 906, Reynosa, C.P. 88740, Tamaulipas, México.

* seguiluz662@gmail.com

Resumen

En este trabajo se describen las características morfológicas que identifican a un ejemplar del género *Mortoniceras?* sp., colectado en estratos de la Formación Madrid, en la Sierra de los Libros, Colima, México. Las características litoestratigráficas indican que la sucesión de carbonatos donde se encontró el ammonite está formada por facies de ambiente relativamente profundo, con depósito de turbiditas constituidas por microfósiles bentónicos y material aloquímico transportado a la cuenca. La asociación de fósiles indica que este depósito se originó durante el Albiano tardío. La integración de datos bioestratigráficos y litológicos nos permite hacer una reconstrucción más apropiada de la distribución geográfica de facies sedimentarias entre cuencas y plataformas en México.

Palabras clave: ammonites, bioestratigrafía, taxonomía, Colima, México.

Abstract

*This work describes the morphological characteristics that allows us to identify a specimen of the genus *Mortoniceras?* sp., collected in strata of the Madrid Formation, in the Sierra de los Libros, Colima, Mexico. Lithostratigraphic characteristics indicate that the carbonate succession, where the ammonite was found, consist of turbiditic basinal facies with bentonic microfossil and allochemical material transported into the basin. The fossil assemblage indicates that this deposit occurred during the late Albian. The integration of biostratigraphical and lithological data allows us to make a more accurate reconstruction of the geographical distribution of sedimentary facies among basins and platforms in Mexico.*

Keywords: ammonites, biostratigraphy, taxonomy, Colima, Mexico.

1. Introducción

La litoestratigrafía y bioestratigrafía del Cretácico Inferior en el Estado de Colima ha sido descrita de forma general, pero requiere estudios con mayor detalle. En esta región hay sucesiones sedimentarias siliciclásticas y carbonatadas, que varían desde un ambiente litoral y lagunar, hasta ambientes de mayor profundidad o cuenca, con cambios de facies tanto laterales como verticales que se vinculan con depósitos volcánico-clásticos, que, por la escasez de fósiles, complican su correlación regional y dificultan inferir distribuciones paleogeográficas (Ontiveros-Tarango, 1973; Cserna *et al.*, 1978; Buitrón y Gómez-Espinosa, 2003; Omaña *et al.*, 2012). Aunado a la limitación del contenido fosilífero hay una deformación estructural compleja, con afloramientos dispersos que regularmente están cubiertos por rocas volcánicas de edad más joven. Para poder hacer correlaciones estratigráficas apropiadas y una reconstrucción paleogeográfica más fina de la región, que comprende parte de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán, es de gran importancia la integración de estudios bioestratigráficos y técnicas geocronológicas adicionales (*e.g.* isotopía de zircones, estroncio). El conocimiento geológico y bioestratigráfico en esta región se inició con las descripciones realizadas en Colima por Banda (1880), en colaboración con Antonio del Castillo. Su obra describe, entre otros fósiles, la presencia de *Ammonites varicosus* Sowerby. Urquiza (1882) realizó descripciones geológicas y paleontológicas en Coalcomán, Michoacán. Aguilera *et al.* (1897), Boehm (1898) y Douvillé (1900), publicaron descripciones taxonómicas de los fósiles colectados por Urquiza (*op cit.*), de entre los cuales destaca *Schiosia ramosa*, rudista designado por Harris y Hodson (1922) como *Coalcoma ramosa*, que es un fósil muy útil para la correlación en áreas vecinas. La presencia de *Enallaster mexicanus* Cotteau en esta área (Cotteau, 1890), ayuda a reconocer facies de los pisos Albiano y Cenomaniano. En facies pelágicas expuestas en la Sierra de los Libros, Colima, Angerman (1907) reportó *Macroscephites* sp., *Scholenbachia inflata* Sowerby y *Parahoplites* sp., y Böse (1910) describió *Schloenbachia (Oxitropedoceras) aguilerae* y *Schloenbachia varicosum* Sowerby (descrita como *Ammonites varicostatum* Sowerby, por Antonio del Castillo en Banda, 1880), lo que confirma la presencia regional del Albiano tardío y su transición al Cenomaniano (Longoria, 1977). Burckhardt (1930) señaló la presencia de varias secciones estratigráficas en Jalisco con fósiles bentónicos y planctónicos del Aptiano al Cenomaniano, en las localidades de Barranca del Río Tuxpan, Cerro de Tuxpan, Tapalpa, Talpa, Tamazula y Huescalapa, la sección estratigráfica más completa fue descrita entre las estaciones de tren Villegas y Tonilita que tiene rocas de los pisos Aptiano al Cenomaniano. Pantoja-Alor (1959), describió rocas sedimentarias marinas del Jurásico Superior y Cretácico entre Huetamo y Ciudad Altamirano, Michoacán. La integración de estas observaciones referidas permitió

elaborar una reconstrucción paleogeográfica general entre áreas emergidas y mares, así como postular la conexión marina a través de un portal entre el Océano Pacífico, la Cuenca del Centro de México y el Golfo de México durante el Cretácico (Burckhardt, 1930, Buitrón y Gómez Espinosa, 2003). En la década de los años setenta y ochenta Petróleos Mexicanos realizó trabajos de exploración y aportó valiosos datos de superficie y subsuelo en la región. Estos trabajos dieron nombres informales, actualmente en uso, para varias unidades estratigráficas del Cretácico Inferior en Colima: Pano (1975) designó a la Formación Madrid, que Parga (1977) redefinió con cinco miembros; Pimentel (1980) nombró a las formaciones Alberca y Tepalcatepec, Rodríguez (1980) a la Formación Tecalitlán. El contenido fosilífero de los estratos de esta región se ha centrado en la descripción de macrofauna bentónica (Buitrón, 1973, 1986; Buitrón y Rivera-Carranco, 1985; Alencáster, 1986; Alencáster y Pantoja-Alor, 1986; García-Barrera y Pantoja-Alor, 1991; Alencáster y Pantoja-Alor, 1996; Buitrón y López-Tinajero, 1996; Corona-Esquivel y Alencáster, 1996; Buitrón y Gómez-Espinosa, 2003) y foraminíferos bentónicos (Ayala-Castañares, 1960; Gamper, 1969; Meza, 1980; Cuevas-González, 1982; Omaña y Pantoja-Alor, 1998; Omaña, 2004; Omaña *et al.*, 2012), pero son limitados los reportes sobre la presencia y descripción taxonómica de ammonites y foraminíferos planctónicos (Burckhardt, 1930; Cuevas-González, 1982; Corona-Esquivel y Henríquez, 2004; Rosales-Franco y Rodríguez-Lara, 2008). Son numerosas las localidades que describen los conjuntos fosilíferos bentónicos, pero son pocas las referencias que hay para ubicar fósiles de organismos planctónicos y/o neotónicos. Estos contenidos faunísticos vinculados con la litoestratigrafía permiten hacer reconstrucciones paleoambientales y paleogeográficas generales, pero se requieren obtener datos adicionales para conocer con mayor detalle la evolución geodinámica del intervalo Aptiano-Albiano.

Este trabajo describe la morfología de un ammonites encontrado en la Formación Madrid y se discute la relevancia que tiene el fósil en el contexto del depósito sedimentario regional. La sección estratigráfica que se estudió (Figura 1) se ubica en la porción norte de la Sierra de los Libros, entre los poblados de Coquimatlán y Jala, Estado de Colima, situada en las coordenadas UTM 622072 m Norte y 2117976 m Oeste. El método de trabajo consistió en la medición y descripción litológica de una sección estratigráfica en la base de la Formación Madrid, con obtención de muestras de mano para el estudio de microfósiles y macrofósiles (ammonites).

2. Litoestratigrafía

En general, la sucesión estratigráfica que aflora en la Sierra de los Libros se compone, de la base a la cima, por siliciclásticos arcócosos, cuya base está cubierta y su espesor es mayor a 200 m, estos estratos se correlacionan con la

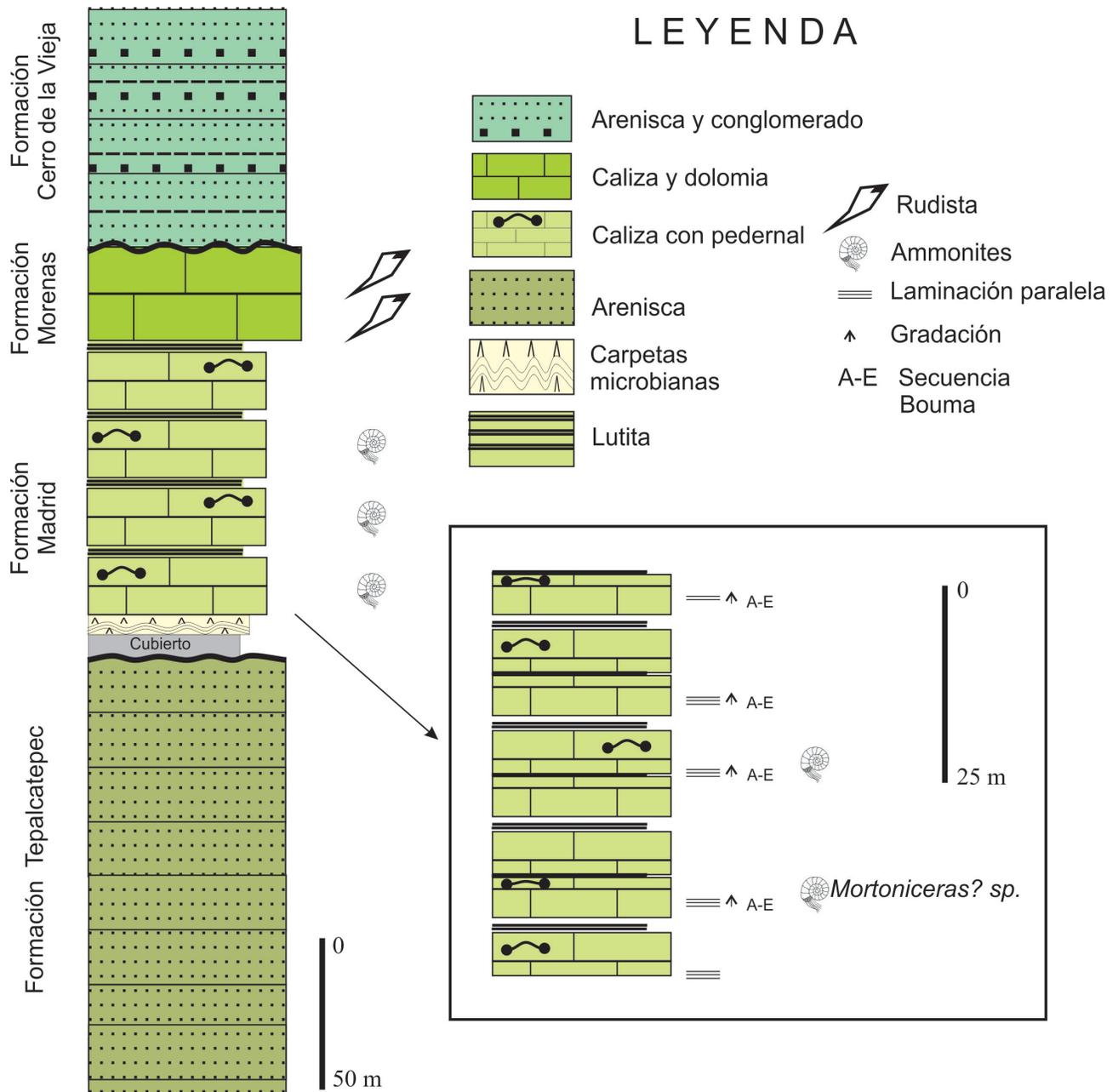


Figura 1. Columna estratigráfica generalizada del área y en recuadro sección a detalle del intervalo en que se encuentra el ammonites descrito en este trabajo.

Formación Tepalcatepec. Ascendiendo estratigráficamente y en aparente discordancia sobre la Formación Tepalcatepec, se presenta un espesor de 0.50 a 1.5 m, compuesto por intercalaciones de carbonatos con laminaciones microbianas y yeso que exudan aceite vivo. Estos depósitos pasan en transición rápida a caliza de tipo *mudstone* y *wackestone* con foraminíferos planctónicos, con laminaciones compuestas por packstone de bentónicos y planctónicos, de color gris oscuro, en capas de 5 a 20 cm de espesor, con una potencia mayor a 100 m de espesor, pero la deformación de las capas con pliegues métricos angulares muy estrechos y

disarmónicos no permite hacer una medición del espesor real de la sección estratigráfica que constituye a la Formación Madrid (Figura 2). En sucesión ascendente aparece yeso y caliza con rudistas, con capas gruesas a muy gruesas y 70 m de espesor estimado, a las que se les ha denominado de manera informal como formación Morenas (Aguayo, 1983). Estos estratos subyacen en discordancia paralela a arenisca de grano medio, con conglomerado intercalado, que corresponden a la Formación Cerro de la Vieja, del Cretácico Superior, con más de 150 m de espesor. La actitud estructural general del rumbo de las capas es NW-



Figura 2. Capas delgadas de caliza que forman pliegues angulares métricos. Persona de escala 1.60 m de altura.

SE y echado sub-vertical variable, dispuestos en un pliegue anticlinal de 10 km de longitud y 3 km de amplitud, con su eje orientado NW35°SE.

La descripción litoestratigráfica a detalle en donde aparece el ammonites, objeto de este trabajo, está formado por caliza *mudstone* y *wackestone* de radiolarios, foraminíferos planctónicos (*Favusella hedbergellaeformis*) y calciesferúlidos (*Calcisphaerula innominata*), entre otros microfósiles, pero estas capas presentan numerosas laminaciones de *wackestone* y *packstone* que concentran fósiles bentónicos (*Nezzazata* sp., *Rumanoloculina* sp., fragmentos de moluscos, algas, etc.). Estas laminaciones de microfósiles, del orden de centímetros de espesor, se observan en repeticiones cíclicas que pasan de grano grueso en la base, a grano fino en la cima, continúan con estratificación cruzada y terminan con estructuras de flama y laminación paralela de lutita con los microfósiles planctónicos descritos anteriormente y estas sucesiones en conjunto, se equiparan con secuencias de tipo Bouma (Figura 3). Entre los estratos de caliza hay capas laminares de marga, con espesor delgado y en la caliza hay lentes de pedernal negro, también están presentes fragmentos de tallos carbonizados, varias impresiones de ammonites se observan embebidas en la roca, pero su recuperación es difícil de obtener y el estado de conservación varía de regular a mala. En general las rocas descritas tienen color gris medio a gris oscuro. La descripción taxonómica de los microfósiles bentónicos y planctónicos, así como el análisis de las microfácies de esta unidad lítica en la localidad estudiada, son elementos de un estudio en preparación que salen de los alcances del presente trabajo.

3. Métodos

El ammonites está conservado en forma de molde externo. Debido a ello a partir del molde externo natural

con material de impresión odontológica, empleando silicona de condensación de la marca Optosil, se realizaron varios moldes internos del que se seleccionó el mejor (Figura 4C).

4. Paleontología sistemática

Familia Brancoceratidae Spath, 1934
Subfamilia Mortoniceratinae Douvillé, 1912

Género *Mortoniceras* Meek, 1876

Mortoniceras? sp.
Figuras 4 y 5

Material. El ejemplar está conservado en una caliza mayoritariamente en forma de molde externo. La zona más próxima a la apertura se conserva en forma de molde interno y la concha ha sido parcialmente recristalizada a calcita en dicha parte (Figura 5). El ejemplar estudiado y su molde se hallan depositados en el Museo María del Carmen Perrilliat, Colección Nacional de Paleontología, en el Instituto de Geología de la UNAM (=Universidad Nacional Autónoma de México) en la Ciudad de México, México con el número IGM (=Instituto Geológico de México) IGM 11405.

Descripción. Concha de pequeño tamaño con un diámetro máximo de 37.28 mm. Flancos aplanados con la región ventral apenas visible pero también aplanada confiriéndole esto un borde ventrolateral anguloso. Ammonite evolutivo con una ornamentación constituida por costillas robustas, rectilíneas y ligeramente retroversas. Hacia la apertura de la concha dichas costillas se tornan ligeramente flexuosas. Se pueden reconocer patrones de costillas que se agrupan de dos en dos en forma de V estando su zona de unión en la parte inferior del flanco. En todas las costillas visibles se observa que el grosor de las mismas no varía en todo el flanco. Es posible apreciar la presencia de tubérculos umbilicales y ventrolaterales muy incipientes. Los tubérculos ventrolaterales se manifiestan como leves ensanchamientos de las costillas en dicha posición. Los tubérculos umbilicales son únicamente apreciables en el molde interno natural donde la concha ha sido parcialmente recristalizada a calcita.

Discusión. La identificación de este ammonites es problemática debido a la mala conservación del ejemplar ya que apenas conserva la región ventral. Ello nos ha llevado a comparar el ammonite aquí estudiado con varios géneros del Albiano tardío que muestran claras similitudes morfológicas. Debido a la existencia de un reporte en el Albiano de Colima de *Hysterocheras* sp., se comparó este género con el ejemplar colectado. Nuestro ejemplar no puede ser atribuido a dicho género debido a que las costillas no se ensanchan hacia el tercio superior del flanco tal como suele suceder con la mayoría de las especies del género *Hysterocheras* (e.g. Förster, 1975, lám. 11, fig. 5; Renz, 1982, lám. 11, fig. 6; Lehmann *et al.*, 2007, fig. 111; Lopez-Horgue *et al.*, 2009,

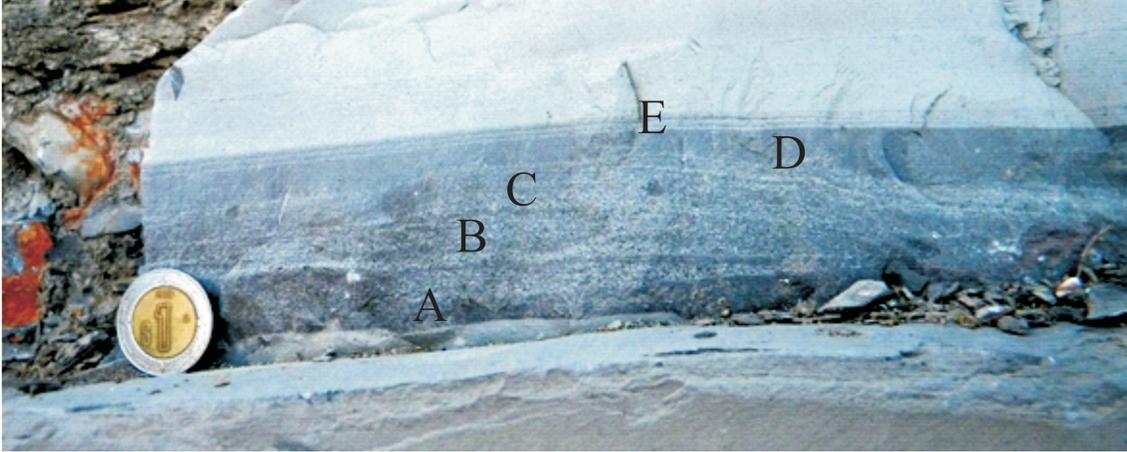


Figura 3. Sucesión Bouma (A-E) en caliza, con grano grueso *packstone* de bentónicos en la base, grano-decrece a *packstone* de grano fino en la cima y pasa a estratificación laminar cruzada, con rizaduras, culmina con lodo calcáreo *wackestone* de planctónicos. Escala moneda de 2 cm de diámetro.

fig. 7J y L; Gale *et al.*, 2011, figs. 17D y K; Tajika *et al.*, 2017, figs. 7S, T, AJ). A lo anterior se suma que la mayoría de las especies de *Hysterocheras* muestran costillas bastante flexuosas (*e.g.* Braga *et al.*, 1982, lám. 2, figs. 4–5 y 8; Renz, 1982, lám. 11, figs. 6–11; Lopez-Horgue *et al.*, 2009, fig. 6E; Gale *et al.*, 2011, fig. 17I) mientras que en el ejemplar aquí estudiado dominan las costillas rectilíneas y, además, el ammonites aquí estudiado presenta tubérculos umbilicales y ventrolaterales incipientes que no están presentes en el género *Hysterocheras*. El género *Prohysterocheras* puede ser descartado también porque sus costillas se ensanchan en el tercio superior del flanco (*e.g.* Förster, 1975, lám. 15, fig. 1a) y su ausencia de tubérculos. El género *Cantabrigites* difiere del ammonites de Colima al poseer bullas y tubérculos bien desarrollados en el flanco a tamaño similar al ammonites aquí estudiado junto con una costulación que suele ser bastante flexuosa, aunque en algunas especies es bastante rectilínea (*e.g.* Kennedy, 2004, figs. 7A–E, figs. 10A–R, figs. 12A–W; Tajika *et al.*, 2017, figs. 7AG y AL). En cambio, el género *Mortoniceras* es el que muestra más similitudes con el ammonites de Colima. A tamaños similares posee una ornamentación bastante rectilínea y retroversa (Kennedy *et al.*, 1999, figs. 4, 3 y 4) con tubérculos umbilicales y ventrolaterales incipientes. A un tamaño algo mayor estas características siguen estando presentes, pero empiezan a aparecer los tubérculos y bullas bien desarrolladas que caracterizan los estadios ontogenéticos de los subadultos y adultos del género *Mortoniceras* (Kennedy *et al.*, 1998, fig. 15F). En la literatura se pueden encontrar más ejemplos de ammonites juveniles del género *Mortoniceras* que muestran las mismas características del ejemplar de Colima: costillas robustas, rectilíneas y ligeramente retroversas (Gale *et al.*, 2011, figs. 17 H y O y fig. 28 E; Benzaggagh *et al.*, 2017, fig. 11D1, fig. 12I1) y en algunos de ellos es posible también apreciar patrones de las costillas en forma de V. La familia Brancoceratidae tiene una amplia distribución en México (Böse, 1910; Burckhardt, 1930; Young, 1972, 1984; Monod *et al.*, 2000) a lo que se suma el presente reporte.

La subfamilia Mortoniceratinae es cosmopolita, con una amplia distribución en el mar Tethysiano, Boreal y Pacífico.

Implicaciones paleogeográficas. La litología vinculada con el conjunto fosilífero permite interpretar que el ambiente de depósito corresponde a una facies de cuenca carbonatada, con aporte de material detrítico fino que está formado por litoclastos y organismos bentónicos, como flujos de turbiditas, derivados de la margen de una plataforma de ambiente lagunar carbonatado, depositado durante el Albiano tardío. La distribución de cuencas, plataformas marinas y tierras emergidas durante el Albiano en México se ha mostrado de forma general (Goldhammer y Johnson, 2001). En este intervalo estratigráfico hay variaciones significativas que revelan transgresiones y regresiones, discordancias y ahogamiento de las plataformas, que han sido esbozadas en trabajos previos para algunas regiones de México (Eguiluz, 2000; Goldhammer y Johnson, 2001). Al inicio del Albiano temprano ocurrió una gran transgresión sobre varios bloques paleogeográficos altos que existieron previamente como áreas insulares, en estos bloques inicialmente se instalaron plataformas lagunares restringidas, pero al final de este tiempo las plataformas lagunares extendieron su amplitud al progradar su periferia hacia la facies de cuenca. En el Albiano medio ocurrió un pulso regresivo en el norte de México, con depósito predominante de arcilla y carbonato que ahogaron los desarrollos lagunares y dieron paso a facies de plataformas en rampa abierta y cuenca, pero no documentado con claridad en otras regiones del país. En el Albiano tardío facies de cuenca cubrieron gran parte de México, varias plataformas lagunares calcáreas continuaron su crecimiento en agradación (plataformas de Coahuila, Valles-San Luis, Córdoba, Chiapas, etc.), mientras que otras regiones emergieron (noroeste de México). Para el área de Colima la integración litológica y paleontológica realizada en este trabajo permite mejorar la distribución general de plataformas y cuencas marinas durante el Albiano tardío en México (Figura 6).

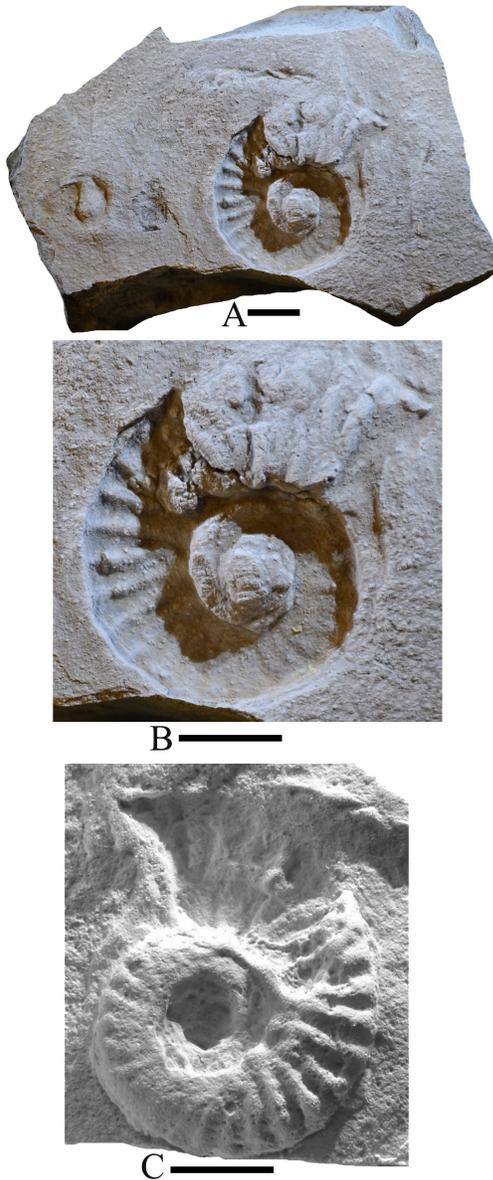


Figura 4. A: Vista general del amonites blanqueado, *Mortonicer*? sp., B: Ampliación blanqueada, C: Molde interno realizado con material de impresión odontológica. Ejemplar IGM 11405, la escala gráfica corresponde a un centímetro.

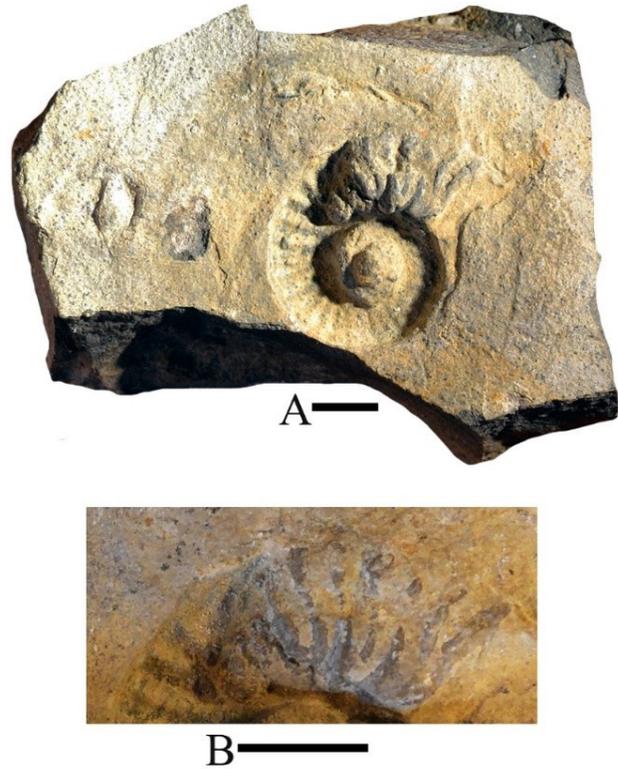


Figura 5. A: Vista general del amonites *Mortonicer*? sp. sin blanquear donde se aprecia la recrystalización en calcita de la concha en la zona próxima a la apertura. B: Ampliación, sin blanquear, de la zona del amonites con la concha recrystalizada. Ejemplar IGM 11405, la escala gráfica corresponde a un centímetro.

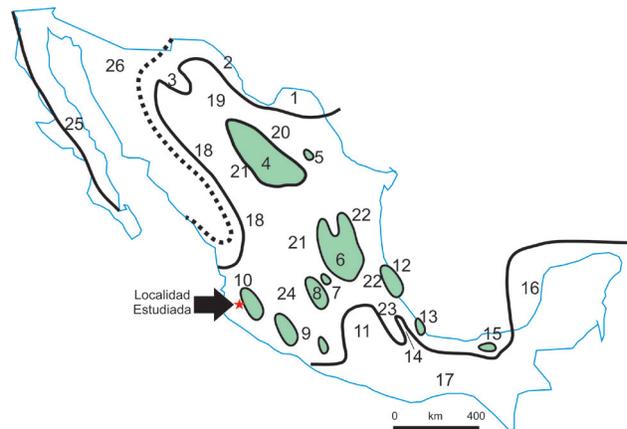


Figura 6. Distribución geográfica de facies para el Albiano tardío en México. Plataformas: 1 Maverick, 2 Texas, 3 Aldama, 4 Coahuila, 5 Monclova, 6 Valles-San Luis Potosí, 7 Banco El Doctor, 8 Actopan, 9 Arteaga, 10 Tuxpan (Jalisco), 11 Cuautla-Morelos, 12 Faja de Oro, 13 Nácar. 14 Córdoba, 15 Artesa-Mundo Nuevo, 16 Yucatán y 17 Chiapas. Cuencas: 18 Mezcalera-Arperos, 19 Chihuahua, 20 Sabinas, 21 Centro de México, 22 Tampico-Misantla y 23 Tecamachalco. Arcos volcano-sedimentarios: 24 Colima-Huetamo-Arcelia y 25 Alisitos. Facies continentales: 26 Bavispe-Cabullona. La región central y occidente de México son tectónicamente complejos, a diferencia de la región oriente con deformación moderada. Los bloques Chortis y California están desplazados de su posición original para el Albiano tardío (Eguiluz, 2000, modificado en este trabajo). Línea llena como límite entre las plataformas y cuencas, línea punteada como borde de la facies continental.

5. Conclusiones

Este trabajo hace la descripción morfológica de un ejemplar de amonites identificado como *Mortonicer*? sp., hallado en capas de caliza de la Formación Madrid en Colima. El estado de conservación del ejemplar limita identificar su especie, pero adiciona información a la bioestratigrafía de México. La litología de la Formación Madrid está constituida mayormente por caliza, pedernal y marga, contiene los microfósiles *Favusella hedbergellaformis*, *Calcisphaerulla innominata* y radiolarios, que sugieren un depósito en cuenca relativamente profunda. De forma simultánea, la cuenca

recibió detritus de organismos bentónicos (*Nezzazata* sp., *Rumanolocolina* sp.) y fragmentos de moluscos, algas y plantas proveniente de una facies lagunar, depositados en una sucesión turbidítica carbonatada. La confrontación de edad del género *Mortonicerias?* sp., con respecto a la microfauna bentónica y planctónica, son congruentes para asignar una edad Albiano tardío a la sucesión estratigráfica reportada en este trabajo. La integración de datos bioestratigráficos permite hacer una distribución geográfica más apropiada de las facies sedimentarias para el Albiano tardío en México mediante estos nuevos datos generados en el estado de Colima.

Agradecimientos

Se agradece a la Dra. Rosa María Prol Ledesma el apoyo otorgado para el uso de microscopio petrográfico. A los revisores de este trabajo M. Sc. Rafel Matamales Andreu, Dr. Miguel Company Sempere y al Ing. Javier Arellano Gil, por sus apropiadas sugerencias para mejorar lo aquí expuesto. También agradecemos el trabajo editorial de Sandra Ramos Amezcuita.

Referencias

- Aguayo, C.J.E., 1983, Integración y Análisis de la Información Geológico - Geofísica de la Cuenca Colima-Jalisco, proyecto C-114, I.M.P., 37 pp. (inédito).
- Aguilera, J.G., Ordoñez, E., Buelna, R.J., 1897, Bosquejo Geológico de México: Boletín del Instituto geológico de México, 4-6, 35 pp.
- Alencáster, G., 1986, Nuevo rudista (Bivalvia-Hippuritacea) del Cretácico Inferior de Pihuamo, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 47(1), 47-61.
- Alencáster, G., Pantoja-Alor, J., 1986, *Coalcomana ramosa* (Bivalvia-Hippuritacea) del Albiano Temprano del Cerro de Tuxpan, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 47(1), 33-46.
- Alencáster, G., Pantoja-Alor, J., 1996, New early Aptian rudists (Bivalvia-Hippuritacea) from the Huétamo Area in southwestern Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 12(2), 123-133.
- Angermann, E., 1907, Notas geológicas sobre el Cretácico en el Estado de Colima: Parergones del Instituto Geológico de México, 2(1), 29-35.
- Ayala-Castañares, A., 1960, *Orbitolina morelensis* sp. nov. de la Formación Morelos del Cretácico Inferior (Albiano) en la Región de Huétamo, Michoacán México: Paleontología Mexicana, 6, 1-16.
- Banda, R., 1880, Notas geológicas sobre el Estado de Colima: Minero Mexicano 7, núm. 7, (Avec notes sur les fossiles par A. del Castillo), 1-80.
- Benzaggagh, M., Latil, J.-L., Oumhamed, M., Ferré, B., 2017, Stratigraphic succession (Albian to lower? Cenomanian) and upper Albian ammonites and biozones from the Talerhza Basin (South Rifian Ridges, northern Morocco): Cretaceous Research, 73, 71-90.
- Boehm, G., 1898, Über Caprinidenkalke aus Mexico: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 50, 323-332.
- Böse, E., 1910, Nuevos datos para la estratigrafía del Cretácico en México: Parergones Instituto Geológico de México 3(5), 257-280.
- Braga, J.C., Company, M., García-Hernández, M., Linares, A., Rivas, P., Sandoval, J., 1982, El Albense superior en el sector de Huescar (Provincia de Granada, Cordilleras Béticas): Cuadernos de Geología Ibérica, 8, 703-720.
- Buitrón, B., 1973, Equinoides del Cretácico medio de Colima: Paleontología Mexicana, 36, 21-29.
- Buitrón, B., 1986, Gasterópodos del Cretácico (Aptiano tardío-Albiano temprano) del Cerro de Tuxpan, Jalisco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 47(1), 17-31.
- Buitrón, B., López-Tinajero, Y., 1996, Mollusk gastropods in a Lower Cretaceous rudist bearing formation of Jalisco west central Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 12(2), 157-168.
- Buitrón-Sánchez, B.E., Gómez-Espinosa, C., 2003, Cretaceous (Aptian-Cenomanian) Gastropods of Mexico and their biogeographic implications, en Bartolini, C., Buffer, R.T., Blickwede (eds.), The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation and plate tectonics: AAPG Memoir 79, 403-408.
- Buitrón, B.E., Rivera-Carranco, E., 1985, Nerineidos (Gastropoda-Nerineidae) cretácicos de la Región de Huétamo-San Lucas, Michoacán: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 46, 65-85.
- Burckhardt, C., 1930, Étude synthétique sur le Mésozoïque mexicain: Mémoires de la Société Paléontologique Suisse, 50, 1-280.
- Corona-Esquivel, R., Alencáster, G., 1996, Rudists from Peña Colorada and La Minita sulfide deposit, States of Colima and Michoacán, SW Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 12(2), 185-190.
- Corona-Esquivel, R., Henríquez, F., 2004, Modelo magmático del yacimiento de hierro Peña Colorada, Colima, y su relación con la exploración de otros yacimientos de hierro en México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 113, 97 pp.
- Cotteau, G.H., 1890, Note sur quelques Échinides du terrain Crétacé du Mexique: Bulletin de la Société Géologique de France, 3e ser. 18(4), 292-299.
- Cserna, Z. de, Palacios Nieto, M., Pantoja-Alor, J., 1978, Relaciones de facies de las rocas cretácicas en el Noroeste de Guerrero y en áreas colindantes de México y Michoacán: Revista del Instituto de Geología, 2, 8-18.
- Cuevas González, M. del C., 1982, Estudio bioestratigráfico del Cretácico Medio en un área de la Cuenca Colima-Jalisco: Revista Ingeniería Petrolera, 22(12), 5-20.
- Douvillé, H., 1900, Sur quelques rudistes américains: Bulletin de la Société Géologique de France, 28(3), 205-221.
- Douvillé, H., 1912, Évolution et classification des Pulchelliidés: Bulletin de la Société géologique de France, (4)11(1911), 285-320.
- Eguiluz, A.S., 2000, Facies del Albiano en el Norte de México, Instituto de Geología, Estación Regional del Noroeste, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuarta reunión sobre la geología del noreste de México y áreas adyacentes, Hermosillo, Sonora, Resúmenes, 29-30.
- Förster, R., 1975, Die geologische Entwicklung von Süd-Mozambique seit der Unterkreide und die Ammoniten-Fauna von Unterkreide und Cenoman: Geologisches Jahrbuch, B 12, 3-324.
- Gale, A.S., Bown, P., Caron, M., Crampton, J., Crowhurst, S.J., Kennedy, W.J., Petrizzo, M.R., Wray, D.S., 2011, The uppermost Middle and Upper Albian succession at the Col de Palluel, Hautes-Alpes, France: An integrated study (ammonites, inoceramid bivalves, planktonic foraminifera, nannofossils, geochemistry, stable oxygen and carbon isotopes, cyclostratigraphy): Cretaceous Research, 32, 59-130.
- Gamper, M., 1969, Estudio estadístico de una población de *Orbitolina*, Jalisco, México: México, Facultad de Ciencias UNAM, Tesis profesional, 72 pp. (Inédita).
- García-Barrera, P., Pantoja-Alor, J., 1991, Equinoides del Albiano tardío de la Formación Mal Paso, región de Chumbitaro. Estados de Guerrero y Michoacán: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 4, 23-41.
- Goldhammer, R.K., Johnson, C.A., 2001, Middle Jurassic-Upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of the northwest Gulf of Mexico rim, en Bartolini, C., Buffer, R.T., Cantu-Chapa, A., (eds.), The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems: Tulsa, Oklahoma, American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 75, 45-81.
- Harris, G.D., Hodson, F., 1922, The rudistids of Trinidad: Paleontographica Americana, 1, 119-162.

- Kennedy, W.J., 2004, Ammonites from the Pawpaw Shale (Upper Albian) in northeast Texas: *Cretaceous Research*, 25, 865–905.
- Kennedy, W.J., Cobban, W.A., Gale, A.S., Hancock, J.M., Landman, N.H., 1998, Ammonites from the Weno Limestone (Albian) in Northeast Texas: *American Museum Novitates*, 46, 1–46.
- Kennedy, W.J., Gale, A.S., Hancock, J.M., Crompton, J.S., Cobban, W.A., 1999, Ammonites and inoceramid bivalves from close to the Middle-Upper Albian boundary around Fort Worth, Texas: *Journal of Paleontology*, 73(6), 1101–1125.
- Lehmann, J., Friedrich, O., Luppold, F.W., Weiß, W., Erbacher, J., 2007, Ammonites and associated macrofauna from around the Middle/Upper Albian boundary of the Hannover-Lahe core, northern Germany: *Cretaceous Research*, 28, 719–742.
- Longoria, J.F., 1977, El límite Cretácico Inferior–Cretácico Superior en México basado en los foraminíferos planctónicos: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, 1(1), 5–9.
- Lopez-Horgue, M.A., Owen, H.G., Aranburu, A., Fernandez-Mendiola, P.A., Garcia-Mondéjar, J., 2009, Early late Albian (Cretaceous) of the central region of the Basque-Cantabrian Basin, northern Spain: biostratigraphy based on ammonites and orbitolinids: *Cretaceous Research*, 30, 385–400.
- Meek, F.B., 1876, A report on the invertebrate Cretaceous and Tertiary fossils of the Upper Missouri Country, *en* Hayden, F.V. (ed.), *Report of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories*, 9, LXIV + 629 pp.
- Meza, J., 1980, El género *Orbitolina* en México y su distribución estratigráfica: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 12(3), 4–33.
- Monod, O., Busnardo, R., Guerrero-Suastegui, M., 2000, Late Albian ammonites from the carbonate cover of the Teloloapan arc volcanic rocks (Guerrero State, Mexico): *Journal of South American Earth Sciences*, 13, 377–388.
- Omaña, L., 2004, Estudio micropaleontológico de una sección colectada en la Sierra de Manantlán, Colima: México, Instituto de Geología, UNAM, Informe Técnico, 9 pp.
- Omaña, L., Pantoja-Alor, J., 1998, Early Aptian benthic foraminifera from the El Cajón Formation, Huetamo, Michoacán, SW Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1), 64–72.
- Omaña, L., Centeno-García, E., Buitrón-Sánchez, B.E., 2012, Comunidades bentónicas de plataformas del Cretácico asociadas a arcos magmáticos en la parte occidental de México: *Paleontología Mexicana*, 62, 121–132.
- Ontiveros-Tarango, G., 1973, Estudio estratigráfico de la porción occidental de la Cuenca Morelos-Guerrero: *Revista de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 25(4–6), 190–234.
- Pano, A.A., 1975, Informe Geológico Prospecto Pihuamo, Michoacán, *Petróleos Mexicanos IGPR-124*, 58 pp. (inédito).
- Pantoja-Alor, J., 1959, Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Estado de Michoacán: Consejo de Recursos Naturales no Renovables (México), 50, 1–36.
- Parga, A., 1977, Informe geológico prospecto Tecomán, Colima, *Petróleos Mexicanos IGPR 144*, 42 pp. (inédito).
- Pimentel, R.A., 1980, Prospecto Soyatlán de Adentro, *Petróleos Mexicanos IGPR-191*, 65 pp. (inédito).
- Renz, O., 1982, *The Cretaceous ammonites of Venezuela*. Birkhäuser Verlag Editions Maraven, Caracas. 132 pp.
- Rodríguez F.D., 1980, Informe geológico prospecto Tecalitlán, *Petróleos Mexicanos IGPR*, 237 pp. (inédito).
- Rosales-Franco, E., Rodríguez-Lara, V., 2008, Carta Geológico Minera Colima, E13-B44, escala 1:50000, Secretaría de Economía, Servicio Geológico Mexicano, 1–80.
- Spath, L.F., 1934, A monograph of the Ammonoidea of the Gault, Part 11: *Palaeontographical Society [London] Monograph*, 443–496.
- Tajika, A., Kürsteiner, P., Pictet, A., Lehmann, J., Tschanz, K., Jattiot, R., Klug, C., 2017, Cephalopod associations and palaeoecology of the Cretaceous (Barremian–Cenomanian) succession of the Alpstein, northeastern Switzerland: *Cretaceous Research*, 70, 15–54.
- Urquiza, M., 1882, Exploración del Distrito de Coalcomán, Estado de Michoacán: *Anales Ministerio de Fomento*, 7, 195–216.
- Young, K., 1972, *Cretaceous paleogeography: Implications of endemic ammonite faunas* paperback: Bureau of Economic Geology geologic circular 72–2, 13 pp.
- Young, K., 1984, Biogeography and stratigraphy of selected Middle Cretaceous rudists of Southwestern North America, *en* Perrillat, M.C. (ed.), *Memoria del III Congreso Latinoamericano de Paleontología: México*, 341–360.

Manuscrito recibido: Octubre 25, 2019.

Manuscrito corregido recibido: Noviembre 30, 2019.

Manuscrito aceptado: Diciembre 2, 2019.

***Pliotoxaster buitronae* especie nueva (Echinoidea) del Aptiense inferior de la Cuenca del Maestrat (Península Ibérica)**

Fornier i Valls, Enric ^{a,*}

^a Ateneu de Natura, Sant Roc, 125 3r. 5a., 12004, Castelló de la Plana, España.

* fornervalls@gmail.com

Resumen

El orden Spatangoida es actualmente, dentro de Echinoidea, el grupo más diverso, con unas 350 especies vivientes y unas 1700 especies fósiles descritas. En el Aptiense el orden se diversificó. La Cuenca del Maestrat (Península Ibérica) está en el área de influencia de las placas europea, africana y la pequeña ibérica; estuvo activa desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Inferior, una fase de *rifting* relacionada con la abertura del centro y del norte del océano Atlántico. Los sedimentos depositados en la cuenca fueron elevados y plegados en el Terciario. La Cuenca del Maestrat tiene una gran riqueza de Echinoidea del orden Spatangoida, que no ha sido estudiada suficientemente. El estudio del orden Spatangoida en el Aptiense resulta especialmente interesante porque es el momento que coincide con el declinar del género *Toxaster*, que se extiende desde el Valanginiense hasta el Aptiense, justo cuando emerge el género *Pliotoxaster* (Aptiense-Cenomaniense). Quizás se produjera una sustitución entre los dos géneros y la Cuenca del Maestrat es un buen escenario para intentar comprobarlo. El objetivo inmediato de este estudio es mejorar el conocimiento de la fauna fósil de Echinoidea de la Cuenca del Maestrat. Forma parte de unos objetivos a más largo plazo. Por una parte, comprobar la sustitución del género *Toxaster* por *Pliotoxaster* y, por otra, elaborar una biozonación para la cuenca con Echinoidea, donde los Spatangoida, por su abundancia, pueden jugar un papel importante. Esta investigación es parte de un trabajo cuantitativo previo con una muestra importante (de 1.871 ejemplares), que ha permitido conocer la variabilidad intraespecífica y el comportamiento de las medidas básicas (longitud, anchura y altura) a lo largo de la ontogenia de esta especie. Disponer de muchos ejemplares con buena conservación ha posibilitado estudiar todos los caracteres significativos para la clasificación de la especie. En este trabajo se describe una especie nueva: *Pliotoxaster buitronae*, del Aptiense inferior; Formación Margas del Forcall, de Fuentes de Rubielos (Aragón, España). Se avanza en el conocimiento de la fauna de Echinoidea de la Cuenca sedimentaria del Maestrat. Se mejora el conocimiento del género *Pliotoxaster* y de los cambios que se producen dentro del orden Spatangoida en el Aptiense. Se dedica una especie a la eminente paleontóloga mexicana Blanca Estela Buitrón Sánchez, que tanto ha contribuido al conocimiento de la clase Echinoidea en México y zonas colindantes. El trabajo se ha limitado al estudio de una sola especie de Spatangoida de la Cuenca del Maestrat, pero tiene implicaciones sobre la precisión de la definición del propio género *Pliotoxaster*, y confirma la existencia de este género en la Cuenca del Maestrat durante el Aptiense inferior, en el momento que está iniciando su expansión. El estudio concluye que se considera válido el género *Pliotoxaster* y se apunta la conveniencia de hacer una corrección en su diagnosis. El sistema apical de *Pliotoxaster* puede ser tanto semietmolítico, con la placa madreporica separando las dos placas genitales posteriores (según se consideraba hasta ahora), como etmolítico, con las placas G1 y G4 en contacto, como ocurre en la especie nueva aquí descrita.

Palabras clave: Aptiense, Cuenca del Maestrat, especie nueva, *Pliotoxaster*, Spatangoida, Toxasteridae.

Abstract

*Within Echinoidea, the order Spatangoida is currently the most diverse group with about 350 living species and about 1700 fossil species having been described. In the Aptian the order is diversifying. The Maestrat Basin (Iberian Peninsula) is in the area of influence of the European, African and the small Iberian plates. It was active from the Upper Jurassic to the Lower Cretaceous, a rifting phase related to the central and northern opening of the Atlantic Ocean. The sediments deposited in the basin were elevated and folded during the Tertiary. The Maestrat Basin has a great wealth of Echinoidea of the order Spatangoida, which has not been studied sufficiently. The study of the order Spatangoida in the Aptian is especially interesting because it coincides with the decline of the genus *Toxaster*, which*

extends from the Valanginian to the Aptian, and just when the genus *Pliotoxaster* (Aptian-Cenomanian) emerges. Perhaps there is a substitution between the two genera and the Maestrat Basin is a good location to try to verify this hypothesis. The immediate objective of this study is to improve our knowledge of the fossil fauna of Echinoidea in the Maestrat Basin. There are also some longer-term objectives. Firstly, to investigate the replacement of the genus *Toxaster* by *Pliotoxaster* and, secondly, to develop a biozone for the Echinoidea basin, where the Spatangoids, due to their abundance, can play an important role. This research is based on a previous quantitative work with an important sample size (1871 specimens) that has allowed us to understand the intraspecific variability and the behaviour of the basic measures (length, width and height) along the ontogeny of the individual. Having many specimens with good conservation has made it possible to study all the significant characters for the classification of the species. This paper describes a new species: *Pliotoxaster buitronae*, from the lower Aptian, Margas del Forcall Formation, from Fuentes de Rubielos (Aragon, Spain). It advances the knowledge of the fauna of Echinoidea in the sedimentary basin of the Maestrat. Knowledge of the genus *Pliotoxaster* and the changes that occur within the order Spatangoida in the Aptian is improved. The species is dedicated to the eminent Mexican paleontologist Blanca Estela Buitrón Sánchez who has contributed so much to our understanding of the Echinoidea class in Mexico and surrounding areas. Although this work has been limited to the study of a single species of Spatangoida from the Maestrat Basin, it has implications on the accuracy of the definition of the genus *Pliotoxaster* itself; and confirms the existence of this genus in the basin in the lower Aptian, at the beginning of its expansion. The study concludes that the genus *Pliotoxaster* is considered valid and the convenience of making a correction in its diagnosis is pointed out. The apical system of *Pliotoxaster* can be both hemilytic (semi-ethmolytic), with the madreporite plate separating the two posterior genital plates (as considered so far) and ethmophract, with the G1 and G4 plates in contact, as occurs in the new species herein described.

Keywords: Aptian, Maestrat Basin, new species, *Pliotoxaster*, Spatangoida, Toxasteridae.

1. Introducción

El orden Spatangoida L. Agassiz, 1840, considerado un grupo monofilético (Villier *et al.*, 2004), es actualmente, dentro de los echinoideos, el grupo más diverso, con unas 350 especies vivientes y, también, unas 1700 especies fósiles descritas (Villier y Navarro, 2004). Este grupo, a partir del Cretácico Inferior, se diversifica rápidamente y permanece, más o menos, estable hasta la actualidad, mientras otros grupos de equinoideos irregulares, como Holasteroidea, Holecypoida y Cassiduloida, de hábitos predominantemente

epibentónicos, declinan. Casi todos los espatangoides viven enterrados en la arena o el fango y son detritívoros: ingieren el sedimento y filtran la materia orgánica que contiene. Se ha interpretado que esta innovación, la adopción de un modo de vida enterrado, es la clave del éxito del orden Spatangoida (Kier, 1974). También para Smith (1984), el hábito de vivir siempre enterrados les da acceso a nuevos recursos alimentarios y protección frente a los depredadores. La irradiación que han seguido los espatangoides durante el Cretácico se puede observar en la figura 1, donde, a partir de los datos de Villier y Navarro (2004), se han calculado los

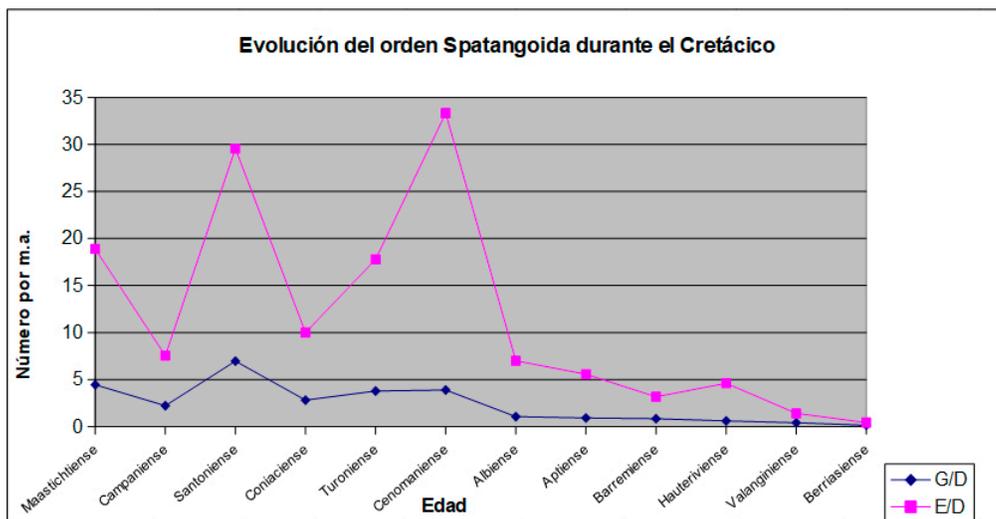


Figura 1. Diversidad de géneros y especies del orden Spatangoida durante el Cretácico. Índice G/D: número de géneros para cada edad dividido por su duración en millones de años. Índice E/D: número de especies para cada edad dividido por su duración en millones de años. Índices elaborados a partir de los datos de Villier y Navarro (2004: 267, tab. 1).

índices de género y especie por millón de años para evitar el sesgo de la distinta duración de las diferentes edades estratigráficas. Se aprecia de forma nítida un uniforme y moderado proceso de expansión durante todo el Cretácico Inferior, seguido de la explosión del Cenomaniense y de dos crisis posteriores durante el Turoniense-Coniaciense y el Campaniense. A pesar de ellas, han mantenido una alta diversidad que ha llegado hasta la actualidad.

Al género *Pliotoxaster* Fourteau, 1907, se han asignado un total de 14 especies (Lambert y Thiéry, 1909-1925; Kier y Lawson, 1978; Kroh, 2010; Fouquet *et al.*, 2018; Smith y Kroh, 2019; Zoobanc, 2019; WoRMS, 2019), distribuidas geográficamente por Europa, Oriente Medio, norte de África, América del Norte y América del Sur. Smith y Kroh (2019) indican una distribución temporal que va del Aptiense al Cenomaniense. Sin embargo, Lambert (1920) asignaba al Barremiense su especie *P. paquieri*; Fouquet *et al.* (2018) también dan como Barremiense superior a *P. wayensis* (Larraín, 1985) y *P. andinus* Fouquet *et al.* (2018), y añaden, en la distribución geográfica, a América del Sur. Sólo dos especies del total se han citado en el Aptiense: *P. brunieri* (Merian, en Desor, 1858) y *P. collignii* (Sismonda, 1843). La primera de ellas está descrita insuficientemente y la segunda ofrece dudas, tanto en la edad como en la asignación genérica. Originalmente, se incluye *P. collignii* dentro del género *Toxaster* Agassiz, 1840. La sistemática de la especie tiene una historia convulsa. Lambert (1917) creó con ella el género *Mengaudia*, para después sinonimizarlo con el género *Pliotoxaster* (Lambert y Thiéry, 1921). Smith y Kroh (2019), de forma simultánea y contradictoria, la incluyen tanto en el género *Toxaster* como en *Pliotoxaster*. Y lo cierto es que su inclusión ofrece dudas en cualquiera de los dos géneros, porque tiene los ambulacros pares poco hundidos para incluirlo en *Pliotoxaster* y, sin embargo, los poros del ambulacro III, circunflejos, claramente diferentes de los ambulacros pares, lo que complica su inclusión en *Toxaster*. Por todo ello, sería muy conveniente revisar la especie a partir del material tipo o con nuevo material de la localidad tipo o su entorno. Quizás es posible que bajo el nombre de esta especie se haya incluido y citado material de otras especies (Lambert, 1928; Villalba, 1993, 2003; Saura y García-Vives, 2012; Forner *et al.*, 2012a).

Dentro de la Cuenca del Maestrat, se da la paradoja de que, a pesar de ser el orden Spatangoida el que, con diferencia, presenta en el campo más ejemplares y, muy probablemente, mayor biodiversidad, es al que menos atención se ha prestado. En el aspecto sistemático, solo cabe apuntar un reciente trabajo en el que se describe una nueva especie del género *Heteraster* (Forner, 2018). Lambert le dedicó parte de una página (1028, p. 154) donde citaba *Toxaster collignii* (Sismonda, 1843), aunque indicaba su polimorfismo, citando hasta 5 variedades en el mismo yacimiento: Cap de Vinyet (Morella). Ello ya apunta que bajo este nombre se han englobado distintas especies. El mismo Lambert (1928) indica de una de ellas: “...un individu plus allongé, subcylindrique, à petals pairs peu

déprimés appartient à la Variété dite *Toxaster Leymeriei Cotteau (non de Loriol), dont on pourrait faire une espèce distincte*”, pero no la hizo. También informa de la existencia de un individuo con los pétalos pares más deprimidos, como es característico de *Pliotoxaster*, que, sin embargo, tiene tubérculos en las zonas interporales. Hay que indicar, a partir del conocimiento de que se dispone actualmente, que, en el yacimiento del mas del Cap de Vinyet, hay fuertes pendientes, la estratigrafía se inicia en la Formación Xert (Barremiense superior) y termina en la parte superior del miembro Margas de Cap de Vinyet (Aptiense inferior), y se suceden diversas especies de Spatangoida a lo largo de todas las capas expuestas. Villalba (1993, 2003) considera *Pliotoxaster* sinónimo posterior de *Toxaster*. Dicha autora cita para la Cuenca del Maestrat *T. collignii* y también a *T. brunneri* Mérian en Desor, 1858, que considera sinónimo del anterior. Hay que resaltar que, entre el material que estudió Mérian (Desor, 1865: 354-355) cuando describió la especie, cita dos localidades de la Cuenca del Maestrat: Fredes y un lugar indeterminado entre Alcora y Onda. Saura y García-Vives (2012) citan *Pliotoxaster collignii* del Aptiense de Allepuz (Cuenca del Maestrat), *P. amplus* (Desor, 1858), de la misma edad y localidad, y un *Pliotoxaster* sp. de la sierra de Gudar (Cuenca del Maestrat), ninguno de los cuales es la especie estudiada en este trabajo. En un estudio previo sobre la comunidad fósil del yacimiento del Río Morrón (Forner *et al.*, 2012b), donde se estudió la dinámica de la población del *Pliotoxaster* estudiado en este trabajo, ya se apuntaba la posibilidad de que pudiera tratarse de una especie nueva.

El estudio del orden Spatangoida en el Aptiense resulta especialmente interesante porque es el momento en que coincide el declinar del género *Toxaster*, que se extiende desde el Valanginiense hasta el Aptiense (Smith y Kroh, 2019), con la emergencia del género *Pliotoxaster* (Aptiense-Cenomaniense). Quizás se produjera una sustitución entre los dos géneros y la Cuenca del Maestrat es un buen escenario para intentar comprobarlo. Pero para ello se requerirá de estudios bioestratigráficos más generales. De momento, hay que completar los estudios taxonómicos sobre la fauna de Spatangoida, compleja e insuficientemente conocida. La pequeña contribución de este trabajo es en este sentido.

2. Materiales y métodos

2.1. Marco geográfico y geológico

El yacimiento de los Morrónicos, en el margen derecho del Río Morrón, está situado a 5 km al sur oeste del municipio de Cortes de Arenoso (Castelló) (Figura 2), dentro del término municipal de Fuentes de Rubielos (Teruel), y queda a unos 4 km al este del núcleo de dicho pueblo. Para más precisiones sobre la localización hay que dirigirse a la dirección general de Patrimonio Cultural de

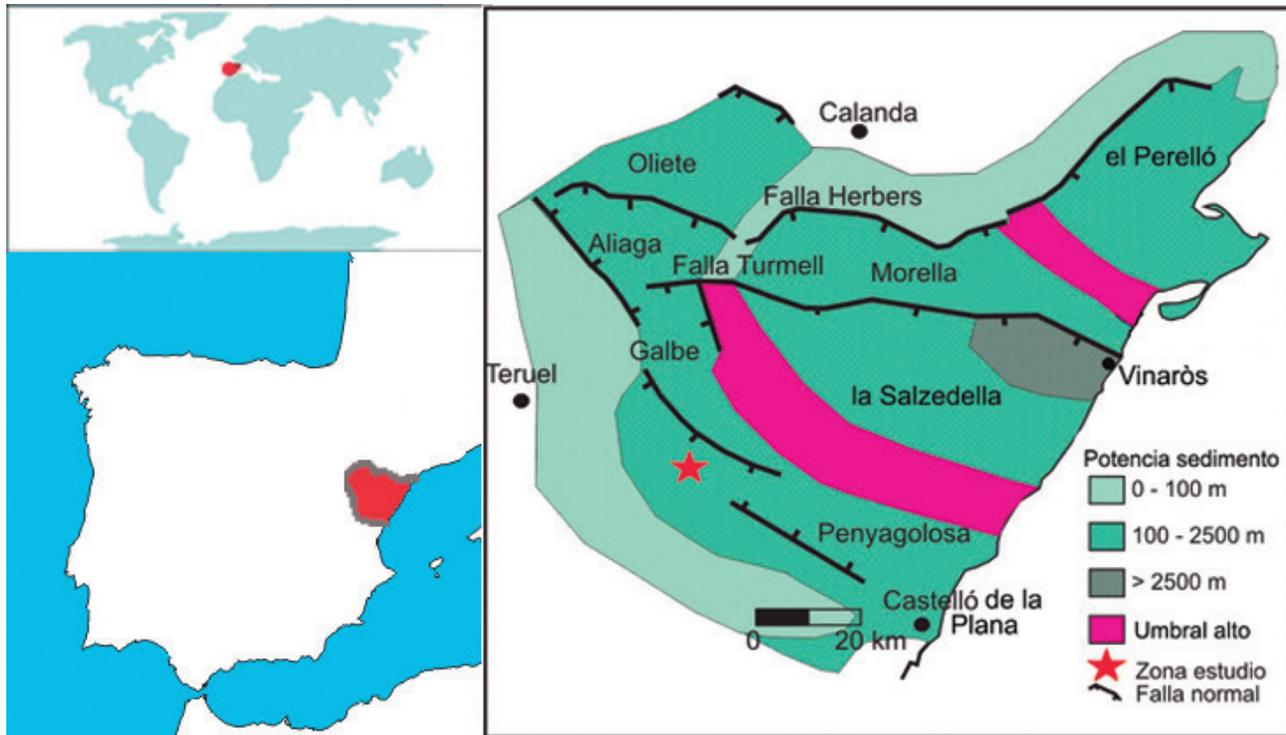


Figura 2. Localización del yacimiento de Fuentes de Rubielos dentro de la Cuenca del Maestrat, donde se ha encontrado *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. Tomado y modificado de Salas *et al.* (2001).

Aragón (patrimoniocultural@aragon.es). La zona estudiada se sitúa en la parte oriental de la cordillera Ibérica. Salas y Guimerà (1996, 1997) han definido la Cuenca sedimentaria del Cretácico Inferior del Maestrat y la han dividido en siete subcuencas. El yacimiento donde se ha recogido el material pertenece a la subcuenca del Penyagolosa. La Cuenca del Maestrat está en el área de influencia de las placas europea, africana y la pequeña placa ibérica; estuvo activa desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Inferior, una fase de rifting relacionada con la abertura del centro y del norte del océano Atlántico (Salas y Casas, 1993; Salas *et al.*, 2001). Fue plegada en el Paleógeno-Neógeno por la orogenia alpina (Guimerà, 1984).

Los materiales donde se han encontrado los equínidos corresponden a la parte superior de la Formación Margas del Forcall (Canérot *et al.*, 1982), al miembro superior Margas de Morella la Vella. Las formaciones de esta área fueron inicialmente apuntadas en la tesis doctoral de Canérot (1974), formalmente descritas en el trabajo de Canérot *et al.* (1982) y completadas por Salas (1987). Se puede consultar una visión completa y ilustrada de todo el ciclo Cretácico Inferior de la Cuenca del Maestrat en la publicación de Salas (1986). La edad del afloramiento corresponde al Aptiense inferior (Bover-Arnal *et al.*, 2016). Los estudios recientes (García *et al.*, 2014; Villanueva *et al.*, 2014) han fijado el límite del contacto entre el Barremiense y el Aptiense en la Cuenca del Maestrat en la parte más inferior de la Fm. Margas del Forcall, de

manera que la posición estratigráfica de la parte superior de la Fm. Forcall (el miembro Margas de Morella la Vella), corresponde al Aptiense inferior (Figura 3). La edad absoluta de la Fm. Forcall, según la datación por isótopos de estroncio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, es de 123,6 millones de años (123,03-124,13), tal como se desprende del trabajo de Bover-Arnal *et al.* (2016). En el nivel prospectado, donde se recogieron los equínidos (Forner *et al.*, 2012b), se recuperó también el braquiópodo *Burrirhynchia miliani* (Calzada, 1971) y el bivalvo *Plicatula placunea* Lamarck, 1819, especie que, precisamente, fue utilizada por los paleontólogos franceses (Canérot, 1974) como fósil guía para la formación, que identificaban como “Margas con *Plicatulas*” por analogía con las “Marnes a *Plicatules*” de la Cuenca de París. Estas dos especies solo se han encontrado, en la Cuenca del Maestrat, en el miembro Margas de Morella la Vella (MMV).

2.2. Material

El material se recogió en las prospecciones realizadas los días 13/07/2011 y 17/11/2012, que contaban con las autorizaciones de la dirección general de Patrimonio Cultural del Gobierno de Aragón (expediente 132/2011 y renovación). La mayor parte del material está ya depositado en el Museo Aragonés de Paleontología (MAP) de Teruel (depósitos 118/11 y 134/14). Se recogieron un total de 1.871 ejemplares del *Pliotoxaster* aquí estudiado (Forner *et al.*, 2012a y b), en 731 de los cuales se pudieron medir las tres

dimensiones básicas (longitud, anchura y altura), datos que figuran en la tabla 1. La serie tipo utilizada para su descripción está constituida por 22 ejemplares. El holotipo y los paratipos tienen los siguientes números provisionales de trabajo: 348 (holotipo); M185; M195; M182; 449; 478; M183; M193; M189; M175; M191; M188; M184; 426; M194; 316; M179; 388; 399; M179; M180; M104 y se depositarán, también, en el MAP, institución que no reserva número de registro hasta la efectiva entrada en el museo, por lo que no se pueden indicar los números de registro definitivos.

2.3. Métodos

En la sistemática, se ha seguido a Kroh y Smith (2010); se han consultado también el Treatise on Invertebrate Paleontology (Fischer, 1966) y The Echinoid Directory (Smith y Kroh, 2019). Por lo que se refiere a la terminología descriptiva y a la orientación espacial de los ejemplares, se ha seguido lo establecido en los capítulos correspondientes del Treatise (Melville y Durham, 1966; Durham y Wagner, 1966). En algún aspecto, como la denominación del tipo

de plastrón y los tipos de terminación de los pétalos se ha seguido a Villier *et al.* (2004); mientras que, en la denominación del tipo de poros de los ambulacros, se han tenido en cuenta a Smith (1980) y Villier *et al.* (2001). Los dibujos se han hecho calcando ampliaciones fotográficas en una caja de luz Huion modelo L4S. Las medidas se han tomado con un pie de rey digital, redondeando a décimas de milímetro. Las dimensiones se dan en mm. Para medir los gonoporos y los poros ambulacrales se ha utilizado un microscopio digital, Edge, Dino-Lite. Las dimensiones de los poros ambulacrales se han tomado en la parte central de los pétalos. Las medidas se han tomado como se indica en la Figura 4. Entre otras, se han tomado las siete mediciones básicas que postulan David *et al.* (1987) y François y David (2006) y las 17 que propugna Villier (2001). Además, se han medido los ángulos entre la parte posterior y la base de la testa; entre los pétalos I y V; y entre los pétalos II y III. Para establecer los ángulos entre los pétalos, se ha tomado como referencia el eje central de cada pétalo. También se ha tomado la distancia radial de los ambulacros entre la placa ocular y el ámbito; y la longitud y la anchura tanto del periprocto como del peristoma.

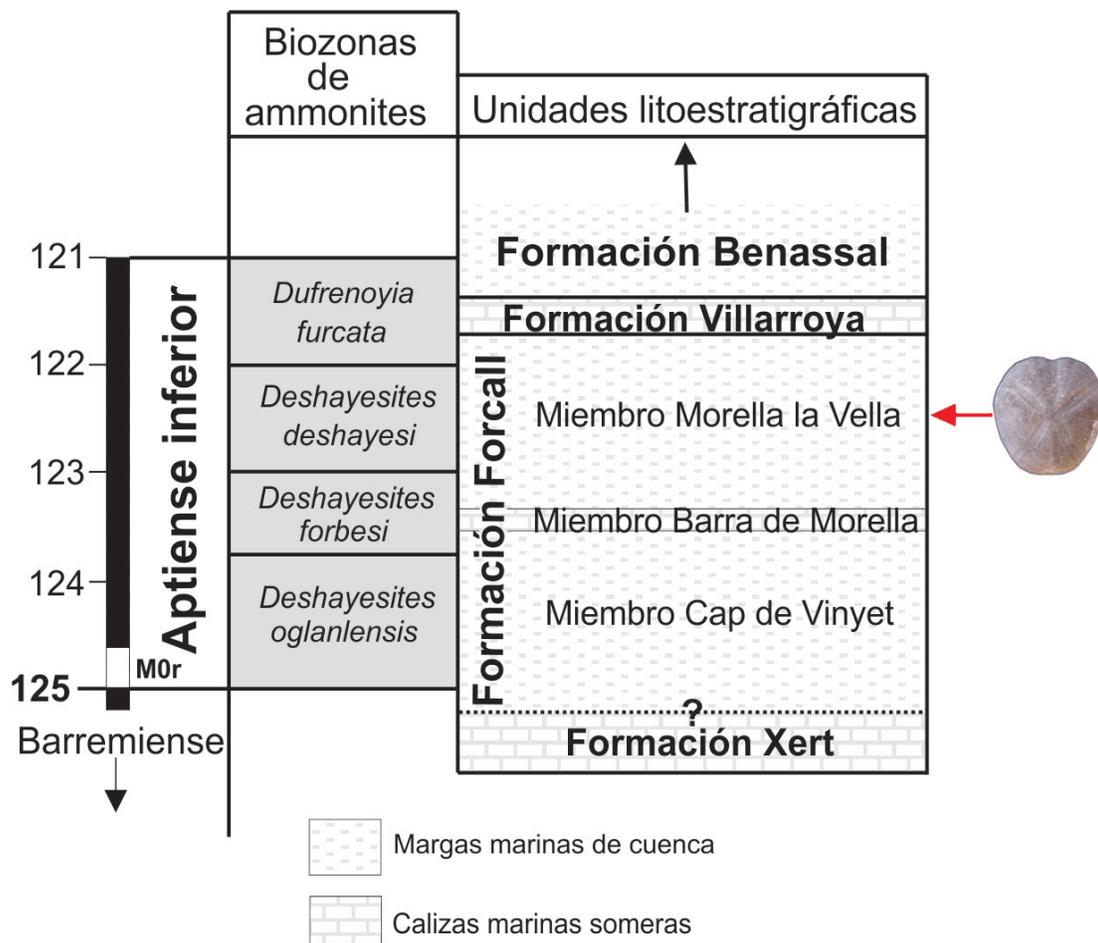


Figura 3. Posición estratigráfica del yacimiento donde se ha encontrado *Pliotoxaster buitronae* sp. nov., en la Cuenca del Maestrat. Tomado y modificado de García *et al.* (2014).

Tabla 1. Relación entre las dimensiones de la población y evolución ontogénica de *Pliotoxaster buitronae* sp. nov., del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). Tomado de Forner *et al.* (2012).

Estadio	Intervalos L mm	n	A/L	H/L	H/A
1	< 12	26	0.9	0.62	0.69
2	12 a 14.9	76	0.9	0.61	0.67
3	15 a 17.9	121	0.9	0.6	0.66
4	18 a 20.9	152	0.9	0.58	0.64
5	21 a 23.9	149	0.9	0.57	0.64
6	24 a 2.9	105	0.9	0.56	0.62
7	27 a 29.9	69	0.9	0.56	0.62
8	>29.9	33	0.91	0.53	0.58
	Total	731	0.9	0.57	0.64

3. Resultados

Sistemática paleontológica

Familia TOXASTERIDAE Lambert, 1920

Género *Pliotoxaster* Fourtau, 1907

Especie tipo *Pliotoxaster lyonsi* Fourtau, 1907

(= *Toxaster dinieri* de Loriol, 1887) por designación original.

Pliotoxaster buitronae sp. nov.

Figs. 5-11.

ZooBank LSID: urn:lsid:zoobank.org:act:9DC99706-9767-4D5B-8912-97C3E313A974

Sinonimia. *Pliotoxaster* sp. Forner *et al.*, 2012, p. 51, fig. 2.

Medidas. Las dimensiones y los índices entre ellas se recogen en la tabla 2 (para su correcta comprensión ver la figura 4).

Diagnosis. *Pliotoxaster* de talla mediana (máxima longitud 38.7 mm, para n: 827), bajo H/L: 0.57; más largo que ancho A/L: 0.90; con el sistema apical ligeramente posterior y etmofracto, las placas genitales 1 y 4 están en contacto. Ambulacros pares posteriores con pétalos de final cerrado, mucho más cortos que los anteriores (índice LpI/LpII: 60%). Ambulacros pares anteriores subpetaloides con final divergente y asimétrico: la rama anterior con los poros más cortos y redondos cerca del ápice, mientras que en la rama posterior siempre son alargados y de mayor longitud. Plastrón protamfisterno con esternales alargadas, asimétricas y con sutura oblicua; el labrum triangular acabado en cuello de botella cerca del peristoma.

Diagnosis. Medium-sized *Pliotoxaster* (maximum length 38.7 mm, for n: 827), under H/L: 0.57; longer than A/L width: 0.90; with the slightly posterior apical system and etmofract, genital plates 1 and 4 are in contact. Ambulacra posterior pairs with closed-end petals; much shorter than the anterior ones (LpI / LpII index: 60%). Ambulatory anterior pairs subpetaloid with divergent and asymmetric end: the anterior branch with the shortest pores and near the apex round, while in the posterior branch they are always

elongated and longer. Protamphisternous plastron with elongated, asymmetric and oblique suture sternal plates; the triangular labrum finished in a bottleneck near the peristome.

Descripción. La corona o testa es de tamaño medio (Tabla 1): la máxima longitud registrada fue de 38.7 mm en una muestra de n: 827 (Forner *et al.*, 2012b); la base es convexa, porque sobresale el plastrón. El contorno de la corona es cordiforme (Figura 4) y, en algunos ejemplares, ligeramente poligonal, con un surco frontal bien desarrollado que genera una escotadura con un ancho medio de 8 mm, que representa el 32% del ancho total de la testa (Tabla 2); en la vista lateral, la testa se presenta truncada en la parte posterior (con un ángulo de 70°), es más larga que ancha (A/L: 0.90), carácter que se mantiene estable a lo largo de todo el desarrollo ontogénico (Tabla 1). En cambio, la altura, que es baja para el género, va evolucionando con el crecimiento del individuo tendiendo a disminuir, de manera que la testa cada vez es más plana (Tabla 1). En la media de la muestra, el índice H/L es de 0.57 (para n: 731). La parte más ancha es anterior y situada a un tercio de dicho borde (Tabla 1). La parte más alta es posterior al sistema apical, que está hundido, y está en la dorsal del interambulacro 5. El ámbito redondeado está en la parte baja, a un cuarto de la base.

El sistema apical está ligeramente retrasado, situado a un 43% de la longitud respecto al margen posterior, tetrabasal, etmofracto: hay contacto entre las placas genitales G1 y G4. Dispone de cuatro gonoporos circulares (de unos 0.2 mm de diámetro), que presentan mayor separación entre el 1-2 y el 3-4 que entre los anteriores y los posteriores; los anteriores están ligeramente más cerca entre sí que los posteriores (Figura 8D). La placa genital 2, un poco más grande que el resto, está cubierta de hidroporos. Las placas oculares son, de forma clara, más pequeñas que las genitales; la OII, la OIII y la OIV tienen un contorno subtriangular que en cambio es subrectangular en las placas OI y OV; todas las placas oculares tienen un poro circular, de diámetro mucho menor que los gonoporos (Figura 7C). Tienen tubérculos secundarios sobre las placas del sistema apical (Figura 9B).

El ambulacro anterior está hundido desde el ápice hasta el peristoma, formando una clara escotadura en el ámbito. Sobre la superficie apical, las dos ramas son casi paralelas, y aumentan muy ligeramente en anchura entre ellas en la zona distal, con una columna uniserial de pares de poros en cada lado, idénticos. Estos poros son circunflejos, con el poro externo alargado (unos 0.3 mm de longitud, Fig. 10B) y situado de forma paralela a la sutura apical y el poro interno de forma similar, ovalada, pero inclinado respecto a la sutura horizontal (formando un ángulo de unos 110/120 grados entre ellos) y más corto de longitud (Figuras 6C; 10B). Estos dos poros están separados por una protuberancia interporal prominente (Fig. 9A). La distancia interporal es más corta que la longitud del poro interno. La zona de poros de pares circunflejos se extiende un 75% de la longitud radial entre el extremo de la placa ocular y el ámbito. El ambulacro anterior es subpetaloide y, al final, los poros pierden la

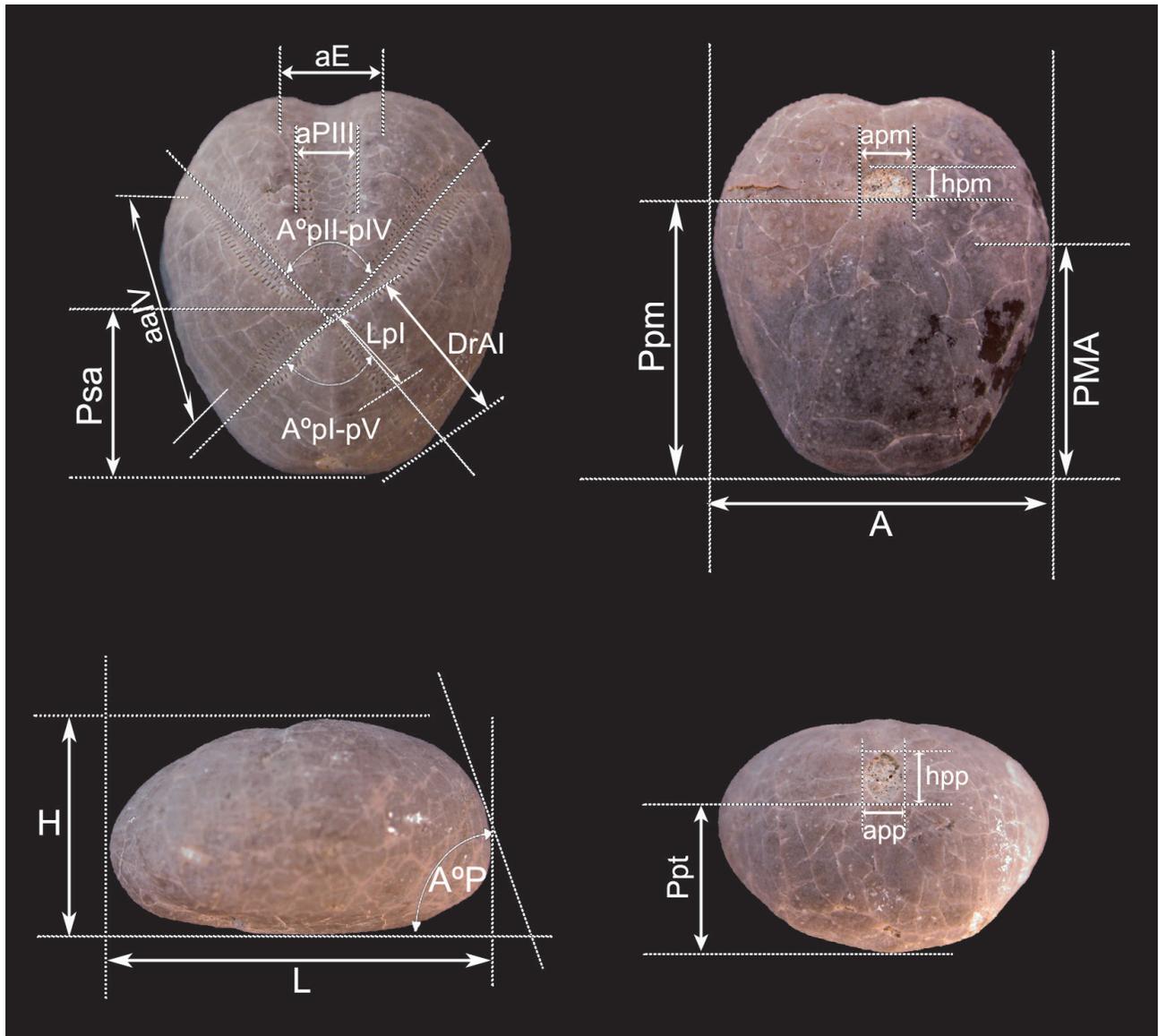


Figura 4. Medidas utilizadas en este estudio. **L**: longitud de la testa o corona; **A**: anchura; **H**: altura; **Ppm**: distancia del borde posterior del peristoma al margen posterior de la testa; **Ppt**: distancia del borde inferior del periprocto a la base; **Psa**: distancia del sistema apical (gonoporus posteriores) al margen posterior; **PMA**: distancia de la máxima anchura respecto el borde posterior; **aaII**: anchura en el ámbito del interambulacro I; **aE**: anchura de la escotadura anterior; **A°P**: ángulo, en grados, de la parte posterior con la base; **A°pI-pV**: ángulo, en grados, entre el eje del pétalo I y el V; **Lpl**: longitud del pétalo I; **DrAI**: distancia radial del ambulacro I hasta el ámbito; **aPI**: anchura máxima del pétalo I; **hpp**: altura del periprocto (vertical); **app**: anchura del periprocto; **hpm**: altura del peristoma (eje de simetría); **apm**: anchura del peristoma.

protuberancia y se convierten en un par de poros redondos, muy pequeños, casi verticales entre sí respecto al eje de simetría y más distantes entre un par y otro, y se sitúan en el ángulo adradial-adoral de la placa (Figura 6F). En el holotipo, que mide 27.3 mm de longitud, hay 23 pares de poros circunflejos. Las dos columnas de pares de poros están separadas por una zona perirradial de unos 2 mm, tan ancha como tres o cuatro veces el ancho de un par de poros, que presenta granulación secundaria y algún tubérculo primario ocasional; los tubérculos secundarios forman alineaciones horizontales perpendiculares al eje de simetría (Figura 9A).

Los ambulacros pares están hundidos en la superficie adapical. Los ambulacros anteriores son petaloides con final divergente (Figura 6E). Los pétalos se abren en un ángulo de 90 grados entre ellos y se extienden alrededor de un 78% de la distancia radial (Tabla 2); están muy ligeramente flexionados, hacia delante, en el inicio, y hacia atrás en la zona distal; son más largos, un 70%, que los pétalos posteriores, y de longitud similar al pétalo del ambulacro III. Las dos ramas son asimétricas (Figuras 6B y G; 11A y B), la anterior presenta unos poros más cortos; esto resulta más evidente cerca del ápice, donde los poros de la rama anterior

Tabla 2. Medidas en mm de *Pliotoxaster buitronae* sp. nov., del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). DE. Desviación estándar. Ver figura 4 para la comprensión de las medidas.

Medidas	Holotipo	Media	DE	n	Máx.	Mín.
L	27.3	27.42	3.18	22	33.9	21.2
A	24.5	25.28	2.79	22	30.4	19
H	16.2	16.72	1.82	22	19.9	13.1
Ppm	19.4	19.60	2.48	22	24.4	14.9
Ppt	9.3	9.18	1.40	20	10.9	4.3
Psa	9.6	11.73	1.55	22	14.3	9.6
PMA	18.1	17.59	2.27	22	23.1	14.1
H/L	0.5934	0.61	0.03	22	0.6770	0.5627
W/L	0.8974	0.92	0.02	22	0.9605	0.8886
Ppm/L	0.7106	0.71	0.02	22	0.7533	0.6853
Ppt/H	0.5741	0.54	0.06	20	0.6154	0.3162
PMa/L	0.6630	0.64	0.03	22	0.6910	0.6063
Psa/L	0.3516	0.43	0.05	22	0.4983	0.3516
aaI1	17.3	16.20	2.33	20	22.2	11.3
aaI2	8.5	9.80	1.21	21	12.5	7.6
aaI3	12	11.91	1.56	20	14.7	8
aE	8.1	8.06	1.26	21	9.6	4.5
A°P	72.3	70.17	3.57	22	79.8	64.1
A° pI-pV	78.7	67.85	7.57	22	84.6	55.6
A° pII-pIV	79.5	90.22	7.23	22	101.2	78.6
LpI	6.1	6.38	0.95	22	7.8	4.8
LpII	12.2	10.94	1.71	22	14.8	7
LpIII	12.9	11.35	1.99	22	15	7.3
DrAI	12.6	12.24	1.69	22	16.5	9.5
DrAII	16.3	14.04	2.05	22	18.8	10.6
DrAIII	17	15.13	2.30	22	19.5	10.6
LpI/DrAI	0.4841	0.52	0.05	22	0.6142	0.4200
LpII/DrAII	0.7485	0.78	0.07	22	0.9767	0.6604
LpIII/DrAIII	0.7588	0.75	0.06	22	0.8487	0.6393
aPI	2.7	2.84	0.29	22	3.5	2.4
aPII	3.2	3.30	0.40	22	4.1	2.6
aPIII	4.2	3.95	0.51	22	5.1	3.2
hpp	4.2	4.16	0.52	16	5.6	3.4
app	2.8	2.88	0.27	16	3.6	2.5
hpp/app	1.5	1.45	0.11	16	1.6	1.2
hpm	3	2.83	0.40	18	3.8	2.1
apm	4.1	3.69	0.45	18	4.8	3
hpm/apm	0.7317	0.77	0.06	18	0.8684	0.6190
LpI/LpII	0.5	0.59	0.08	22	0.7429	0.4530

acaban siendo redondos y pequeños, mientras que los de la rama posterior, aún cuando disminuyen de tamaño al acercarse al sistema apical, siempre son alargados (Figuras 6G; 11B). Esta tendencia de ambas ramas a volver a igualarse por el alargamiento de los poros de la rama anterior, es lo que Villier *et al.* (2004: 273) llaman simetría secundaria. La rama posterior tiene dos poros iguales, estrechos, en hendidura (de unos 0,4 mm en la parte central), separados por una partición interporal lisa que es aproximadamente

del mismo ancho que un poro. La rama anterior comienza con unos 10 pares de poros redondos pequeños que luego van alargándose, siendo similares en el centro del pétalo a los de la rama posterior, pero siempre más cortos que los del par equivalente de la rama posterior, como mucho la mitad. El espacio interporífero también es más estrecho en la rama anterior que en la posterior. Entre las dos ramas, la zona perirradial es lisa, desprovista de tuberculación, y de una anchura ligeramente inferior al par de poros de la

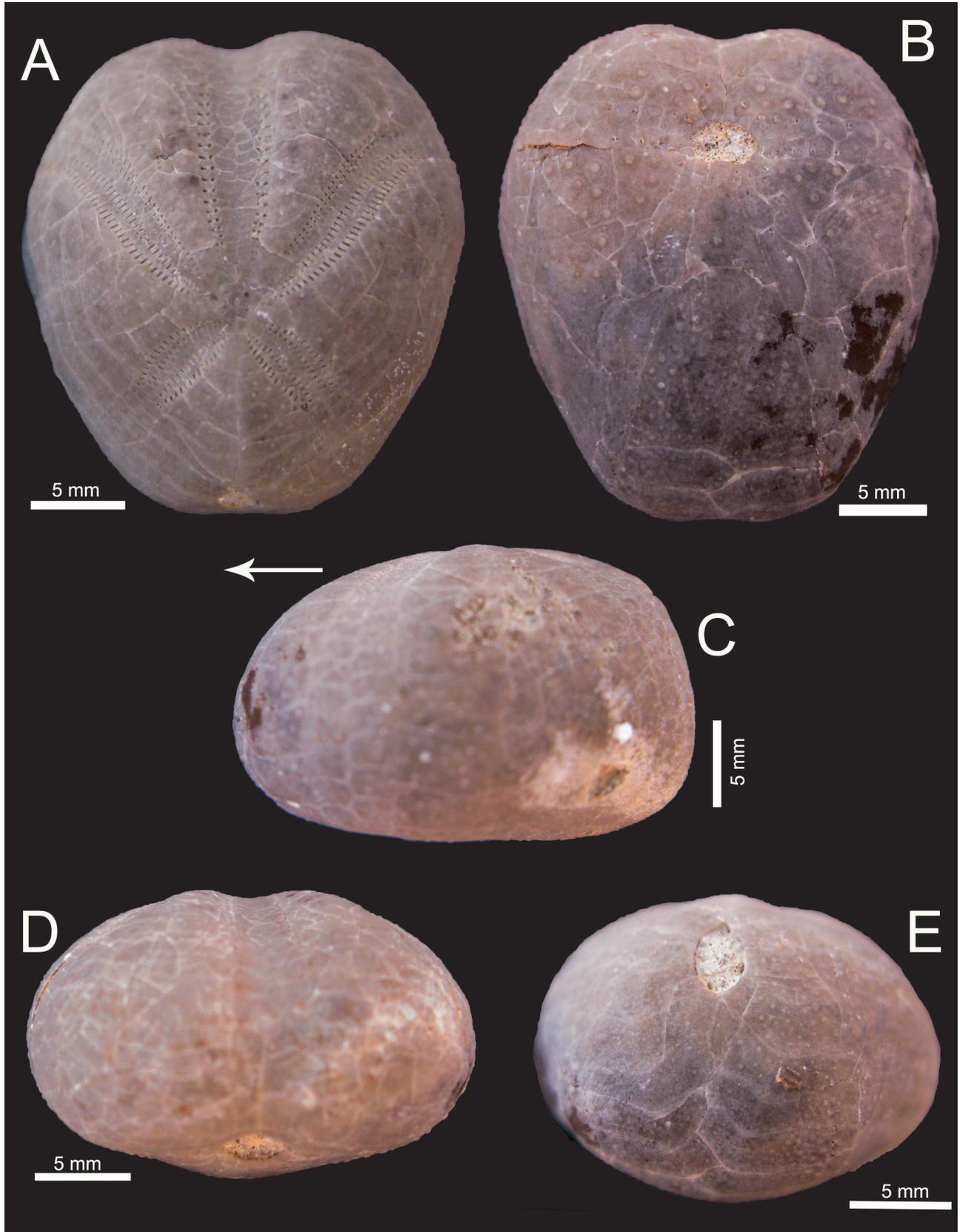


Figura 5. *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). Holotipo (MAP np 348). A: vista apical; B: vista oral; C: vista lateral; la flecha indica el sentido de la marcha; D: vista anterior; E: vista posterior.

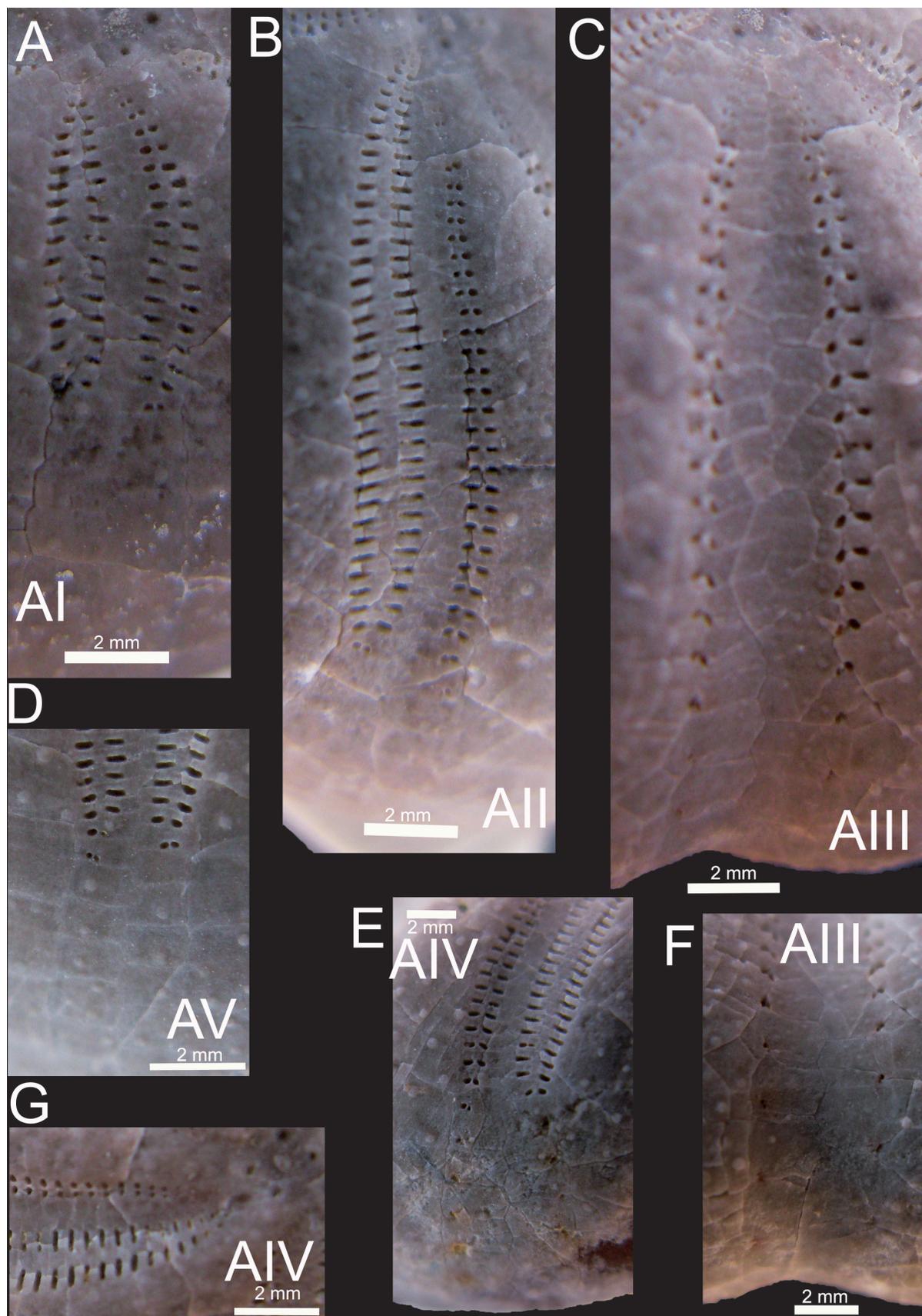


Figura 6. *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). Holotipo (MAP np 348). A: detalle del pétalo I; B: detalle del pétalo II; C: detalle del pétalo III. D: detalle final pétalo V; E: final pétalo IV; F: detalle final pétalo III; G: inicio pétalo IV.

rama posterior. Al final de los pétalos, los poros decrecen rápidamente de longitud convirtiéndose en un punto y se van inclinando oblicuamente hasta quedar casi verticales, y se alojan en la esquina adradial-adoral de la placa. Hay 34 pares de poros en el ambulacro II del holotipo.

Los pétalos posteriores divergen entre ellos en un ángulo de unos 68 grados y se extienden en un 52% de la distancia radial hasta el ámbito (Tabla 2). Están hundidos de forma clara y acaban de una forma cerrada, bruscamente, con uno o dos pares de poros más cortos y luego desaparecen totalmente (Figura 6D). La profundidad a la cual se hunden es ligeramente menor que la de los pétalos anteriores y notablemente menor que la del ambulacro anterior; hacia el ámbito, esta decrece y, en este punto, ya no se aprecia hundimiento. Las dos ramas son similares, con poros estrechos en hendidura y los externos ligeramente más cortos que los internos, separados por un espacio plano equivalente al poro más largo; el espacio entre las dos ramas es liso, sin tuberculación y casi equivalente a un par de poros (Figuras 5A; 10A). Los poros, que miden en el centro de los pétalos unos 0.3 mm, son más cortos que los de la rama posterior de los pétalos anteriores. Hay 18 pares de poros en los pétalos posteriores del holotipo.

Los interambulacros, en la superficie adapical, están un poco elevados, pero solo el 5 apunta una débil cresta. En la superficie oral, el plastrón es protamfisterno con placas esternales alargadas (H/A: 1,80), asimétricas (notablemente más grande la 5b2, rectangular, que la 5a2, triangular) y con la línea de sutura oblicua. El labrum tiene forma general triangular y la base cóncava, que contacta con las dos placas esternales. En el vértice superior, cerca del peristoma, el labio se ve constreñido por dos placas adicionales de los ambulacros I y V, en forma de media luna, que le confieren una forma en cuello de botella (Figura 7A y B). Las placas epiesternales son de tamaño similar a las preanales, que son sólo dos (Figura 7D) y el doble de anchas que de altas.

El labio presenta unos pocos tubérculos dispersos, a diferencia de las placas esternales, que están densamente tuberculadas, con areolas ligeramente hundidas. En el interambulacro 5, en la parte posterior y llegando en algún caso a la oral, se aprecian unas pequeñas protuberancias poco evidentes y que aparecen de forma asimétrica en la parte derecha en la posición de vida.

El peristoma es pequeño (unos 4 mm de ancho, que representan el 15% de la anchura de la testa), pentagonal, con las aristas redondeadas que le acaban dando un aspecto de D recostada, más ancho que alto (h/a: 0.77; Tabla 2) y con un reborde bien marcado y un poco hundido. Está ligeramente inclinado hacia delante, como se puede ver en la vista anterior (Figs. 5D; 8E), y está situado en la parte anterior, a un 27% de la longitud respecto a la parte frontal (Figs. 5B; 8B). En los filodios, hay isoporos partidos axialmente, con una protuberancia interporal en forma de puente, y que corresponden a pies ambulacrales con funciones sensoriales y de recogida de comida, según la

interpretación de Smith (1980). Hay 2 pares de ellos en el ambulacro III y 3 o 4 en el resto (Fig. 7E).

El periprocto es pequeño (el ancho solo representa, de media, el 11% de la testa), ovalado, más alto que ancho, casi un 50% (de media hpp/app: 1.45, para n: 16), apuntado en los extremos y situado en la parte alta de la superficie truncada posterior (Figs. 5E, 7D y 8F), que es aplanada o muy ligeramente deprimida, por lo que conforma un contorno posterior recto (Figs. 5C y 7C). Es visible en la vista cenital (Figs. 5A y 8A). El borde inferior del periprocto se encuentra situado, de media, a unos 9.2 mm de la base (para n: 20); el cociente Ppt/H es del 54% (Tabla 2).

La tuberculación en la superficie apical es escasa, dispersa y sin areolas por encima del ámbito. El tamaño también es menor que el de los tubérculos de la superficie oral. En los bordes de los interambulacros colindantes, pegados al ambulacro III, se observan dos franjas estrechas con mayor densidad de tubérculos. En algún ejemplar bien conservado, se observa en vista lateral, debajo de los pétalos, cierta granulación fina que no llega a conformar parafasciolas. En la superficie oral, los ambulacros posteriores no presentan tubérculos y en los tres anteriores los tubérculos son escasos y dispersos.

Diferencia con otras especies. *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. se distingue de *P. dinieri* (de Lorient, 1887), la especie tipo del Cenomaniense de Egipto y Oriente Medio, porque esta especie es más ancha, tiene el periprocto redondeado, los ambulacros anteriores más rectos y la placa G2 separa las placas genitales posteriores (Smith y Kroh, 2019), mientras que la nueva especie tiene una forma más estrecha, un periprocto alargado en el sentido del eje de simetría, los pétalos anteriores ligeramente flexionados hacia atrás en la zona distal y las placas genitales posteriores en contacto.

Se puede separar de *P. brunneri* (Merian, en Desor, 1858: 354), del Aptiense de Suiza y de la Cuenca del Maestrat (Fredes y entre Alcora y Onda), porque esta, según su autor, tiene la testa inflada y las zonas poríferas de los pétalos sensiblemente iguales, mientras que la especie nueva es baja y con los poros pares anteriores asimétricos.

La especie *P. wayensis* (Larraín, 1985), del Barremiense superior-Aptiense inferior de la Cuenca del Coloso (N Chile) es muy similar a la especie nueva, pero se puede diferenciar porque la especie americana no tiene tuberculación en la zona perirradial del ambulacro III, tiene los ambulacros pares menos deprimidos, el ángulo de los pétalos anteriores es menor, no tiene una clara asimetría entre las ramas de los ambulacros anteriores (como ocurre en *P. buitronae*) y el sistema apical es central (Fouquet *et al.*, 2018).

P. buitronae se separa de *P. andinus* Fouquet *et al.* (2018) del Barremiense superior de la Cuenca del Coloso (N Chile) porque esta especie es más grande (53.7 mm), más aplanada (H/L: 0.41 frente al 0.61 en *P. buitronae*), no tiene tuberculación ni granulación en la zona perirradial del ambulacro III y el ángulo de la parte posterior con la base

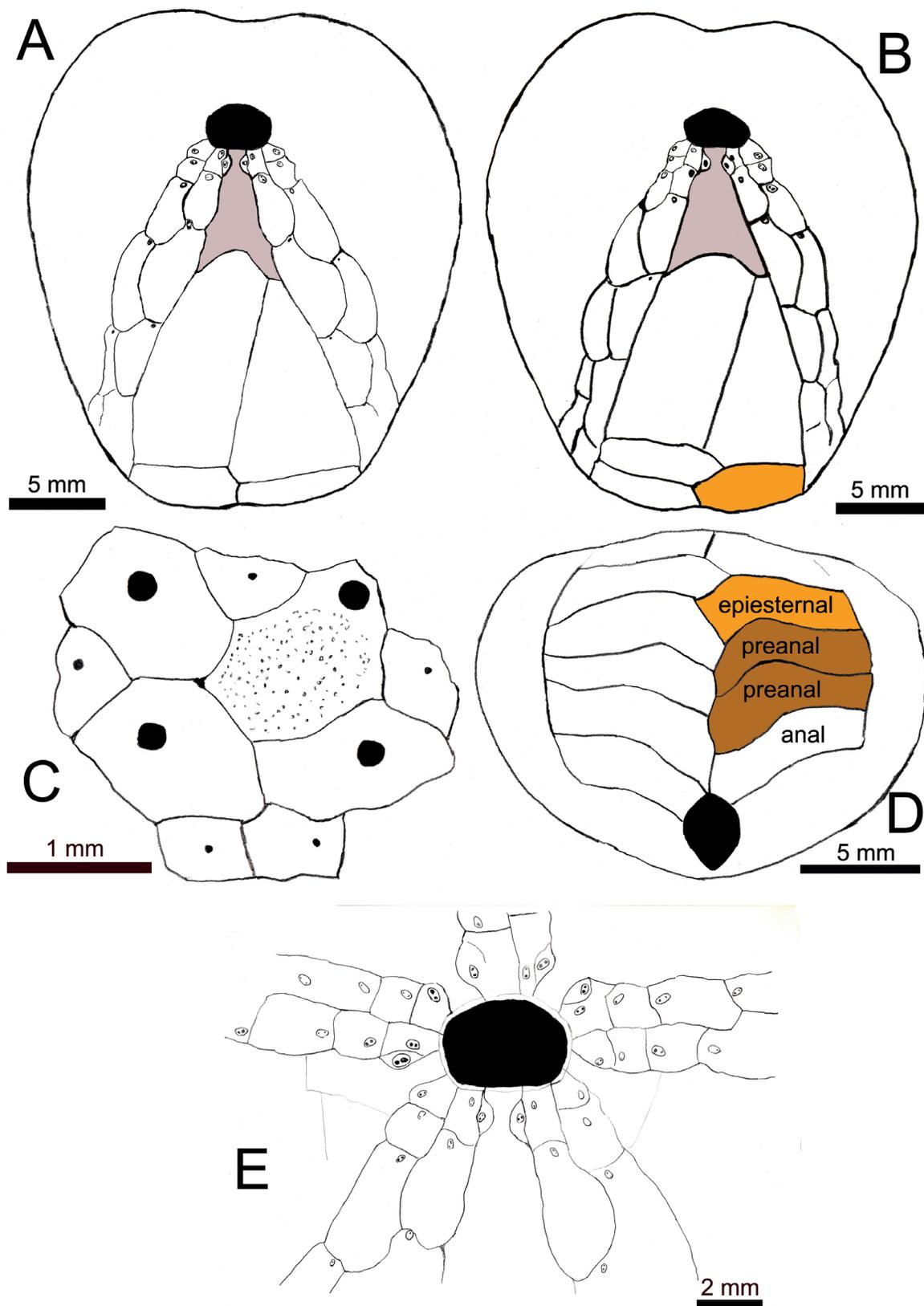


Figura 7. Dibujos de *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). A: Plastrón del paratipo MAP np 179, en gris el labrum en cuello de botella; B: Plastrón del holotipo, MAP np 348; en gris el labrum; en color calabaza la placa epiesternal; C: sistema apical del paratipo MAP np M188. D: dibujo de las placas del interambulacro 5 en vista posterior invertida del holotipo, MAP np 348; en color naranja la placa epiesternal, la misma pintada en B; en marrón las dos preanales. E: peristoma del paratipo MAP np 179.

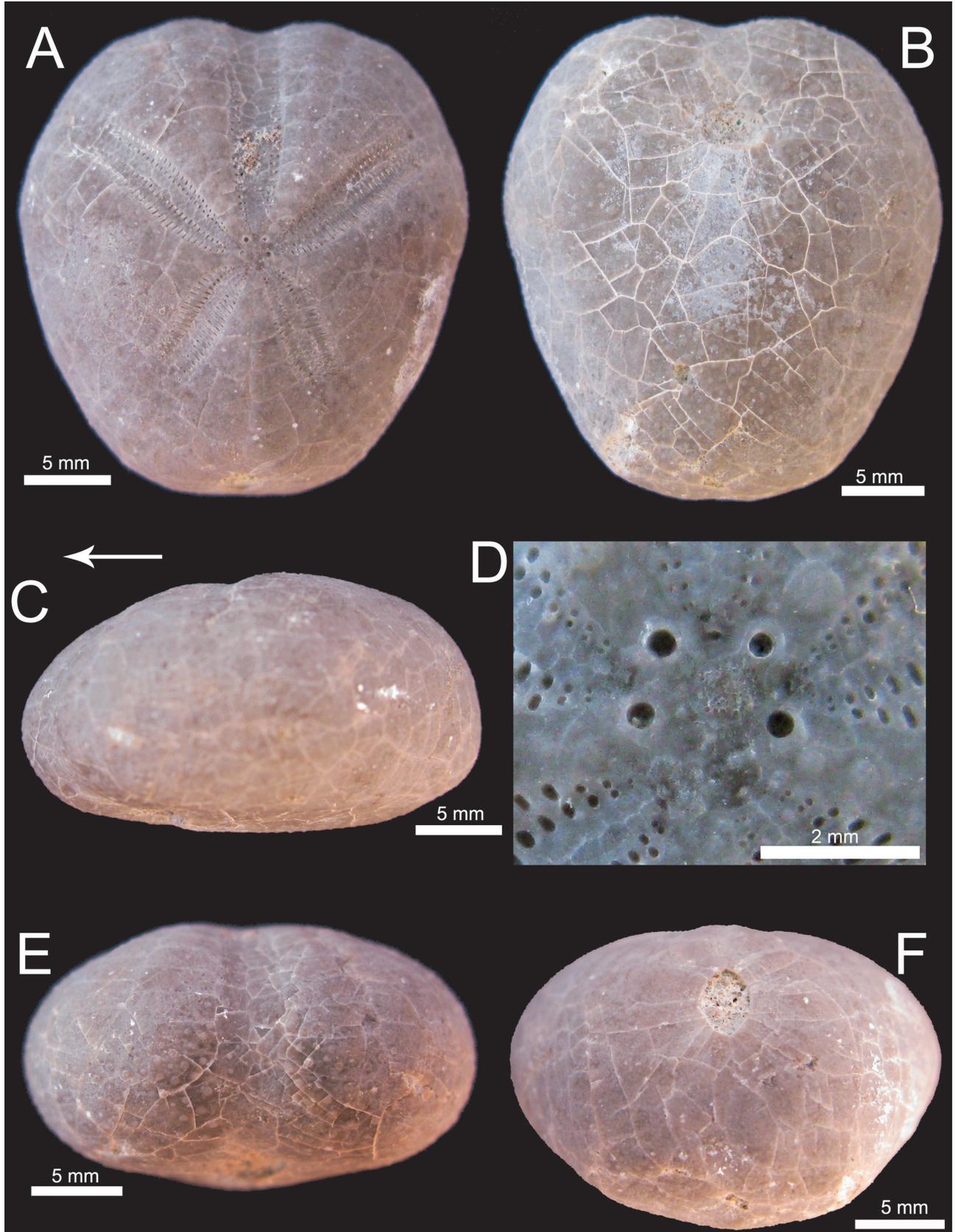


Figura 8. *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). Paratipo MAP np M185. A: vista apical; B: vista oral; C: vista lateral; la flecha indica el sentido de la marcha; D: detalle del sistema apical; E: vista anterior; F: vista posterior.

es de 90° (mientras que, en *P. buitronae*, el ángulo en que trunca es de 70°) (Fouquet *et al.*, 2018).

P. paquieri, Lambert, 1920 del Barremiense/Aptiense de Santander, difiere de *P. buitronae* ya que aquella presenta una testa más pequeña (máxima longitud 24 mm), más ancha (A/L: 0.96) y más alta (H/L: 0.67); tiene cinco carenas interambulacrales, las zonas perradiales de los pétalos pares granuladas y unos pétalos posteriores apenas deprimidos y arqueados (Lambert, 1920).

P. comanchei (Clark, en Clark y Twitchell, 1915), del Albiense inferior de Texas, aunque tiene un aspecto muy similar, se distancia de *P. buitronae* porque aquella especie es más grande y alta, tiene parafasciola (inexistente en *P. buitronae*) y la zona perradial del AIII es dos veces el ancho del par de poros, cuando en la nueva especie es de tres a cuatro veces; además, aquella no presenta asimetría en las ramas de los pétalos anteriores (Smith y Rader, 2009).

Toxaster collignii Sismonda, 1843 se diferencia de la nueva especie porque es más alta, más ancha, más globosa, tiene los ambulacros pares muy suavemente deprimidos y el sistema apical está en el centro. Se establecen diferencias con *T. collignii* porque Lambert (1917) creó con ella el género *Mengaudia*, aunque posteriormente lo sinonimizó con *Pliotoxaster* (Lambert y Thiery, 1921). Además, ha sido reiteradamente citada en la Cuenca del Maestrat por el propio Lambert (1928) y por otros autores, que la han continuado citando como *Pliotoxaster* (Saura y García-Vives, 2012; Forner *et al.*, 2012a). Sobre el uso correcto del nombre de la especie según el ICZN (2003) se puede ver Forner *et al.* (2012a).

Etimología. Dedicado a la paleontóloga la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez en reconocimiento a su trabajo sobre equinodermos de México.

Tipos. Holotipo: en el Museo Aragonés de Paleontología (MAP) de Teruel, MAP np 348. Los números de los restantes 21 paratipos, que también serán depositados en el MAP, ya se han indicado en el apartado de material.

Localidad tipo. Yacimiento de los Morronicos en el término municipal de Fuentes de Rubielos (Teruel; España); Cuenca sedimentaria del Maestrat.

Distribución. Estratigráfica: Aptiense inferior; Formación Margas del Forcall, miembro Margas de Morella la Vella. Geográfica: únicamente se conoce la localidad tipo.

4. Discusión

Atendiendo a que la especie nueva tiene los pétalos pares hundidos, sin tubérculos en la zona perirradial de los mismos y el pétalo impar con poros circunflejos claramente diferentes de los que se encuentran en los pétalos pares, se la ha asignado al género *Pliotoxaster* sin dudas. A pesar de ello, se quiere indicar que Smith y Kroh (2019), en la diagnosis de este género, incluyen como característica que en el sistema apical la placa madreporica (G2) separa las placas genitales posteriores (G1 y G4) aunque no las oculares posteriores, es decir que es semietmolítico. En cambio, *P. buitronae* tiene un sistema apical etmofracto puro: las placas genitales posteriores están en contacto (Fig. 7C). No sé da importancia a este carácter, que quizás

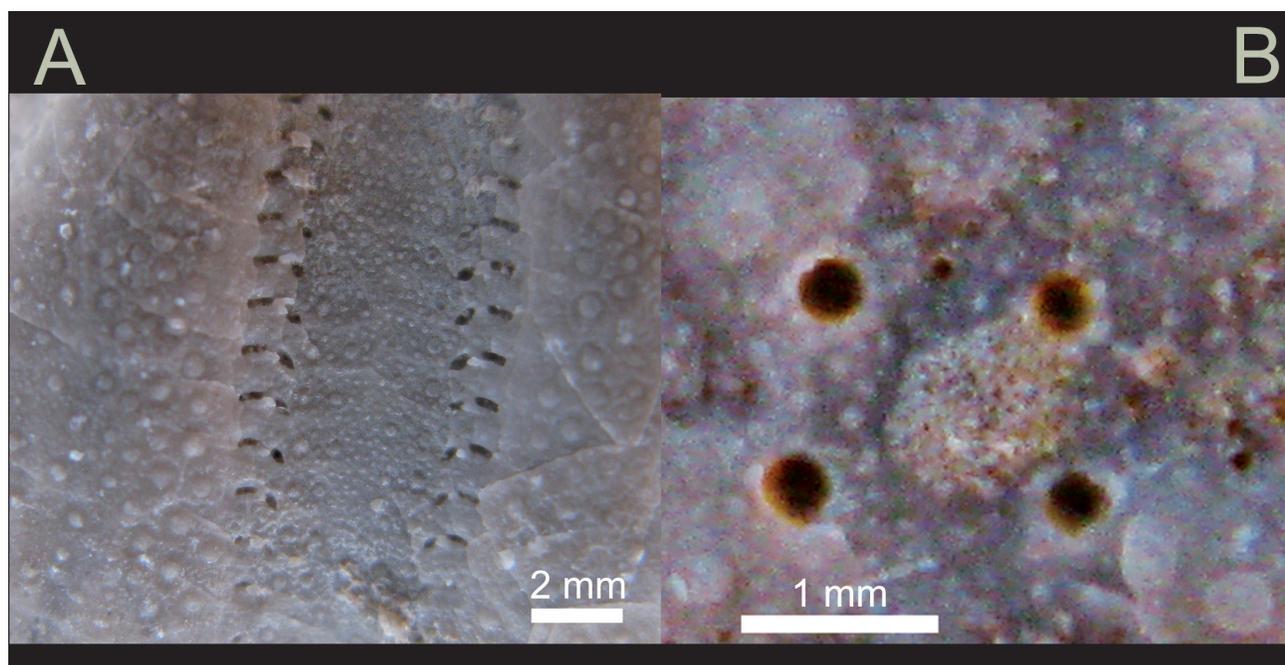


Figura 9. *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). A: detalle de la tuberculación del ambulacro III del paratipo MAP np 195. B: detalle de la tuberculación del sistema apical del paratipo MAP np M183.

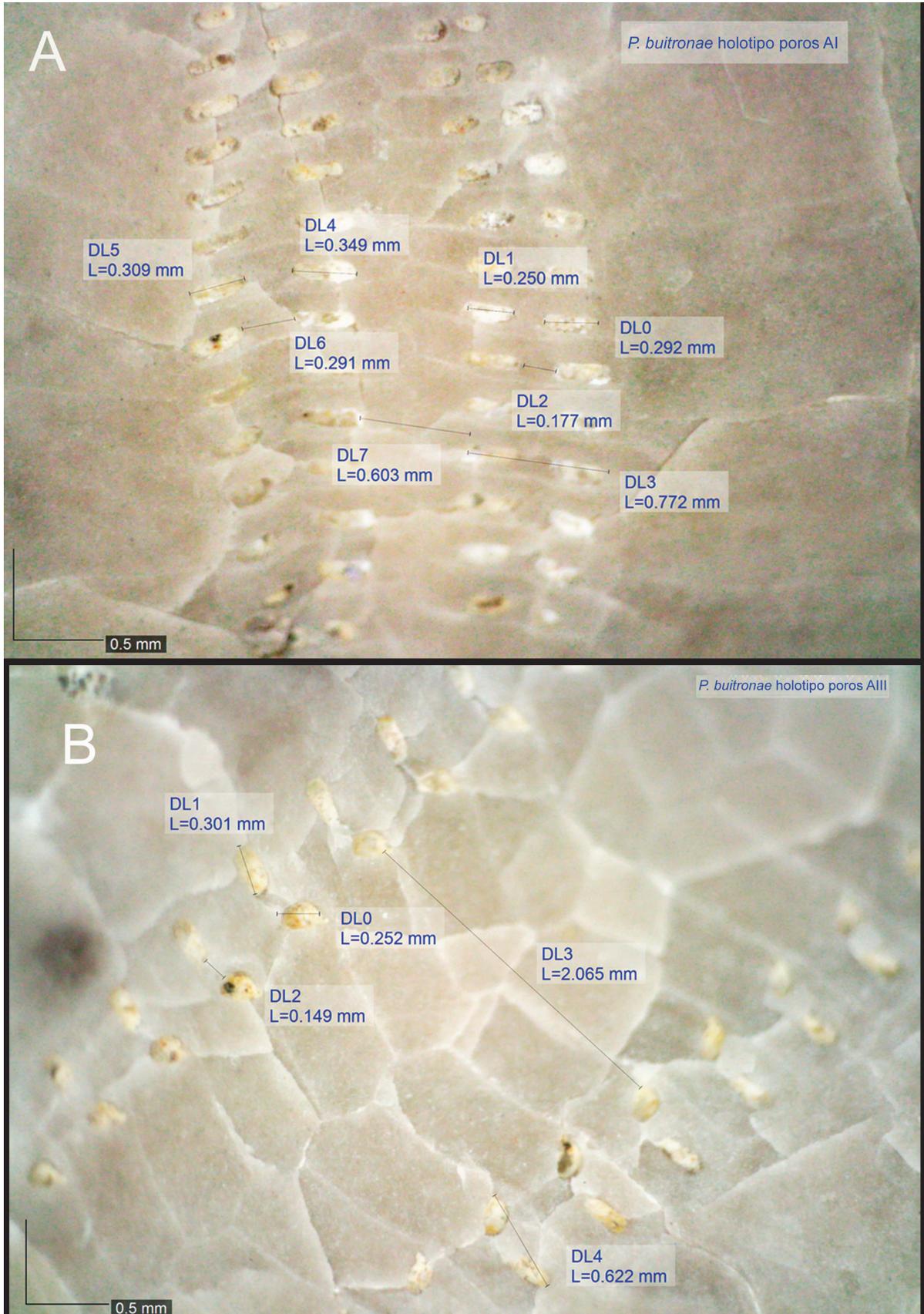


Figura 10. *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). Holotipo MAP np 348. A: detalle y medidas ambulacro I. B: detalle y medidas AIII.

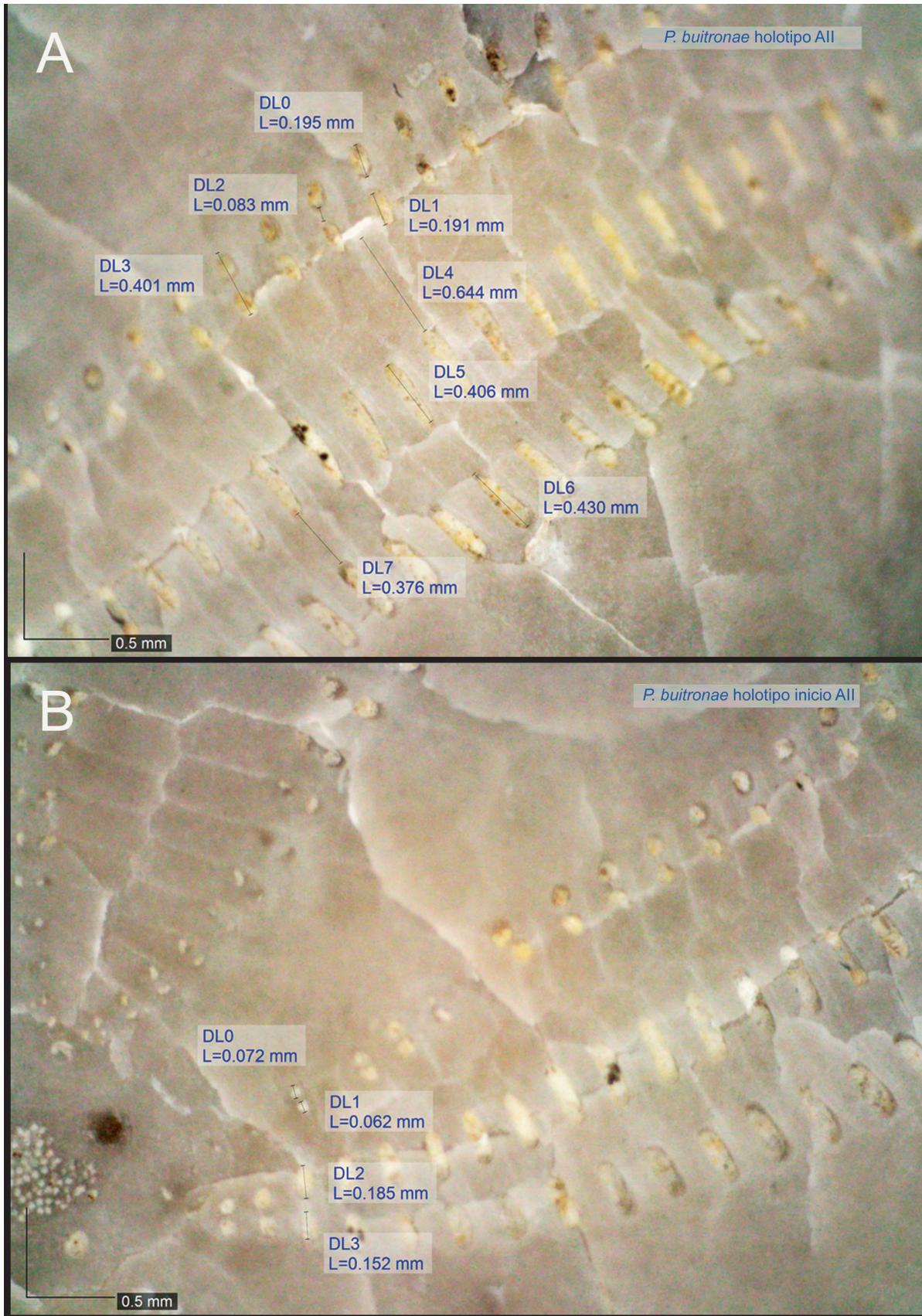


Figura 11. *Pliotoxaster buitronae* sp. nov. del Aptiense inferior de Fuentes de Rubielos (Cuenca del Maestrat). Holotipo MAP np 348. A: detalles y medidas AII. B: detalle y medidas AIII en la zona próxima al sistema apical. I. B: detalle y medidas AIII.

debiera modificarse en la diagnosis de *Pliotoxaster*, porque esta información de las especies incluidas en el género no está siempre disponible, sobre todo en las descripciones antiguas y, tal vez, el género alberga tanto especies con sistema apical etnofracto puro como semietmolítico. Los poros circunflejos de su pétalo III, claramente diferente de los pétalos pares, lo alejan de *Toxaster*; y los pétalos pares claramente hundidos y las placas genitales posteriores en contacto lo separan de *Epiaster* d'Orbigny, 1853.

Fischer (1966, p.U551) en el Treatise, considera *Pliotoxaster* un sinónimo subjetivo de *Toxaster*, pero a su vez señala que *Toxaster* es un género muy diverso y requiere subdivisiones. Villier *et al.* (2004), siguiendo a Fischer, tampoco lo consideran entre los géneros del orden Spatangoida que aparecen en el Cretácico Inferior. Para Smith y Kroh (2019), en cambio, el género es válido, posición que se sigue en este trabajo.

Ciertos caracteres de *P. buitronae*, como el sistema apical posterior y la asimetría en las ramas de los pétalos anteriores, que ya están presentes (o se apuntan de forma clara) en esta especie, son característicos del género *Heteraster* d'Orbigny, 1855.

Agradecimientos

A la dirección general de Patrimonio Cultural, del Gobierno de Aragón por las facilidades para poder hacer la prospección y recoger el material; en especial, a Juan Carlos García Pimienta, jefe del servicio de Investigación y Difusión del Patrimonio Cultural, por su paciencia y comprensión con las vicisitudes de este investigador. A la Fundació Caixa Castelló por la ayuda en el financiamiento del microscopio digital. A Vicent Gual i Ortí por su ayuda en la confección de las figuras. A Carl Nugent por la corrección de los textos en inglés. A todos los revisores que con sus correcciones y sugerencias han contribuido a la mejora del texto final.

Referencias

Agassiz, L., 1840, Catalogus systematicus Ectyporum echinodermatum fossilium: Musei Neocomiensis secundum ordinem zoologicum, Helvetia, 20 pp.

Bover-Arnal, T., Moreno-Bedmar, J.A., Frijia, G., Pasqual-Cebrian, E., Salas, R., 2016, Chonostratigraphy of the Barremian-Early Albian of the Maestrat Basin (E Iberian Peninsula): integrated strontium-isotope stratigraphy and ammonoid biostratigraphy: Newsletters on Stratigraphy, 49 (1), 41–68.

Calzada, S., 1971, *Rhynchonella lata* var. *miliani*, Bataller 1947, *Sulcirhynchia miliani* (Bataller, 1947): Acta Geològica Hispànica, 6(5), 143–146.

Canérot, J., 1974, Recherches géologiques aux confins des chaînes Iberiques et Catalane (Espagne), Thèse doct.: Toulouse, Enadimsa, Trab. de Tesis, núm. 4, 517 pp.

Canérot, J., Cuny, P., Pardo, G. Salas, R., Villena, J., 1982, Ibérico Central Maestrazgo, en García, A. (ed.), El Cretácico en España: Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 273–344.

Clark, W.B., Twitchell, M.T., 1915, The Mesozoic and Cenozoic Echinodermata of the United States: Monographs of the United States Geological Survey, 54, 1–341.

David, B., Fournier, D., Godet, H., 1987, Variations morphologiques chez *Heteraster oblongus* (Brongniart): exemple de l'Aptien inférieur de Chartreuse (Isère, France): Géologie Méditerranéenne, 14(4), 255–260.

d'Orbigny, A., 1854–60, Paléontologie Française. Terrains Crétacés. Tome 6. Echinodermes, Échinoides irréguliers: G. Masson, Paris, 596 pp, pls. 801-1006. 1-32 (July 1854); 33-64 (Oct. 1854); 65-96 (Nov. 1854); 97-128 (Jan. 1855); 129-192 (Mar. 1855); 193-208 (May 1855); 209-224 (Aug. 1855); 225-272 (Nov. 1855); 273-320 (Oct. 1856) pp. 273-352 (Oct. 1856), pp. 353-384 (1857), pp. 385-400 (1858), pp. 401-432 (1858), pp. 433-596 (1860).

Desor, E., 1855-1858, Synopsis des échinides fossiles: Paris, Reinwald, lxxviii+490 pp.

Desor, E., 1865, Synopsis des Echinides fossiles: Paris, Wiesbade, Chez Ch., Reinwald editeur, XX + 490 pp.

Durham, J.W., Wagner, C.D., 1966, Glossary of morphological terms applied to echinoids, en Moore, R.C. (Ed.), Treatise on invertebrate paleontology, Part U, Echinodermata 3: Lawrence (EUA), The Geological Society of America and University of Kansas, U251–U256.

Fischer, A.G., 1966, Spatangoids, en Moore, R.C. (ed.), Treatise on invertebrate paleontology, Part U, Echinodermata 3: Lawrence (USA), The Geological Society of America and University of Kansas, U543–U628.

Forner, E., 2018, *Heteraster guali* sp. nov. (Echinodermata: Echinoidea) de l'Aptià de la conca del Maestrat: Nemus, 8, 33–53.

Forner, E., Castany, J., Sansano, J.P., Jurado, D., Gual, V., 2012a, Dinàmica poblacional de dos equinoideus irregulars de l'Aptià de Cinctortes (conca del Maestrat): Nemus, 2, 29–39.

Forner, E., Adelantado, J., Castany, J., Castany, C., 2012b, Estudi de la població d'un equinoideu irregular de l'Aptià de la subconca del Penyagolosa (serralada Ibèrica Oriental): Nemus, 2, 47–58.

Fouquet, N., Roney, R., Wilke, H.G., 2018, Echinoid fauna from the Coloso Basin, Lower Cretaceous, and northern Chile: Ameghiniana, 55(4), 380–406.

Fourteau, R., 1907, Contribution à l'étude des échinides fossiles de la Craie Supérieure: Bulletin de l'Institut Egyptien, Serie 4, 6(3), 140–175..

François, É., David, B., 2006, Variations morphologiques des *Toxaster* (Echinoidea: Spatangoida) en regard des fluctuations spatiales (Arc de Castellane, SE France) et temporelles (Valanginien-Hauterivien) du milieu sédimentaire: expression d'un potentiel adaptatif restreint: Geobios, 39, 355–371.

García, R., Moreno-Bedmar, J.A., Bover-Arnal, T., Company, M., Salas, R., Latil, J.L., Martín-Marín, J.D., Gomez-Rivas, E., Bulot, L.G., Delanoy, G., Martínez, R., Grauges, A., 2014, Lower Cretaceous (Hauterivian-Albian) ammonite biostratigraphy in the Maestrat Basin (E Spain): Journal of Iberian Geology, 40(1), 99–112.

Guimera, J., 1984, Paleogene evolution of deformation in northeastern Iberian Peninsula: Geological Magazine, 121, 413–420.

ICZN (International Commission on Zoological Nomenclature), 2003, Codi Internacional de Nomenclatura Zoològica: Barcelona, Institut d'Estudis Catalans, 166 pp.

Kier, P.M., 1974, Evolutionary trends and their functional significance in the post- Paleozoic echinoids: Journal of Paleontology, 48(Suppl. 3), 1-95.

Kier, P.M., Lawson, M.H., 1978, Index of Living and Fossil Echinoids 1924–1970, Washington, Smithsonian Institution Press, 182 pp.

Kroh, A., 2010, Index of Living and Fossil Echinoids: Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, serie A 112, 195–470.

Kroh, A., Smith, A.B., 2010, The filogeny and classification of post-Paleozoic echinoids: Journal of Systematic Palaeontology, 8(2), 147–122.

Lamarck, J.B., 1819, Histoire naturelle des animaux sans vertebres. Volume 6: Paris, 232 pp.

Lambert, J., 1917, Echinodermes: Revue critique de Paleozoologie 3, 21 annee, 104–106.

- Lambert, J., 1920, Echinides des environs de Santander recueillis par M.L. Mengaud: Annales de la Société linnéenne de Lyon, tome 66, année, 1919, 1-32.
- Lambert, J., 1928, Note sur quelques Echinides du Crétacé d'Espagne communiqués par M. le Prof. Royo y Gómez: Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, 28, 147-157.
- Lambert, J., Thiéry, P., 1909-1925, Essai de nomenclature raisonnée des Échinides: Chaumont, Librairie L. Ferrière, 607 pp.
- Larraín, A.P., 1985, A new, early *Hemiasper* (Echinodermata: Echinoidea) from the Lower Cretaceous of Antofagasta, northern Chile: Journal of Paleontology, 59, 1401-1408.
- Loriol, P. de, 1887, Notes pour servir à l'Étude des Echinodermes, Ire. Série, fasc. II.
- Melville, R.V., Durham, J.W., 1966, Skeletal morphology, en Moore, R.C. (Ed.), Treatise on invertebrate paleontology. Part U. Echinodermata 3. Volume 1: Lawrence (USA). The Geological Society of America and University of Kansas, U220-U257.
- Salas, R., 1986, El ciclo Cretaci inferior al marge oriental d'Ibèria, en Folch i Guillèn, R. (ed.), Història Natural dels Països Catalans, Geologia I. Vol. 1: Barcelona, Fundació Enciclopèdia Catalana, 333-349.
- Salas, R., 1987, El Malm i el Cretaci inferior entre el Massís de Garraf i la serra d'Espadà. Anàlisi de conca: Barcelona, Universitat de Barcelona, tesis doctoral, 345 pp.
- Salas, R., Casas, A., 1993, Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy, and crustal evolution during the Alpine cycle of the eastern Iberian basin: Tectonophysics, 228, 150-158.
- Salas, R., Guimerà, J., 1996, Rasgos estructurales principales de la Cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental): Geogaceta, 20(7), 1704-1706.
- Salas, R., Guimerà, J., 1997, Estructura y estratigrafía secuencial de la Cuenca del Maestrazgo durante la etapa de Rift Jurásica superior-Cretácica inferior (Cordillera Iberica Oriental): Boletín Geológico y Minero, 108(4 y 5), 393-402.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A., Alonso, A., 2001, Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain), en: Ziegler, P. A., Cavazza, W., Roberston, A. H. F., Crasquin-Soleau, S. (eds.), Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins, París, Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 186, 145-186.
- Saura, M., García-Vives, J.A., 2012, Atelostomata II Spatangoida Nomochirus, 3: Onda, Associació Paleontològica i Mineralògica d'Onda, 340 pp.
- Sismonda, E., 1843, Memoria geo-zoologica sugly Echinidi fossili del Contado di Nizza, Memoria della Reale Accademia delle Scienze di Torino, 6, ser. 2, 1-71.
- Smith, A.B., 1980, The structure, function and evolution of tube feet and ambulacral pores in irregular echinoids: Palaeontology, 23, 39-48.
- Smith, A.B., 1984, Echinoid Paleobiology: London, Allen and Unwin, 190 pp.
- Smith, A.B., Rader, W., 2009, Echinoid diversity, preservation potential and sequence stratigraphical cycles in the Glen Rose Formation (early Albian, Early Cretaceous), Texas, USA: Palaeobio Palaeoenv, 89, 7-52.
- Smith, A.B., Kroh, A., 2019, The Echinoid Directory (en línea): Londres, Natural History Museum, disponible en <http://www.nhm.ac.uk>, consultada el 17 de julio de 2019.
- Villalba, M.P., 1993, Revisión de los equínidos del Cretácico Inferior y Medio Español, Tesis doctoral 1991, Facsímil autorizado y reproducido por el Servicio de Reprografía de la Editorial de la Universidad Complutense de Madrid en 1993: Madrid, Universitat Complutense de Madrid, 568 pp.
- Villalba, M.P., 2003, Los equínidos irregulares de la provincia de Castellón: Nemos, 1, 93-156.
- Villanueva-Amadoz, U., Santisteban, C., Santos-Cubedo, A., 2014, Age determination of the Arcillas de Morella Formation (Maestrazgo Basin, Spain), Historical Biology: An Internacional Journal of Paleobiology, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/08912963.2013.874422>
- Villier, L., 2001, Evolution du genre *Heteraster* dans le contexte de la radiation de l'ordre des Spatangoida (Echinoidea, Echinodermata) au Crétacé Inférieur: Dijon, Université de Bourgogne, Thèse, 248 pp.
- Villier, L., David, B., Neraudeau, D., 2001, Ontogenetic and morphological evolution of the ambulacral pores in *Heteraster* (early spatangoids), en M. Barker (ed.), Echinoderms 2000: Lisse, Swets & Zeitlinger, 563-567.
- Villier, L., Navarro, N., 2004, Biodiversity dynamics and their driving factors during the Cretaceous diversification of Spatangoida (Echinoidea, Echinodermata): Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 214, 265-282.
- Villier, L., Néraudeau, D., Clavel, B., Neumann, C., David, B., 2004, Phylogeny of Early Cretaceous spatangoids (Echinodermata: Echinoidea) and taxonomic implications: Paleontology, 47(2), 265-292.
- WoRMS, 2019, World Register of Marine Species. <http://marinespecies.org>, consultada el 24 de julio de 2019.
- ZooBank, 2019, International Commission on Zoological Nomenclature, disponible en <http://www.zoobank.org/>, consultada el 21 de julio de 2019.

Manuscript received: Octubre 25, 2019.

Corrected manuscript received: Noviembre 29, 2019.

Manuscript accepted: Diciembre 2, 2019.