



In memoriam Gloria Alencáster Ybarra 1926-2018

Blanca Estela Buitrón Sánchez^{a,*}; Pedro García-Barrera^b, Lourdes Omaña^a, Ismael Ferrusquía-Villafranca^a, Angélica Oviedo^c, Josep Anton Moreno-Bedmar^a

^a Instituto de Geología, Departamento de Paleontología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, CDMX, México.

^b Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Evolutiva, Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, C.P. 04510, CDMX, México.

^e Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, Circuito Universitario s/n, C.P. 31125, Chihuahua, México.

* blancab@unam.mx

El presente número de Paleontología Mexicana (Vol. 7, Núm. 2) se lo dedicamos a la memoria de la Dra. Alencáster (Figura 1) debido a que, entre sus numerosas contribuciones, ella fue la fundadora de esta revista en el año de 1954. La doctora Gloria Alencáster Ybarra fue una destacada académica de la Universidad Nacional Autónoma de México, con más de 60 años de servicio en nuestra universidad, llevando a cabo su labor académica en el Instituto de Geología (Figura 1). Realizó sus estudios de licenciatura y doctorado en Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM recibiendo Mención Honorífica. En 1997 fue distinguida con el título de Investigadora Emérita por la misma universidad (Figura 2). Posteriormente el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), dependiente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), le otorgó la misma distinción.

La carrera de la Dra. Alencáster inició en la Escuela Nacional Preparatoria Número 1, antiguamente ubicada en San Ildefonso, Centro Histórico de la Ciudad de México, donde desempeñó el puesto de encargada de laboratorio de 1947 a 1951 (Figura 3). Consciente de la necesidad de prepararse mejor para llevar a cabo sus labores de investigación en el área de Paleontología, estudió la Maestría en Geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Columbia, Nueva York, en Estados Unidos de América de 1953 a 1954. Ahí tuvo como maestros a los distinguidos doctores Norman D. Newell en Paleontología de Invertebrados, Marshall Kay en Estratigrafía y Theodosius Dobzhansky en Genética. Su tesis de maestría versó sobre los moluscos del Cretácico Inferior de San Juan Raya, Puebla, trabajo que fue publicado poco después (1956) en el Número 2 de la revista por ella fundada, Paleontología Mexicana. Durante sus estudios en los Estados Unidos, aprendió técnicas para la preparación y conservación del material fósil, así como fotografía especializada. El Doctor Otto Hass, Curador de la Colección de Invertebrados Fósiles del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, la concientizó sobre la importancia y cuidado curatorial de las colecciones paleontológicas. Posteriormente, esto le permitió en México iniciar el proceso de registro, catalogación y resguardo de las colecciones de fósiles que diversos geólogos mexicanos y extranjeros depositaron en el antiguo edificio del Instituto de Geología ubicado entonces en la colonia de Santa María la Ribera de la Ciudad de México, y que años más tarde se trasladaría al actual edificio del Instituto de Geología en la Ciudad Universitaria de la UNAM.

Desde sus inicios y durante toda su carrera profesional, la Dra. Alencáster realizó un sinnúmero de campañas de campo, mismas que resultaron ser fundamentales para el desarrollo de su investigación (Figuras 4–6). En 1950 inició su carrera profesional como investigadora de invertebrados fósiles en la Sección de Paleontología de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos (PEMEX), donde conoció de primera mano el alcance estratigráfico de las especies fósiles como indicadores cronológicos que permiten ubicar en el tiempo las unidades litoestratigráficas que las portan. Los resultados de las investigaciones de la doctora, fueron publicados en numerosos artículos en el Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.

Cuando la doctora Alencáster regresó de la Universidad de Columbia ingresó en 1955 al Instituto de Geología de la UNAM, donde fundó el Departamento de Paleontología. Desde sus inicios como investigadora estuvo comprometida con su trabajo y con la trascendencia de la investigación paleontológica a nivel mundial. Siempre estuvo preocupada por la escasez de paleontólogos en México y, dentro de sus logros más destacados está que con su guía, su trabajo y sus enseñanzas, formó una escuela mexicana, pues no se contaba con ningún paleontólogo en ésta ni en ninguna



Figura 1. Dra. Alencáster en su oficina del Instituto de Geología de la UNAM en el año 2003.

otra institución, con excepción del personal que realizaba trabajo de micropaleontología aplicada en Petróleos Mexicanos. Consideró la necesidad apremiante de formar un grupo de investigadores en las diversas especialidades de la Paleontología, entre las que destacan: paleobotánica, paleontología de invertebrados y vertebrados, derivado del material fósil proveniente de diversas regiones fosilíferas de nuestro país con excelentes resultados, pues trasmitió a todos sus alumnos, con gran entusiasmo, la importancia de estos estudios. Complementó su labor de investigación con la docencia impartiendo clases de Paleontología General a nivel de licenciatura de 1958 a 1968, en la Facultad de Ciencias de la UNAM y de posgrado a partir de 1969 hasta 1972 las materias sobre Paleontología y el Seminario de Investigación de Paleontología de Invertebrados en la misma entidad. Esta labor docente le permitió dirigir numerosas tesis de licenciatura y posgrado de alumnos que actualmente



Figura 2. Autoridades del Instituto de Geología con la homenajeada. De izquierda a derecha los doctores Socorro Lozano (Jefa del Departamento de Paleontología), Gloria Alencáster (Investigadora Emérita), Dante Morán (Director) e Ingeniero Rodolfo del Arenal (Secretario Académico).



Figura 3. De izquierda a derecha la Dra. Alencáster, sentada detrás del microscopio, Margarita Bravo y Teófilo Herrera revisando una estrella de mar. Escuela Nacional Preparatoria Número 1, año 1947.

se destacan como investigadores y profesores, mismos que continúan desempeñando la labor paleontológica en diversas dependencias como el Instituto de Geología, la Facultad de Ciencias, la Facultad de Ingeniería de la UNAM y en otras instituciones de México, como la Universidad de Sonora (UNISON), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) (Figuras 7–11).

Un aspecto importante y poco conocido del trabajo científico de la Dra. Alencáster, consistió en la organización del acervo paleontológico depositado en el Museo de Geología, ubicado en la Colonia Santa María La Ribera para su exhibición al público. Gestionó la preparación, conservación y catalogación del material tipo ubicado en la antigua sede del Instituto de Geología en el circuito escolar de Ciudad Universitaria para su debido resguardo. En 1974, dicho material se trasladó a la actual ubicación del Instituto de Geología en el circuito escolar de Ciudad



Figura 4. La Dra. Alencáster en San Juan Raya, Puebla, años 60 del siglo pasado.



Figura 5. Excursión geológica al Cañón de Peregrina, Estado de Tamaulipas, año 1962. De pie, de izquierda a derecha: Ralph Miller, Diego A. Córdoba Méndez, Amado Yáñez-Correa, L. Limón, Odilón Ledezma-Guerrero, Guillermo P. Salas, José Carrillo-Bravo, Carl Fries, Eduardo Schmitter-Villada, Gonzalo Ávila de Santiago, Alberto R.V. Arellano y José C. En cuclillas o sentados, de izquierda a derecha, Héctor Ochoterena, Salvador Enciso de la Vega, Zoltan de Cserna, Gloria Alencáster, César Rincón-Orta y Federico Mayer-Pérez (Modificado de Gómez-Caballero, 2005).



Figura 6. Dra. Alencáster con el Ingeniero Schmitter, años 70 del siglo pasado, estado de Querétaro.



Figura 7. Las primeras estudiantes de la Dra. Alencáster que trabajaron en la Paleontología. De izquierda a derecha Alicia Silva Pineda, Blanca Estela Buitrón Sánchez, Magdalena Reyeros Navarro y María del Carmen Perrilliat Montoya. Detrás, en pie la Dra. Alencáster. Finales de los 60 del siglo pasado.



Figura 8. Conferencia Internacional sobre rudistas en la Ciudad de México, año 1993. La Dra. Alencáster en la primera fila (4ª por la izquierda) y a su lado de la Dra. Blanca Estela Buitrón, en la segunda fila detrás a la izquierda de la Dra. Alencáster el Ingeniero Geólogo Jerjes Pantoja.

Universitaria constituyendo formalmente la Colección Nacional de Paleontología.

Entre las numerosas especialidades de la ciencia, ella eligió la Paleontología, pues quería investigar sobre los orígenes, la evolución, la distribución geográfica y las condiciones ambientales en las que vivieron los invertebrados marinos fósiles, principalmente de México. Dedicó gran parte de sus investigaciones al estudio de los moluscos bivalvos conocidos como rudistas, porque constituyen un grupo importante y dominante de la fauna marina arrecifal del Cretácico de México, cuyos datos abonaron al conocimiento de la edad relativa de las rocas carbonatadas que los contienen, pues son fósiles índice estratigráficos; también aportaron conocimientos sobre la



Figura 9. Congreso Internacional de rudistas en Francia, año 1996. La Dra. Alencáster en el centro, a la izquierda el Ingeniero Geólogo Jerjes Pantoja y a su derecha los Dres. Blanca Estela Buitrón y Pedro García.



Figura 10. La Dra. Alencáster con quienes fueran sus alumnos de posgrado, la Dra. Lourdes Omaña y el Dr. Pedro García en el jardín central del Instituto de Geología de la UNAM, año 2005.



Figura 11. XII Congreso Nacional de Paleontología en la ciudad de Puebla año 2011. De izquierda a derecha los doctores Juan Francisco Sánchez Beristain, Pedro García Barrera, Marcelo Aguilar Piña, Gloria Alencáster Ybarra, y las maestras Itzia Nieto López y Leonora Martín Medrano.

distribución de los mares tropicales del Cretácico en lo que actualmente es territorio mexicano, el Caribe, Europa y norte de África. Siendo parte sustancial en las asociaciones faunísticas que vivieron en mares tropicales, como el Mar del Tethys. Por la trascendencia de sus numerosas y valiosas publicaciones científicas y de divulgación, la Dra. Alencáster presidió los comités de eventos internacionales como el Tercer Congreso Latinoamericano de Paleontología en 1989, que se llevó a cabo en el estado de Morelos, México, y la Tercera Conferencia Internacional sobre Rudistas llevada a cabo en la Ciudad de México en 1993 (Figura 8). Asimismo, participó en la fundación de la Sociedad Mexicana de Paleontología, de la cual fue presidenta a mediados de la década de los 90's del siglo pasado.

Durante el desarrollo de su carrera participó activamente en la difusión de la ciencia, ofreciendo más de 100 conferencias en foros nacionales e internacionales. Fue miembro de una docena de sociedades científicas, incluyendo la Academia Mexicana de Ciencias, a la que ingresó por méritos en 1986. Actualmente, diversas especies y géneros descritos por diversos investigadores se han erigido en su honor, ejemplo de esto se puede encontrar en publicaciones como López-Caballero y Villaseñor (2012).

Además de su gran trayectoria académica, es importante resaltar su gran calidad humana; todos aquellos que la conocieron como alumnos, colegas, amigos, familiares o aficionados a la paleontología, la recuerdan hoy con mucho afecto y gratitud por la amabilidad y generosidad con la que siempre trató a quienes se acercaron a ella. Su paciencia para escuchar a los demás, ayudarlos en su desarrollo profesional o personal y su sinceridad en todos los aspectos, hicieron de la Dra. Alencáster una persona que deja en la memoria de todos nosotros una huella indeleble y un gran ejemplo a seguir.

La doctora Gloria Alencáster Ybarra cumplió cabalmente con las tres tareas sustantivas de la Universidad Nacional Autónoma de México: Docencia, Investigación y Difusión de la ciencia. Inspirados por semejante personalidad y trayectoria científica, desde Paleontología Mexicana pretendemos seguir honrando su legado, en el caso que nos ocupa, potenciando la revista que la Dra. Alencáster fundó en el año 1954.

Agradecimientos

Agradecer a la Dra. Iriliana López Caballero y al Maestro en Ciencias Oscar González León por sus constructivos comentarios y sugerencias.

Referencias

- Gómez-Caballero, J.A., 2005, Historia e índice comentado del Boletín del Instituto de Geología de la UNAM: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario aspectos históricos de la Geología en México, 57(2), 149–185.
- López-Caballero, I., Villaseñor, A.B., 2012, Nombres de fósiles dedicados a la Dra. Gloria Alencáster Ybarra: Paleontología Mexicana, 62, 52–57.

Manuscrito recibido: Diciembre 11, 2018. Manuscrito corregido: Diciembre 13, 2018. Manuscrito aceptado: Diciembre 13, 2018.





Nuevo registro de los caballos del Pleistoceno *Equus conversidens* y *E. mexicanus* en San Luis Potosí, México

Alejandro Hiram Marín-Leyva^{a,*}; Víctor Adrián Pérez-Crespo^b; José Ramón Torres-Hernández^c

*alexmanleyva@gmail.com

Resumen

Usando diversos elementos óseos, se reporta la presencia de dos especies de caballo del Pleistoceno en la Presita Blanca, San Luis Potosí. Un molar inferior M-2 fue asignado a *Equus mexicanus*, mientras que una l^a falange del dedo central o derecho un premolar superior 3-4 derecho y un molar superior 1-2 derecho fueron determinados como *E. conversidens*. La presencia de ambas especies en esta localidad incrementa el número de localidades potosinas donde ambos taxa se han hallado juntos. Su coexistencia en la Presita Blanca se explica por las variaciones en la dieta y hábitat que presentaban ambas especies.

Palabras clave: Equus conversidens, E. mexicanus, Presita Blanca, San Luis Potosí.

Abstract

Using several bone elements, we report the presence of two species of Pleistocene horses in Presita Blanca, San Luis Potosí Mexico. A lower second molar was assigned to <u>Equus mexicanus</u>, while a right proximal phalange, a right upper premolar 3-4 and right upper molar 1-2 were assigned to <u>E. conversidens</u>. The presence of both species in this locality increased the number of the Potosin localities where both taxa have been found. The coexistence of both species of <u>Equus</u> in Presita Blanca is explained by variations in the diet and habitat.

Keywords: Equus conversidens, E. mexicanus, Presita Blanca, San Luis Potosí.

1. Introdución

Los caballos (Perisodactyla) fueron un grupo de mamíferos que aparecieron en el Eoceno y sobreviven en la actualidad (MacFadden, 1992). En el caso de México, los registros más antiguos de este grupo datan del Eoceno, y posteriormente, durante el Cenozoico se diversificaron en múltiples géneros y especies para que finalmente, durante la transición del Pleistoceno al Holoceno, estos animales desaparecieran del territorio nacional (Priego-Vargas *et al.*, 2015).

Al ser un grupo muy diverso, ha sido objeto de diversos estudios paleoecológicos, biogeográficos y taxonómicos, estos últimos enfocados a determinar los géneros y especies válidas que habitaron en el país; por ejemplo, en el caso del Pleistoceno tardío, Alberdi *et al.* (2014) han considerado la existencia de tres especies: *Equus cedralensis, E. conversidens* y *E. mexicanus*, basados en la diferencia del tamaño corporal que hallan entre cada especie de la localidad de Cedral. Priego-Vargas *et al.* (2017) mencionan como especies válidas a las tres antes mencionadas y también a *E. excelsus, E. francisci, E. niobarensis* y *E. occidentalis.*

^a Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS), Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica S/N, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04150 CDMX, México.

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

^e Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Dr. Manuel Nava 5, Zona Universitaria, 78240 San Luis Potosí, S.L.P., México.

En San Luis Potosí se han hallado restos de équidos del Pleistoceno en la Laguna de las Cruces, asignados a *Equus* sp. y en el Cedral, las citadas más arriba (Polaco, 1982; Alberdi *et al.*, 2014). En el presente manuscrito, nosotros determinamos los restos pertenecientes al caballo del Pleistoceno hallados en la Presita Blanca incrementando de esta manera el conocimiento sobre este grupo de animales en San Luis Potosí y en general, de México.

2. Materiales y métodos

2.1. Lugar de estudio

La Presita Blanca, se ubica en el municipio de Villa de Reyes, aproximadamente 40 Km al S-SW de la ciudad de San Luis Potosí (Figura 1). La zona está dentro del Graben de Bledos, el cual pertenece a una serie de estructuras tectónicas extensionales de orientación NW-SE (grabens y semigrabens) en el Campo Volcánico de San Luis Potosí (CVSLP) (Tristán-González, 1986; Labarthe-Hernández y De La Huerta-Cobos, 1998). La estratigrafía presente en el CVSLP está constituida por una secuencia de lavas e ignimbritas de composición félsica (riolitas y dacitas) con solo escasos y aislados derrames de basalto intercalados y cuya edad es Oligoceno Medio y Mioceno Inferior. La única unidad sedimentaria reportada es el Conglomerado Halcones de edad Mioceno y La Presita Blanca constituye el primer reporte de depósitos sedimentario del Pleistoceno dentro del CVSLP (Torres-Aguilera, 2005; Rodríguez-Ríos y Torres-Aguilera, 2009).

Los restos fueron hallados en una secuencia de sedimentos "lacustres", constituidos principalmente por ceniza fina del tamaño de arcilla y limo derivados de la erosión de unidades volcánicas más antiguas de edad Oligoceno-Mioceno que constituyen la denominada Sierra de San Miguelito, perteneciente al CVSLP. Estos sedimentos se depositaron discordantemente (discordancia erosional) en una pequeña cuenca delimitada en su parte este por una falla extensional de acaso 10 m de desplazamiento vertical. Los depósitos expuestos tienen un espesor aproximado de 10 m; muestran una historia de depósito en varios ciclos, en una pequeña cuenca intermontaña, de la cual una falla normal (unos pocos metros de salto vertical) favoreció que



Figura 1. Ubicación de la Presita Blanca localización del yacimiento marcado con una estrella.

se acumulará el cuerpo de agua formando un pequeño lago. Sobre los depósitos con los elementos óseos se desarrolló un paleosuelo, el cual fue cubierto por depósitos aluviales más recientes de menos de 1 m de espesor, y sobre estos se ha desarrollado el suelo actual (Figura 2).

2.2. Determinación del material

La determinación taxonómica se realizó mediante la comparación visual entre los elementos craneales (dientes) y postcraneales (esqueleto apendicular) hallados en la Presita Blanca, con el de ejemplares fósiles de museos y colecciones paleontológicas nacionales e internacionales y con la literatura pertinente (Winans, 1989; Prado y Alberdi, 1994 y Alberdi *et al.*, 2003; 2014).

Se realizaron también, análisis morfométricos usando las variables recomendadas por la "Hipparion Conference" celebrada en New York Noviembre de 1981 (Eisenmann *et al.*, 1988), con el objetivo de poder realizar análisis estadísticos univariantes y multivariantes contra los valores obtenidos en ejemplares de *Equus cedralensis, E. conversidens* y *E. mexicanus* de Cedral (San Luis Potosí) y La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana (Michoacán) con el objetivo de los restos de *Equus* hallados a alguno de estos taxa (Marín-Leyva, 2011).

2.3. Medidas de elementos craneales y postcraneales

Para la obtención de las variables cuantitativas de premolares y molares, así como de las piezas fósiles del aparato apendicular se siguieron las recomendaciones de la "Hipparion Conference" (ver Eisenmann *et al.*, 1988); todas las medidas están expresadas en milímetros. Del aparato apendicular sólo se tiene registro de una primer falange proximal (1FIII).

2.4. Estimación de masa corporal

Se estimó la masa corporal de los caballos de La Presita Blanca usando la metodología propuesta por Alberdi *et al.* (1995), la cual establece que las variables que mejor se ajustan a la recta de regresión para la estimación del peso son 1FIII5 y MCIII13. La variable 5 de la primera falange del tercer dedo (1FIII5: anchura proximal antero-posterior; r = 0.991, %R = 98.25, Pendiente = 3.476 e Intercepto = -6.548), y la variable 13 del tercer metacarpo (MCIII13: profundidad mínima distal del cóndilo lateral; r = 0.982, %R = 96.61, Pendiente =3.056 e Intercepto = -4.313), se ha estimado los pesos, siempre que se ha podido, con ambas variables 1FIII5 y MCIII13.

LnY =Lna+b (Ln X) LnY = Masa corporal en logaritmo natural Lna = Intercepto Alberdi *et al.* (1995) b = Pendiente Alberdi *et al.* (1995) LnX = Ln de la variable Dando estos valores de cada variable en logaritmo natural (Ln) y sustituidos en la ecuación de regresión y reemplazando los valores correspondientes de la pendiente y el intercepto en la tabla 3 y 4 de Alberdi *et al.* (1995), se obtuvo el resultado de esta operación en logaritmo natural que elevado exponencialmente nos da como resultado la estimación de la masa corporal en kilogramos del individuo al que perteneció el elemento en estudio.

2.5. Análisis estadísticos

Después de haber identificado y medido cada una de las variables morfométricas de los restos fósiles, se generó una matriz de datos que se utilizó para llevar a cabo análisis estadísticos bivariantes y multivariantes con la finalidad de completar el estudio de la variabilidad de los mismos y tratar de identificarlos taxonómicamente. Se contó con la base de datos del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana (Alberdi *et al.*, 2003, 2014; Marín-Leyva, 2011) lo cual permitió ampliar los conocimientos sobre los équidos mexicanos, así como complementar los análisis comparativos. En dicha base de datos se incluyeron las medidas de premolares y molares superiores e inferiores, y elementos postcraneales 1FIII.

2.6. Elementos craneales y mandibulares

No hubo restos del cráneo y de mandíbula. Los restos dentarios superiores e inferiores presentan una alta variabilidad, característica de los équidos que tienen dientes con coronas altas (hipsodontos), que varían a lo largo de la vida del animal por el desgaste progresivo de dichos elementos. Con los dientes superiores e inferiores: premolares (P3-P4 y p3-p4) y molares (M1-M2 y m1-m2) se llevó a cabo un análisis bivariante de longitud y anchura de los dientes en la zona oclusal y en la base (\approx 1 cm de la base de la corona) con el fin de acotar al máximo los límites de la variabilidad individual.

2.7. Elementos posteraneales

Con las matrices generadas por los parámetros o variables morfométricas del elemento postcraneal 1FIII, primero se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) para explorar las relaciones entre los distintos restos de unas poblaciones con otras de manera que se pueda observar su distribución en el espacio muestral y la agrupación entre ellos. Con el resultado se evaluaron los porcentajes de varianza acumulada de al menos los dos primeros componentes principales, para tener la mayor explicación posible.

Una vez visualizados los resultados obtenidos del Análisis de Componentes Principales y a la vista de ellos, se realizó un Análisis Discriminantes (AD) para los elementos 1FIII. Se incluyeron los restos ya clasificados de Cedral,



Figura 2. Columna estratigráfica de la Presita Blanca. El molar indica el nivel donde los restos fueron hallados.

La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana como material comparativo con el fin de observar cómo se sitúa el ejemplar de la Presita Blanca frente a los restos de estas localidades (Alberdi *et al.*, 2003, 2014; Marín-Leyva, 2011).

Dado que se obtuvo una matriz de datos con grupos ya clasificados, se consideró como grupo externo al elemento estudiado en este trabajo de la Presita Blanca, con el fin de examinar cómo se agrupa con respecto a los restos ya conocidos. Para todos los análisis estadísticos se han utilizado el JMP 8.0 de SAS Institute.

3. Resultados

3.1. Análisis estadísticos de elementos fósiles

3.1.1. Análisis estadísticos de los elementos craneales (dientes aislados)

Análisis bivariante de m1-2 inferiores. En el análisis bivariante de los m1-2 inferiores se contrastan las variables entre la longitud y anchura en la base, y se observa que uno de los restos de la Presita Blanca (IGM 6851) se sitúa dentro de la talla grande de Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana (Figura 4) (Tabla 1).



Figura 3. Molares y falange de los équidos de la Presita Blanca. a) Vista oclusal del molar inferior 1-2 derecho, IGM 6851 asignado a *Equus mexicanus*; b) Vista lingual del molar IGM 6851; c) Vista oclusal del P3-4 derecho, IGM 6852 asignado a *E. conversidens*; d) Vista bucal o vestibular del premolar IGM 6852; e) Vista oclusal del molar superior 1-2 derecho, IGM 7449 asignado a *E. conversidens*; f) Vista bucal o vestibular del molar IGM 7449; g) Falange IGM 7450 asignada a *E. conversidens* en vista anterior.

Análisis bivariante de P3-4 superiores. En el análisis bivariante de los P3-4 superiores se contrastan las variables longitud y anchura en la base. Se observa que uno de los dientes de la Presita Blanca (IGM 6852) se sitúa entre los de talla mediana de Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa (Figura 5a) (Tabla 2).

Análisis bivariante de M1-2 superiores. En el análisis bivariante de los M1-2 superiores contrasta la longitud y la anchura oclusal. Se observa que un diente de la Presita Blanca (IGM 7449) se sitúa dentro de la talla mediana de Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana (Figura 5b) (Tabla 2).

3.1.2. Análisis estadístico de los elementos postcraneales (1FIII).

Análisis de componente principales de las primeras falanges de tercer dedo (1FIII). En los análisis de componentes principales de la 1FIII (Tabla 3) no se incluye la variable 2, debido a que la variable 2 daría mucho peso a la longitud, ya que se sumaría a la variable 1.

Los dos primeros componentes acumulan el 95.920% de la varianza, el componente uno reúne el 90.788% de la varianza prácticamente todas la variables principalmente la anchura distal a nivel de la tuberosidad, anchura articular distal y el ancho proximal influyen bastante e indican o explican la forma o tamaño de la falange, mientras que el componente dos, que sólo explica el 5.196% de la varianza, las variables longitud mínima del trigonum phalangis y



Figura 4. Ancho base oclusal contra largo base a 1 cm de la base de los molares inferiores (m1-2, IGM 6851). Los rombos de color rojo son dientes de talla pequeña (*Equus cedralensis*), los triángulos de verdes son restos de talla media (*E. conversidens*). Los asteriscos son restos de talla grande (*E. mexicanus*) el circulo negro representa el elemento fósil de la Presita Blanca.

Tabla 1. Medidas del m1-2 (IGM 6851) de La Presita Blanca. Abreviaturas: Elem= Elemento; 1 = Longitud máxima; 2 = Longitud oclusal; 3 = Longitud del prefléxido; 4 = Longitud del postfléxido; 5 =Longitud lazo; 6 = Anchura oclusal; 7= Longitud de la base; 8= Ancho de la base (Modificado de Eisenmann *et al.*, 1988).

Siglas	Elem	1*	2	3	4	5	6	7	8
IGM 6851	m1-2	95.83	31.12	10.54	12.1	17.1	16.97	27.17	17.42

longitud máxima influyen en mucha menor medida (Figura 6a; Tabla 4).

Con el primer componente observamos la presencia de tres grupos de restos, el único elemento de la Presita Blanca (IGM 7450) se agrupa en los de talla media del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana.

Análisis discriminantes de las primeras falanges de tercer dedo (1FIII). En los análisis discriminantes realizados en las 1FIII, el elemento de la Presita Blanca se incluye como grupo externo, los resultados confirman la presencia de tres grupos de tallas, donde el porcentaje de casos correctamente clasificados es del 98.01%. Concretamente la falange de la Presita Blanca (IGM 7450) se agrupa en la talla media del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa (Figura 6b).

3.2. Paleontología y sistemática

Orden Perissodactyla Owen, 1848 Familia Equidae Gray, 1821 Subfamilia Equinae Gray, 1821 Tribu Equini Gray, 1821 Género *Equus* Linnaeus, 1758

Equus mexicanus Hibbard, 1955

Sinónimos. Equus occidentalis Leidy, 1865; Equus pacificus Leidy, 1868; Equus scotti Gidley, 1900.

Holotipo. Cráneo de un macho viejo casi en perfecto estado que fue dado a conocer por Hibbard (1955). Redescubierto por Carranza-Castañeda y Miller (1987) y catalogado como (IGM 4009).

Localidad tipo. Tajo de Tequixquiac, Estado de México Edad y distribución geográfica. Irvingtoniano al Rancholabreano o 1.8 a 0.011 Ma, distribuido en Estados Unidos y México (Winans, 1989).

Material asignado. Molar inferior 1-2 derecho; proveniente de Presita Blanca.

Número de catálogo. IGM 6851 (Figuras. 3a y 3b).

Descripción. Molar inferior 1-2 derecho de talla grande, con lazo y linguafléxido con forma de "U" abierta (4), metacónido fracturado, metastílido fracturado, sin itsmo, el ectofléxido penetra ligeramente y separa los dos fléxidos,



Figura 5. a) Anchura oclusal contra longitud oclusal a 1cm de la base de los molares superiores (P3-4, IGM 6852); b) Anchura oclusal contra longitud oclusal de los molares superiores (M1-2, IGM 7449). Los asteriscos son restos de talla grande (*E. mexicanus*) el circulo negro representa el elemento fósil de la Presita Blanca.

Tabla 2. Medidas del P3-4 (IGM 6852) y M1-2 (IGM 7449) de La Presita Blanca. Abreviaturas: Elem= Elemento; 1 = altura máxima del diente; 2 = Longitud oclusal; 3 = Longitud del protocono; 4 = Anchura oclusal; 5 =Longitud en la base; 6 = Anchura en la base (Modificado de Eisenmann *et al.*, 1988).

Siglas	Elem	1*	2	3	4	5	6
IGM 682	P3-4	53.42	27.6	15.96	27.26	25.36	26.1
IGM 7449	M1-2	72.13	26.69	11.91	22.14		

Tabla 3. Medidas del 1FIII (IGM 7450) de la Presita Blanca. Abreviaturas: Elem= Elemento; 1 = Longitud máxima.; 2 = Longitud Anterior; 3 = Anchura mínima en la diáfisis; 4 = Anchura proximal; 5 = Profundidad proximal; 6 = Anchura distal a nivel de la tuberosidad; 7 = Anchura articular distal; 8 = Profundidad articular distal; 9 = Longitud mínima del trigonum phalangis (Modificado de Eisenmann *et al.*, 1988).





Figura 6. a) Representación gráfica del ACP de los 1FIII (IGM 7450); b) Representación gráfica del AD de los 1FIII. Los símbolos como en la figura 4. El círculo negro representa de la Presita Blanca y las cruces los centroides de grupo.

presenta un pliegue caballínido bien desarrollado, prefléxido y postfléxido ligeramente plegados.

Asignación taxonómica. Equus mexicanus fue descrita por Hibbard (1955), pertenece al grupo de Equus laurentius de Winans (1989) caballos del Pleistoceno tardío distribuidos en México y los Estados Unidos de América (EUA) con extremidades largas y robustas (Winans, 1989), y que también es reconocida por Melgarejo-Damián y Montellano-Ballesteros (2008) quienes definieron a la talla grande de su material revisado como Equus mexicanus. Con base en la comparación morfométrica del m1-2 de la Presita Blanca San Luis Potosí, y elementos de esta especie del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana, se logró definir que el molar inferior encontrado en la Presita Blanca corresponde a un caballo de talla grande, el cual ha sido asignado a *Equus mexicanus* como en el Cedral por Alberdi *et al.* (2003, 2014) y en La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana por Marín-Leyva (2011). La diferencia entre el tamaño del espécimen de la Presita Blanca con respecto a los del Cedral hace suponer que existió un factor ambiental (alimentación, temperatura y orografía, entre otros) que pudieron marcar la diferencia entre el tamaño de las poblaciones de ambas localidades. Tabla 4. Eingenvalores, porcentaje y porcentaje acumulado de explicación de la varianza de los tres primeros componentes principales de 1FIII.

Numero	Eigenvalor	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	7.263	90.788	90.788
2	0.4157	5.196	95.984
3	0.1112	1.464	97.449

Equus conversidens Owen, 1869

Holotipo. MNN-403, Fragmento izquierdo de la maxila con todos los dientes, con número de catálogo actual IGM 4008, descrito por Owen (1869) y redescubierto por Carranza-Castañeda y Miller (1987).

Localidad tipo. Valle de México.

Edad y distribución geográfica. Pleistoceno temprano al Rancholabreano o 1.810 a 0.011 Ma, distribuido en Norteamérica, México y América central (Winans, 1989; Dalquest, 1979).

Material asignado. P3-4, M1-2, 1FIII provienen de la Presita Blanca.

Número de catálogo. IGM 6852, IGM 7449 y IGM 7450 (Figuras 3c, 3d, 3e, 3f y 3g).

Descripción. Premolar superior derecho, de talla media, con un parastilo ancho sin surco, un mesostilo ancho y con surco, metastilo delgado, prefoseta y postfoseta medianamente plegadas, con pliegue caballin, protocono oval con extremos ligeramente redondeados y la zona lingual cóncava, surco hipoconal profundo y medianamente ancho. Formula de pliegues: 1-4-3-1/1.

Molar superior 1-2 derecho, de talla media, poco desgastado, parastilo y mesostilo delgados sin surco, mestastilo delgado, prefoseta y postfoseta ligeramente plegadas, con pliegue caballino sencillo, protocono de forma alargada con el extremo distal en punta y el mesial redondeado, zona lingual ligeramente cóncava, surco hipoconal profundo y amplio. Formula de pliegues: 4-4-2-1/1.

Falange proximal derecha de tamaño pequeño-mediano y robusto, cara dorsal plana, cara palmar (trigonum phalangis) bien definida, alargada y ancha, márgenes laterales bien definidos, diáfisis (parte media de la falange) ancha, extremidad proximal con forma rectangular (longitudes anteroposterior y transversal similares), cavidades glenoideas definidas, surco intermedio marcado, extremidad distal con los cóndilos marcados.

Estimación de masa corporal. 1FIII: 187.49 kg

Asignación taxonómica. Esta especie fue descrita por Owen (1869) y le dio el nombre de *Equus conversidens* porque las filas de dientes del espécimen tipo convergen rostralmente, característica discutida por Gidley (1901), en base al material de la cueva de San Josecito, Nuevo León, México. Stock (1953) describió una nueva subespecie *Equus conversidens leoni*, lamentablemente los elementos en los que se basó para su descripción estaban rotos o altamente restaurados, por lo que no son confiables para la definición de esta especie. Hibbard (1955) considera a *Equus tau* como un sinónimo de *E. conversidens*. La descripción de la subespecie de Stock (1953) *E. conversidens leoni*, demuestra que las diferencias entre la especie tipo y esta subespecie son mínimas o inexistentes, por que corresponden a caracteres variables interespecíficos.

Winans (1985) considera E. conversidens como nomen dubium debido a la descripción original e incluye la subespecie leoni nomen nudum dentro del grupo de Equus alaskae de Winans (1989) con un rango de edad desde el Irvintoniano tardío hasta el Rancholabreano, distribuido desde Alaska, el medio oeste de EUA y México de extremidades pequeñas y robustas (Winans, 1989). Melgarejo-Damián y Montellano-Ballesteros (2008) definieron a la talla media de su material revisado como Equus conversidens; con base en la comparación morfométrica de M1/2 y 1FIII de la Presita Blanca San Luis Potosí y los ejemplares de esta especie del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana, se logró definir que los restos de la Presita Blanca tienen una talla mediana y presentan una correspondencia con la mayoría de los fósiles de talla mediana del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana los cuales conforme Alberdi et al. (2003 y 2014) y Marín-Leyva (2011) se asignan a Equus conversidens.

Recientemente, Heitzman et al. (2017) han propuesto un nuevo género y especie de caballo del Pleistoceno, Haringtonhippus francisci, basándose en análisis moleculares de algunos ejemplares de équidos de Estados Unidos de América, así como los E. conversidens hallados en la Cueva de San Josecito, Nuevo León y consideran que los individuos asignados a E. conversidens deben ser asignados a Haringtonhippus francisci. Sin embargo, estos autores justifican el nombre del nuevo género basados en los resultados que obtienen, mismos que indican este équido de extremidades largas del Nuevo Mundo es un grupo hermano de los Equus de extremidades largas del Nuevo Mundo, lo cual parece ser insuficiente para realizar lo anterior (Pérez-Crespo et al., 2018). Por tal motivo, nosotros asignamos el espécimen hallado en la Presita Blanca a E. conversidens y no a Haringtonhippus francisci.

4. Implicaciones biogeográficas y paleoecológicas

Equus conversidens ha sido hallado en algunas localidades de Aguascalientes, Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala y Yucatán (Mooser y Dalquests, 1975; Arroyo-Cabrales y Johnson, 2003; Arroyo-Cabrales y Polaco, 2003; Carranza-Castañeda y Roldan-Quintana, 2007; Álvarez *et al.*, 2012; Herrera Flores, 2016; Sánchez Salinas *et al.*, 2016). En el caso de *E. mexicanus* ha sido reportado en la Ciudad de México, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, San Luis Potosí y Zacatecas (Priego-Vargas *et al.*, 2015). Sin embargo, solo en algunas de estas localidades, ambas especies han sido halladas juntas (Priego-Vargas et al., 2015). Aunque se han realizado diversos estudios de mesodesgaste, microdesgaste e isótopos estables en ambas especies, sólo en los ejemplares procedentes del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad Santa-Ana, sitios donde ambas especies coexistieron, se han podido comparar los resultados obtenidos por estas aproximaciones (Bravo-Cuevas et al., 2011, 2017; Campos Camacho, 2012; Carbot-Chanona y Ovalles-Damian, 2013, Pérez-Crespo et al., 2016). Así, los análisis isotópicos realizados en E. conversidens del Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana revelan que estos animales consumían plantas C₄, mientras que las poblaciones de *E. mexicanus* del Cedral y La Cinta-Portalitos eran animales de dieta mixta C_2/C_4 y aquellos pertenecientes a La Piedad-Santa Ana consumían solo plantas C4 lo cual ha sido confirmado por estudios de meso y microdesgaste efectuados en estas especies de estas tres localidades (Barrón-Ortiz et al., 2014; Marín-Leyva et al., 2015, 2016; Pérez-Crespo et al., 2018). Asimismo, Marín-Leyva (2011) basado en el análisis morfológico de las extremidades ha propuesto que E. mexicanus habitaba en zonas boscosas y E. conversidens en una amplia gama de tipos de vegetación. Estas diferencias entre los hábitos alimentarios y de hábitat han sido propuestas como uno de los mecanismos que permitieron a estas dos especies coexistir juntas en las localidades donde se han hallado en simpatría (Pérez-Crespo et al., 2009; Barrón-Ortiz et al., 2014; Priego-Vargas et al., 2017).

Esto podría indicar que *E. conversidens* de la Presita Blanca se alimentara de pastos o plantas C_4 principalmente y habitara en zonas abiertas, mientras que *E. mexicanus* consumiera herbáceas, hojas de árboles y arbustos (dieta mixta C_3/C_4) y prefiriese habitar en pastizales con algunos árboles y, por lo tanto, la Presita Blanca fuera durante el Pleistoceno tardío, un pastizal con un bosque cercano, como se ha sido observado en Cedral y la Laguna de las Cruces (Pérez-Crespo *et al.*, 2009, 2018). Sin embargo, se hace necesario realizar dichos análisis para corroborar lo anterior.

5. Conclusiones

Un molar inferior derecho 1-2, fue descrito como *Equus mexicanus*, mientras que un premolar superior 3-4, un molar superior 1-2 y una Falange proximal derecha se asignaron a *E. conversidens*. Las comparaciones realizadas con especímenes de Cedral, La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana confirman lo anterior. Esto incrementa el número de localidades en el país donde estas especies han sido halladas y en el caso de San Luis Potosí, incrementan a dos el número de sitios donde ambas especies coexistieron lo cual pudo haber sido posible debido a las diferencias entre los hábitos alimentarios y de hábitat de estas especies.

Agradecimientos

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica - UNAM (#IN104017) por su respaldo a Víctor Adrián Pérez-Crespo. A la DGAPA por la beca posdoctoral otorgada a Alejandro Hiram Marín-Leyva. Andrew Somerville por su ayuda con el abstract. Lizbeth Nava Rodríguez por su apoyo en el trabajo de colecta de los elementos óseos. María Teresa Alberdi y un revisor anónimo por sus comentarios los cuales enriquecieron el presente artículo.

Referencias

- Alberdi, M.T., Prado, J.L., Ortiz-Jaureguizat, E., 1995, Patterns of body size change in fossil and living Equini (Perissodactyla): Biological Journal of the Linnean Society, 54, 349–370.
- Alberdi, M.T., Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., 2003, ¿Cuántas especies de caballo hubo en una sola localidad del Pleistoceno Mexicano?: Revista Española de Paleontología, 18(2), 205–212.
- Alberdi, M.T., Arroyo-Cabrales, J., Marín-Leyva, A.H., Polaco, O.J., 2014, Study of Cedral Horses and their place in the Mexican Quaternary: Revista Mexicana de Ciencias Geologicas, 31(2), 221–237.
- Álvarez, T., Ocaña-Marín, A., Arroyo-Cabrales, J., 2012, Restos de mamíferos, en Mirambell, L.E. (ed.), Rancho "La Amapola", Cedral. Un sitio arqueológico-paleontológico pleistocénico-holocénico con restos de actividad humana: México, D.F., Instituto Nacional de Antropología e Historia, 147–194.
- Arroyo-Cabrales, J., Johnson, E., 2003, Catálogo de los ejemplares tipo procedentes de la Cueva de San Josecito, Nuevo León, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 20, 79–93.
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O.J., 2003, Caves and the Pleistocene vertebrate paleontology of Mexico, *en* Schubert, B.W., Mead, J.I., Graham, R.W. (eds.), Ice age cave faunas of North America, Denver, University Press and Denver Museum of Nature & Science, 273–291.
- Barrón-Ortíz, C.R., Theodor, J., Arroyo-Cabrales, J., 2014, Dietary resource partitioning in the late Pleistocene horses from Cedral, north-central Mexico: evidence from the study of dental wear: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 31, 260–269.
- Bravo-Cuevas, V.M., Jiménez-Hidalgo, E., Priego-Vargas, J., 2011, Taxonomía y habito alimentario de *Equus conversidens* (Perissodactyla: Mammalian) del Pleistoceno Tardío (Rancholabreano) de Hidalgo, Centro de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 28, 65–82.
- Bravo-Cuevas, V.M., Rivals, F., Priego-Vargas, J., 2017, Paleoecology (δ^{13} C and δ^{18} O stable isotopes analysis) of a mammalian assemblage from the late Pleistocene of Hidalgo, central Mexico and implications for a better understanding of environmental conditions in temperate North America (18° 36°N Lat.): Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 485, 632–643.
- Campos Camacho, A.E., 2012, Los équidos del Rancholabreano (Pleistoceno tardío) de la Fauna local Viko vijin, Mixteca Alta oaxaqueña, sur de México: Tesis para licenciatura en biología, Universidad de Guadalajara, México, 154 pp.
- Carbot-Chanona, G., Ovalles-Damian, E., 2013, Registro de vertebrados fósiles, *en* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (ed.), La biodiversidad de Chiapas, Estudio de Estado: México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Gobierno del Estado de Chiapas, 261–274.
- Carranza-Castañeda, O., Miller, W.E., 1987, Rediscovered type specimens and other important published Pleistocene mammalian fossils from Central Mexico: Journal of Vertebrate Paleontology, 7, 335–341.

- Carranza-Castañeda, O., Roldan-Quintana, J., 2007, Mastofauna de la cuenca de Moctezuma Cenozoico tardío de Sonora, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 24(1), 81–88.
- Dalquest, W.W., 1979, The Little Horses (Genus *Equus*) of the Pleistocene of North America: The American Modland Naturalist, 101(1), 241–244.
- Eisenmann, V., Alberdi, M.T., De Giuli, C., Staesche, U., 1988, Collected papers after the "New York International Hipparion Conference, 1981", *en* Woodburne, M., Sondaar, P. (eds.), Studying fossil horses, 1, Methodology: E. J. Brill, Leiden, 1–72.
- Gidley, J.W., 1900, A new species of Pleistocene Horse from the Staked Plains of Texas: Bulletin of the American Museum of Natural History, 13, 111–116.
- Gidley, J.W., 1901, Tooth characters and revision of the North American species of the genus *Equus*: Bulletin of the American Museum of Natural History, 14, 91–141.
- Gray, J.E., 1821, On the natural arrangement of vertebrose animals: London Medical Repository Review, 15, 296–310.
- Herrera Flores, J.A., 2016, Investigaciones paleontológicas en el Valle de Puebla durante el siglo XX: Ciencia ergo-sum, 24, 259–266.
- Hibbard, C.W., 1955, Pleistocene vertebrates from the upper Becerra (Becerra Superior) Formation, Valley of Tequixquiac, Mexico, with notes on others Pleistocene forms: Museum of Paleontology University of Michigan, Ann Arbor, 12, 47–96.
- Heintzman, P.D., Zazula, G.D., Mac Phee, R.D.E., Scott, E., Cahill, J.A., McHorse, B.K., Kapp, J.D., Stiller, M., Wooller, M.J., Orlando, L., Southon, J., Froese, D.G., Shapiro, B., 2017, A new genus of horse from Pleistocene North America: eLife, 6, 1–43, DOI: 10.7554/ eLife.29944.
- Labarthe-Hernández, G., De La Huerta-Cobos, M.L., 1998, Geología del semigraben de Bledos, San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico 124, 33 pp.
- Leidy, J., 1865, Bones and teeth of horses from California and Oregon: Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 17, 94 pp.
- Leidy, J., 1868, Notice of some remains of Horses: Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 20, 195.
- Linnaeus, K., 1758, Systema naturae perregna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species cum characteribus, differentiis, synonymis, locis: Stockholm, Laurentii Salvii, Editio decima, reformata, 824 pp.
- MacFadden, B.J., 1992, Fossil horses. Systematics, Paleobiology, and Evolution of the Family Equidae: USA, Cambridge University Press, 369 pp.
- Marín-Leyva, A.H., 2011, Caballos del Pleistoceno y sus paleoambientes en dos cuencas de Michoacán: Morelia, Michoacán, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, Tesis de maestría, 167 pp.
- Marín-Leyva, A.H., De Miguel, D., García-Zepeda, M.L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., Alberdi, M.T., 2015, Dietary adaptability of Late Pleistocene *Equus* from West Central Mexico: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 441,748–757.
- Marín-Leyva, A.H., Arroyo-Cabrales, J., García-Zepeda, M.L., Ponce-Saavedra, J., Schaaf, P., Pérez-Crespo, V.A., Morales-Puente, P., Cienfuegos-Alvarado, E., Alberdi, M.T., 2016, Feeding ecology and habitat of Late Pleistocene *Equus* horses from west-central Mexico using Carbon and Oxygen isotopes variation: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 33, 157–169.
- Melgarejo-Damián, M.P., Montellano-Ballesteros, M., 2008, Quantitative differentiation of Mexican Pleistocene Horses: Current Research in the Pleistocene, 25, 184–186.
- Mooser, O., Dalquest, W.W., 1975, Pleistocene mammals from Aguascalientes, central Mexico: Journal of Mammalogy, 56, 781–820.

- Owen, R., 1848, Description of teeth and portions of jaws of two extinct Anthracotherioid quadrupeds (*Hyopotamus vectianus* and *Hyop. bovinus*) discovered by the Marchioness of Hastings in the Eocene deposits on the NW coast of the Isle of Wight: with an attempt to develop Cuvier's idea of the Classification of Pachyderms by the number of their toes: Quarterly Journal of the Geological Society of London, 4, 103–114.
- Owen, R., 1869, On fossil remains of Equines from Central and South America referable to *Equus conversidens* Ow., *E. tau* Ow., and *E. arcidens* Ow.: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 159, 559–573.
- Pérez-Crespo, V.A., Sánchez-Chillón, B., Arroyo-Cabrales, J., Alberdi, M.T., Polaco, O.J., Santos-Moreno, A., Benammi, M., 2009, La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del Pleistoceno tardío de El Cedral usando isótopos estables (δ¹³C, δ¹⁸O): Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 26, 347–355.
- Pérez-Crespo, V.A., Arroyo-Cabrales, J., Alva-Valdivia, L.M., Morales-Puente, P., Cienfuegos-Alvarado, E., Otero, F.J., 2016, Inferences of feeding habits of Late Pleistocene *Equus* sp. from eight Mexican localities: Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 279, 107–121.
- Pérez-Crespo, V.A., Arroyo-Cabrales, J., Morales-Puente, P., Cienfuegos-Alvarado, E., Otero, F.J., 2018, Diet and Habitat of Mesomammals and Megamammals from Cedral, San Luis Potosí, México: Geological Magazine, 153(3), 674–684.
- Pérez-Crespo, V.A., Prado, J.L., Alberdi, M.T., Arroyo-Cabrales, J., 2018, Stable isotopes and diets of Pleistocene horses from Southern North America and South America: Similarities and differences: Paleobiodiversity and Palaeoenvironments, 98, 663–674.
- Prado, L.J., Alberdi, M.T., 1994, A Quantitative Review of the Horses *Equus* from South America. The Palaentological Association. Palaeontology, 37, (Part 2), 459–481.
- Priego-Vargas, J., Bravo-Cuevas, V.M., Jiménez-Hidalgo, E., 2015, The record of Cenozoic horses in Mexico: current knowledge and paleobiological implications: Paleobiodiversity and Paleoenvironmets, 96(2), 305–331, DOI:10.1007/s12549-015-0223-y.
- Priego-Vargas, J., Bravo-Cuevas, V.M., Jiménez-Hidalgo, E., 2017, Revisión taxonómica de los équidos del Pleistoceno de México con base en la morfología dental: Revista Brasileira de Paleontología, 20(2), 239–268.
- Polaco, O.J., 1982, Identificación de restos óseos de Mamut, en Mirambell, L. (ed.), Laguna de las Cruces, Salinas, S.L.P. Un sitio paleontológico del Pleistoceno final: México, D.F, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 78–87.
- Rodríguez-Ríos, R., Torres-Aguilera, J.M., 2009, Evolución petrológica y geoquímica del vulcanismo bimodal oligocénico en el campo volcánico de San Luis Potosí (México): Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 26(3), 658–673.
- Sánchez Salinas, M., Jiménez-Hidalgo, E., Castañeda-Posadas, C., 2016, Mamíferos fósiles del Pleistoceno tardío (Rancholabreano) de San Mateo Huexoyucán, Tlaxcala, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 68, 497–514.
- Stock, C., 1953, El Caballo pleistoceno *Equus conversidens leoni* subs. nov. de la cueva de San Josecito, Aramberri, Nuevo León: Memorias del Congreso Científico Mexicano, 3, 170–171.
- Torres-Aguilera, J.M., 2005, Caracterización petrográfica y geoquímica del vulcanismo bimodal en el semigraben de Bledos, en el Campo Volcánico de San Luis Potosí: San Luis Potosí, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Tesis de maestría, 159 pp.
- Tristán-González, M., 1986, Estratigrafía y tectónica del Graben de Villa de Reyes, en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico 107, 91.

- Winans, M.C., 1985, Revision of North American fossil species of the genus *Equus* (Mammalia: Perissodactyla: Equidae): University of Texas, Austin, Ph.D. Dissertation, 264 pp.
- Winans, M.C., 1989, A quantitative study of North American fossil species of the genus *Equus*, *in* Prothero, D.R., Schoch, R.M. (eds.), The Evolution of Perissodactyls: Oxford, USA, Oxford University Press, 263–297.

Manuscrito recibido: Abril 10, 2018. Manuscrito corregido recibido: Junio 12, 2018. Manuscrito aceptado: Junio 15, 2018.





New findings of Late Jurassic charophyte gyrogonites and gastropods from the San Juan Formation, NW Oaxaca, Mexico

Lourdes Omaña^{a,*}; Ismael Ferrusquia-Villafranca^a; José E. Ruiz-González^a

^a Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, CDMX, México.

*lomanya@geologia.unam.mx

Abstract

Limestone samples were collected from the San Juan Formation, which consists of a mixed marine and non-marine deposit located in the Tlaxiaco Basin, Oaxaca, Mexico. These beds contain a fresh-water assemblage of charophyte gyrogonites and gastropods, and a shallow-water marine association with larger foraminifera *Labyrinthina mirabilis* Weynschenk, 1951, *Everticyclammina* sp. a Rivulariacean-like cyanobacteria and *Cladocoropsis mirabilis* Felix, 1907. An Oxfordian–Kimmeridgian age has been assigned based on the stratigraphic range of the larger foraminifera *Labyrinthina mirabilis* Weynschenk, and *Everticyclammina* sp. The mudstone textured limestone and the fossil association with charophytes and gastropods suggest a continental fresh-water environment. The grainstone-packstone with larger foraminifera *Labyrinthina mirabilis* Weynschenk, Rivulariacean-like cyanobacteria and *Cladocoropsis mirabilis* Felix suggests a shallow-water marine milieu.

Keywords: charophytes, gastropods, larger foraminifera, Late Jurassic, Oaxaca, Tlaxiaco Basin.

Resumen

Se recogieron muestras de caliza de la Formación San Juan, que consiste en una mezcla de depósitos marinos y no marinos situados en la Cuenca de Tlaxiaco, Oaxaca, México. Estos depósitos contienen a un conjunto de agua dulce compuesto por girogonitos de carofitas y gasterópodos y otro de rocas marinas de aguas poco profundas con macroforaminíferos como Labyrinthina mirabilis Weynschenk, 1951, Everticyclammina sp., cianobacterias de tipo Rivulariacea y Cladocoropsis mirabilis Felix, 1907. Se ha asignado una edad de Oxfordiano–Kimmeridgiano basada en rango estratigráfico del macroforaminífero Labyrinthina mirabilis. La textura de tipo "mudstone" de la caliza y la asociación fósil con las carofitas y gasterópodos sugiere un ambiente continental de agua dulce. Las texturas grainstone-packstone sugieren un medio marino de aguas poco profundas con el macroforaminífero Labyrinthina mirabilis, Everticyclammina sp., cianobacterias de tipo Rivulariacea y Oxfordias con el macroforaminífero Labyrinthina mirabilis.

Palabras clave: carofitas, gasterópodos, Jurásico Tardío, macroforaminíferos, Oaxaca, Cuenca de Tlaxiaco.

1. Introduction

Charophytes are a group of fresh-water green algae that comprise an important part of submerged vegetation in streams, ponds and lakes, estuaries, and swamps; in fact, all sorts of non-marine aquatic habitats. They have a complex morphology composed of a central axis or "stem" made up of long unicellular internodal cells (which in some cases are enclosed by cortex cells), and short multicellular nodes, from which whorls of "branches" originate at more or less regular intervals (Wood, 1965).

Recent charophytes are widely distributed, living in shallow waters of low salinity and an oxygenated bottom at depths of at least 10 m and a maximum of 15–20 m. By

studying the charophytes that exist today, we can understand how some limnological conditions of the geological past must have been like (Cohen and Thouin, 1987).

Charophytes can reproduce both vegetatively and sexually. In the latter case, they produce a large number of oospores which, depending on the species and the environmental conditions, develop an ultimate ripening stage involving calcification of the spiral cells surrounding the oospores. The calcified fructifications are termed gyrogonites (Soulié-Märsche and García, 2015). These algae are very well represented in the fossil record from the Jurassic, Cretaceous and Tertiary, where they can be locally abundant, mostly in limestone and marl deposited in freshwater or brackish environments. In these rocks, fossil gyrogonites and parts of the vegetative tallus are often calcified and obviously preserved. They are evidence of the evolution of the charophytes and provide a nearly continuous record of fossil charophytes since the Late Silurian 425 million years ago, constituting the only link between living and fossil charophytes (Mamet et al., 1992). During the Devonian and Lower Carboniferous, charophytes were more diverse than in the present (Grambast, 1974).

In some cases, for example in the Purbeck limestone from the lower Upper Jurassic of southern England, the fossil charophytes are so common and diverse that they can be used as zone fossils for biostratigraphy (Feist *et al.*, 1995). The preservation of whole plants is not common but may occur and be very striking (Martín-Closas and Diéguez, 1998).

Dufourny de Villiers (1785, in Desmarest, 1812a, b) made the first observations on the gyrogonites and described to the them as "de petites corps sphériques, couverts de stries très délicates, hélicoïdes, se réunissant aux deux extrémités de l'axe, avaient été signalés, dans les meulières supérieure des environs de Paris associés avec des coquilles lacustres". Lamarck (1801, p. 401) published a description of these fossils for the first time and established the term gyrogonites for charophycean reproductive organs from the Tertiary (Lower Oligocene, Rupelian) deposits of France. Taking them to be mollusk shells, he named them Gyrogonites medicaginulus but it was Léman (1812) who recognized their true plant origin, demonstrating that Lamarck's fossils were calcified charophycean reproductive structures that compared with seeds of aquatic plants of the genus Chara.

The first gastropods were exclusively marine. The group initially appeared in the early Cambrian. Gastropod fossils from lower Paleozoic rocks are too poorly preserved for an accurate identification. It was during the Mesozoic era that the ancestors of many of the living forms evolved. The fossil record of freshwater gastropods is irregular at best and likely to considerably underestimate the age and diversity of freshwater lineages (Strong *et al.*, 2008). Despite these difficulties, most modern groups appear to make their first appearance during the Jurassic or Cretaceous (Tracey *et al.*, 1993). In rocks from the Mesozoic, the gastropods are more common as fossils and their shells are often well preserved. Their fossils are found in freshwater and marine environment strata for example in Jurassic Purbeck marble and early Cretaceous Sussex marble in the south of England, limestone containing the remains of freshwater snail and brackish water gastropods are more common (West, 2013).

In Mexico, there are few mentions of the presence of charophytes. We found references from the Burgos Basin in the Oligocene Non-Marine Frio Formation (Meneses de Gyves, 1950) and another one from the Parras Basin in the Late Cretaceous Cerro Huerta Formation (Weide, 1961; Weide and Murray, 1967); Aguillón-Martínez (2010) reported two taxa of charophytes (*Platychara* and *Porochara gildemeisteri*) from the Campanian Cerro del Pueblo Formation in Rincón Colorado, Coahuila.

From the Difunta Group about 96 km north of Saltillo, Coahuila, *Platychara perlata* and *Porochara* sp. were collected and identified by Peck and Forester (1979).

Also, in the Parras basin, the Mayrán Formation (late Neogene) presents a bedded limestone of mostly wackestone to packstone texture containing usually freshwater components such as charophyte reproductive structures (gyrogonites), gastropods, fish remains, and ostracods (Amezcua Torres, 2012).

In Chiapas in the Limestone Member of the Sierra Madre Formation (Cenomanian) from the Piedra Parada section, Cros *et al.* (1998, p. 314) recognized the mudstone of a hyposaline lagoonal environment with ostracods and charophytes.

Daily and Durham (1966) described three species of charophytes of Miocene age from non-marine strata in the vicinity of Ixtapa, Chiapas, Mexico.

The goal of this paper is to document the presence of the gyrogonites and gastropod assemblage recovered from San Juan Formation beds collected in the northwest of the state of Oaxaca; as well as the dating of these samples containing charophyte fructifications using the occurrence of the larger foraminifera *Labyrinthina mirabilis* Weynschenk which lies adjacent to the beds containing the gyrogonites. In addition, to interpret the paleoenvironment based on paleoecological information of the cahrophytes and larger foraminifera as well as the microfacies study.

2. Geological setting

The study area geographically belongs to the Tlaxiaco Basin (Figure 1), which includes part of the states of Oaxaca, Guerrero and Puebla, within the Sierra Madre del Sur Province, characterized by a tectonic evolution with folding, normal and thrust faults, and intrusive and volcanic events, all of which are included within a complex structure.

According to López Ticha (1985) the Tlaxiaco Basin was developed during the Mesozoic upon the old schist basement (Acatlán-Oaxaca Complex) covered by the Paleozoic continental and/or marine series. In the middle



Figure 1. Location of the study area, northwestern Oaxaca State, South Mexico (modified from Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2016).

and Late Jurassic continental and shallow-water marine sediments were deposited inside the basin. However, at the end of the Jurassic, the sedimentation was interrupted, and the basin was closed, elevated and partially eroded, before the great Cretaceous transgression, which also flooded the Oaxacan Complex and the Guerrero-Morelos Province. Uplift and folding of the Mesozoic sedimentary infill, about 6,000 meters thick, took place in the Paleocene–Eocene as a result of Laramide Orogeny (Meneses Rocha *et al.*, 1994).

The San Juan Formation is a dark gray to black, highly indurate limestone, with micrite texture set in thick bedded and massive strata (Figure 2). The majority of these sedimentary units deposited in the Tlaxiaco Basin are still under informal nomenclature thus the Upper Jurassic deposits are known as Chimeco and Sabinal formations (López-Ticha, 1985; Meneses Rocha *et al.*, 1994), due to the very different lithostratigraphic characterization presented by these authors.

3. Material and methods

The samples were collected from the San Juan Formation (informal lithostratigraphic unit). It is located in the Tlaxiaco Basin within the Mixteca Region, northwestern Oaxaca State, in southern Mexico, and its geographical coordinates are $17^{\circ}20'-17^{\circ}25'$ N and $97^{\circ}28'-97^{\circ}34'$ W (Figure 1). For micropaleontological and microfacies analysis, the samples were prepared in thin sections 50 µm thick. The gyrogonites and gastropods are well preserved, as are the larger foraminifera (Figures 3, 4).



Figure 2. Geologic map of the study area, Oaxaca (modified from Ferrusquía-Villafranca et al., 2016).



Figure 3. Microfossils from the San Juan Formation. a, b, c: Gyrogonite in tangential longitudinal section, Sample FV-139-1. d: Oblique tangential section of apical area of gyrogonite, Sample FV-139-1. e, f: Gyrogonite view in oblique longitudinal section, Sample FV-139-2. g: Oblique tangential section of a gyrogonite and gastropod, Sample FV-139-3. h: Oblique tangential section showing the orientation of the spiral cells, Sample FV-139-2. i:Detail of Figure 3g showing an oblique tangential section of the gyrogintes's apical area, Sample FV-139-3. j: Polar section of gyrogonite, Sample FV-139-2.



Figure 4. Microfossils from the San Juan Formation. a: Oblique-transversal section of gyrogonite, Sample FV-139. b: Oblique-transversal section of gyrogonite, Sample FV-139. c: Transversal section of Rivulariacean-like cyanobacteria showing the hemispherical thallus, Sample, FV-134-1. d: *Labyrinthyna mirabilis* Weynschenk, Subequatorial section showing the early planispiral coiled becoming uncoiled, Sample FV-134-1. e: Subaxial section of a conical benthic foraminifera with weakly developed central column, showing the horizontal partitions, Sample FV-134-1. f: *Everticyclammina* sp. Longitudinal sections passing through the coiled stage, Sample FV-134-1. g: Gastropod Sample, FV-139-3. h: *Cladocoropsis mirabilis* Felix, Sample FV-134-1. i: Gastropod, Sample FV-139-3.

4. Results

Sample FV-134 is a grainstone-packstone with the larger benthic foraminifer *Labyrinthina mirabilis*, *Everticyclammina* sp., the Rivularaean-like cyanobacteria and *Cladocoropsis mirabilis* (Figures 4 d, e, f, h). It is assigned to a warm marine shallow-water platform environment.

Sample FV-139 consist of a dark micrite mudstone type with charophyte gyrogonites and gastropods (Figure 3 g), considered a lacustrine deposit.

The samples consist of limestone in which the gyrogonites are studied in section. We present various nonoriented sections and we tried to obtain measures and a short description of some specimens. The size is highly variable from 200 μ m up to 500 μ m in length and 160 μ m to 300 μ m in width. The gyrogonites are spherical and slightly ovoidal in shape, composed of clockwise coiled spiral cells, base broadly rounded, six to seven convolutions with concave spiral cells almost uniform in width, and are separated by narrow and well defined intercellular ridges (Fig. 3 a, b, c). The cross-sections show a charophyte gyrogonite with preserved walls in which the inside is replaced with sparry calcite (Figures 3 e, f; 4 a, b).

4.1. Age

The studied area consists of continental fresh-water sediments and shallow-water marine deposits, which contain the larger benthic foraminifera *Labyrinthina mirabilis*; this species was described by Weynschenk (1951) of the Sonnwend mountains (West Austria) from a limestone reef dated as Upper Triassic. Later, in 1956, the same author revised the age of the species and placed it in the Upper Jurassic. This species has been recorded in the Kimmeridgian of the Albacete province in Spain (Fourcade and Neumann, 1966). In Portugal, the French Pyrenees and Bulgaria *Labyrinthina mirabilis* was recorded from the Oxfordian–Kimmeridgian (Ramalho, 1971; Pelissé *et al.*, 1984; Ivanova and Koleva-Rekalova, 2004) respectively.

Therefore, the entire interval including the continental lacustrine limestone with charophyte gyrogonites and gastropods is considered as Oxfordian–Kimmeridgian.

4.2. Paleoenvironment

The origin and distribution of lacustrine carbonates in lake basins are controlled by the presence of carbonate source rocks, the tectonic situation (hydrology) and the climate of the depositional lake system (Soulié-Märsche and García, 2015). The microfacies consists of charophycean algal mudstone with detritical quartz carries gyrogonites and gastropods, we inferred a lacustrine environment with little terrigenous input. According to Flügel (2004) this microfacies type could be comparable to standard microfacies Lacustrine Microfacies Type 7. The group of larger foraminifera provided a valuable means for defining the conditions in which the sediments were deposited, so we interpreted it as a shallow-water marine carbonate platform. The bioclastic grainstone–packstone is interpreted as Standard Microfacies Type (SMF) 18 (Flügel, 2004), corresponding to Facies Zone 7 (ZF 7) of Wilson (1975).

5. Conclusions

The succession studied is composed of two types of deposit; belonging respectively to continental lacustrine and to shallow-water marine environments. The most important finding of this study is the record of Late Jurassic charophyte gyrogonites and gastropods, which represent a continental lacustrine environment, as well as the larger foraminifera occurrence for dating this interval. For the studied interval we inferred an Oxfordian-Kimmeridgian age on the basis of the stratigraphic distribution of the larger foraminifer Labyrinthina mirabilis. The charophyte-bearing deposits are interpreted as part of the terrestrial-influenced part of fresh-water facies representing a continental lacustrine environment, whereas a shallow-marine platform deposit is inferred by the occurrence of the larger foraminifera, the Rivulariacean-like cyanobacteria and Cladocoropsis mirabilis.

Acknowledgements

We are greatly indebted to the Instituto de Geología of the Universidad Nacional Autónoma de México for supporting this study. The authors gratefully acknowledge Dr. Carles Martín Closas (Universitat de Barcelona) for his valuable comments and suggestions that much improved the manuscript. We would like to thank Dr. Bruno Granier (Université de Bretagne Occidentale) and anonymous reviewer by the revision of the manuscript. We are very grateful to Dr. Josep Anton Moreno-Bedmar for the useful editorial corrections (UNAM, Mexico).

We thank Carlos Jiménez, Iriliana López Caballero and María de los Angeles Peña López for taking the photos and Joaquín Aparicio for preparing numerous thin sections.

Lourdes Omaña would like to express her gratitude to the late Dr. Alencáster for all the support she received during the time they worked together as colleagues. She would also like to recognize Dr. Alencáster's visionary development of paleontology studies at the UNAM. When she returned from studying her master's degree at Columbia University, Dr. Alencáster founded the Department of Paleontology at the UNAM Institute of Geology. She encouraged the formation of various specialties, such as paleobotany and the paleontology of invertebrates and vertebrates, and micropaleontology. She also organized the National Paleontology Collection to safeguard research material and founded the journal *Paleontología Mexicana*.

References

- Aguillón-Martínez, M.C., 2010, Fossil vertebrates from the Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico, and the distribution of late Campanian (Cretaceous) terrestrial vertébrate faunas: U.S.A., Faculty of Dedman College Southern Methodist University, Master thesis, 148 p.
- Amezcua Torres, N., 2012, Stratigraphy and Facies of the Pliocene Mayrán Lacustrine Basin System, Northeast Mexico: U.K., Faculty of Engineering and Physical Sciences, The University of Manchester, Ph D Thesis, 205 p.
- Cohen, A.S., Thouin, C., 1987, Near shore deposit in Lake Tanganyika: Geology, 15, 414–418.
- Cros, P., Michaud, F., Fourcade, E., Fleury, J.J., 1998, Sedimentological evolution of the Cretaceous carbonate platform of Chiapas (Mexico): Journal of South American Earth Sciences, 11(4), 311–332.
- Daily, F.K., Durham, J.W., 1966, Miocene Charophytes from Ixtapa, Chiapas, Mexico: Journal of Paleontology, 40(5), 1191–1199.
- Desmarest, A.G., 1812a, Mémoire sur la gyrogonite: Journal des Mines, 191, 1–20, pl. VIII.
- Desmarest, A.G., 1812b, Mémoire sur la gyrogonite: Nouveau Bulletin Sciences, Société Philomathique de Paris 2, 275–277, pl. 2, fig. 5.
- Feist, M., Lake, R.D., Wood, C.J., 1995, Charophyte biostratigraphy of the Purbeck and Wealden of southern England: Palaeontology, 38, 407–442.
- Felix, J., 1907, Eine neue Korallengattung aus dem dalmatinischen Mesozoicum: Sitzungsberichte der Naturforschenden Gesellschaft, Leipzig, 33, 3–10.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Ruiz-González, J.E., Torres-Hernández, J.R., Anderson, T.H., Urrutia-Fucugauchi, J., Martínez-Hernández, E., García-Villegas, F., 2016, Contribution to the Cenozoic Geology of the Yolomécatl-Tlaxiaco Area, Northwestern Oaxaca State, Southeastern Mexico, and its regional significance: Journal of South American Earth Sciences, 72, 191–226.
- Flügel, E., 2004, Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application: Germany, Springer, 976 p.
- Fourcade, E., Neumann, M., 1965, A propos des genres Labyrinthyna Weynschenk, 1951 et Lituosepta Cati, 1959: Revue de Micropaléontologie, 8, 233–239.
- Grambast, L., 1974, Charophytes du Crétacé supérieur de la région de Cuenca: Symposium sobre el Cretácico de la Cordillera Ibérica, Cuenca, 67–83.
- Ivanova, D., Koleva-Rekalova, E., 2004, Agglutinated foraminifers in the framework of Southwestern Bulgarian paleoenvironmental during the Late Jurassic and Early Cretaceous, *in* Bubík, M, Kaminski, M.A. (eds.), Proceedings of the Sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera,: Grzybowski Foundation Special Publication, 8, 217–227.
- Lamarck, J-B.P.A.M. de, 1801, Systême des animaux sans vertèbres; ou, Tableau général des classes, des ordres et des genres de ces animaux : Paris, Chez l'Auteur; Deterville Libraire, 432 p.
- Léman, S., 1812, Note sur la gyrogonite: Nouveau Bulletin des Sciences, Société Philomatique de Paris, 3, 208–210.
- López Ticha, D., 1985, Revisión de la estratigrafía y potencial petrolero de la Cuenca de Tlaxiaco: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 37, 49–92.

- Mamet, B., Roux, A., Lapointe, M., Gauthier L., 1992, Algues ordoviciennes et siluriennes de l'Ile Anticosti (Quebec, Canada): Revue de Micropaléontologie, 35, 211–248.
- Martín-Closas, C., Diéguez, C., 1998, Charophytes from the Lower Cretaceous of the Iberian ranges (Spain): Palaeontology, 41, 1133–1152.
- Meneses de Gyves, J., 1950, Zonas micropaleontológicas del Oligoceno del noreste de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 2(1), 71–81.
- Meneses Rocha, J.J., Monroy, A., Gómez, C., 1994, Bosquejo paleogeográfico y tectónico del Sur de México durante el Mesozoico: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 44, 18–45.
- Peck, R. E., Forester, R. M., 1979, The Genus *Platychara* from the western Hemisphere: Review of Palaeobotany and Palynology, 28, 223–236.
- Pelissié T.H., Peybernès B., Rey, J., 1984, Les grands foraminifères benthiques du Jurassique moyen-Supérieur du sud-ouest de la France (Aquitaine, Causses, Pyrénées): Intérêt biostratigraphique, paléoécologique et paléobiogéographique, Benthos'83, 2nd International Symposium Benthic Foraminifera (Pau, April 1983), 479–489.
- Ramalho, M.M., 1971, Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique Supérieur et du Crétacé Inférieur des environs de Lisbonne (Portugal): Serviços Geologicos de Portugal Memoria, 19, 203 p.
- Soulié-Märsche, I., García, A., 2015, Gyrogonites and oospores, complementary viewpoints to improve the study of the charophytes (Charales): Aquatic Botany, 120, 7–17.
- Strong, E.E., Gargominy, O., Ponder, W.F., Bouchet, P., 2008, Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater: Hidrobiología, 595, 149–166.
- Tracey, S., Todd, J.A., Erwin, D.H., 1993, Gastropoda, in Benton, M.J. (Ed.), The Fossil Record 2: Chapman and Hall, London, 131–167.
- Weide, A.E., 1961, The stratigraphy and structure of the Parras Basin, Coahuila and Nuevo León, Mexico: U.S.A., Faculty of the Louisiana State University, Ph.D. Thesis, 74 pp.
- Weide, A.E., Murray, G.E., 1967, Geology of Parras Basin and adjacent areas of northeastern Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 51, 678–695.
- West, I.M., 2013, Purbeck Formation. Facies and Palaeoenvironments, Version 2, (on line): U.K, University of Southampton, available in [http://www.southampton.ac.uk/~imw/purbfac.htm], accessed [19 December, 2013].
- Weynschenk, R., 1951, Two new Foraminifera from the Dogger and Upper Triassic of the Sonnwend Mountains of Tyrol: Journal of Paleontology, 25, 793–795.
- Weynschenk, R., 1956, Some rare Jurassic index Foraminifera: Micropaleontology, 2, 283–286.
- Wilson, J.L., 1975, Carbonate facies in Geologic History: Berlin, Springer, 471 pp.
- Wood, R.D., 1965, Monograph of the Characeae, in R.D. Wood and K. Imahori (ed.), A Revision of the Characeae, vol. 1: Weinheim, Cramer, p. 1–904.

Manuscript received: June 26, 2018.

- Corrected manuscript received: November 30, 2018.
- Manuscript accepted: December 3, 2018.





Gasterópodos marinos de la Formación Tepetate, Baja California Sur, México

Priscila Morales-Ortega^{a,*}; Gerardo González-Barba^b

^a Museo de la Ballena y Ciencias del Mar, Navarro s/n, entre Altamirano y Gómez-Farías, Col. Centro, C.P. 23000, La Paz, B.C.S., México.

^b Museo de Historia Natural, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur, km 5.5, A.P. 19-B, C.P. 23080, La Paz, B.C.S., México.

*prisortega@gmail.com

Resumen

Se reportan 13 nuevos gasterópodos (*Campanile* sp. cf. *C. gigantea*, *Campanile* sp. cf. *C. dilloni*, *Cypraea*? sp., *Euspira* sp., *Sinum* sp., *Strombus*? sp., *Lobatus* sp. cf. *L. peruvianus*, *Ranella*? sp. cf. *R. australasia*, *Athleta* sp., *Eocithara mutica californiensis*, *Conus* (*Lithoconus*) sp., *Terebra californica* y *Akera maga*) en la Formación Tepetate con un intervalo de edad del Eoceno Temprano al Eoceno Medio-superior. Esta formación aflora sobre la margen oriental del Pacífico, entre los 70 y 150 km al noroeste de la ciudad de La Paz, desde el arroyo El Aguajito hasta el poblado de Santa Rita, Baja California Sur, México. Antes de este trabajo, se revisaron los listados faunísticos ya existentes, dando como resultado 26 registros, sumando esta cantidad con los reportados en este trabajo, se registran un total de 39 gasterópodos en la formación. Esta fauna es indicativa de aguas poco profundas (plataforma interna a externa) y de climas tropicales a subtropicales, relacionada con la corriente circum-tropical del Tethys. La gran abundancia y diversidad de especies se debe principalmente a que esta corriente circum-tropical creó las condiciones para un amplio intercambio biótico entre el Atlántico, el Golfo de México y el Pacífico.

Palabras clave: Baja California Sur, Eoceno, Formación Tepetate, Gasterópodos, México.

Abstract

A total of 13 new mollusc gastropods are reported (<u>Campanile</u> sp. cf. <u>C. gigantea</u>, <u>Campanile</u> sp. cf. <u>C. dilloni</u>, <u>Cypraea</u>? sp., <u>Euspira</u> sp., <u>Sinum</u> sp., <u>Strombus</u>? sp., <u>Lobatus</u> sp. cf. <u>L. peruvianus</u>, <u>Ranella</u>? sp. cf. <u>R. australasia</u>, <u>Athleta</u> sp., <u>Eocithara</u> <u>mutica californiensis</u>, <u>Conus</u> (<u>Lithoconus</u>) sp., <u>Terebra californica</u> and <u>Akera maga</u>), in the Tepetate Formation, with an age interval from early Eocene to late middle Eocene. This formation crops out on the eastern margin of the Pacific Ocean, between 70 and 150 km northwest of the La Paz city, from the arroyo El Aguajito to the Santa Rita town, Baja California Sur, Mexico. Before this work, we reviewed mollusca fauna lists, resulting in 26 records, adding this amount with the 13 reported of this work, a total of 39 gastropods are recorded in the formation. This fauna is indicative of shallow water (internal to external platform) and tropical to subtropical climates, related to the Tethys circum-tropical current. The great abundance and diversity of species is mainly due to the fact that this circum-tropical current created the conditions for a biotic exchange between the Atlantic, the Gulf of Mexico and the Pacific Ocean.

Keywords: Baja California Sur, Eocene, Tepeate Formation, Gastropods, Mexico.

1. Introducción

La Formación Tepetate es una de las unidades litoestratigráficas de origen marino más importantes en el estado de Baja California Sur. Esta formación aflora sobre la margen oriental del Pacífico mexicano y estudios previos sugieren que tiene un espesor aproximado de 1000 m y que representa una variedad de ambientes de depósito que van desde el Cretácico Superior (Fullwider, 1976) hasta Eoceno Superior (González-Barba, 2003). Su base no está expuesta, y la sobreyacen discordantemente las formaciones El Cien (Oligoceno-Mioceno) y Salada (Mioceno) (Heim, 1922; Mina-Uhink, 1957; Schwennicke *et al.*, 2004, 2005; Miranda-Martínez y Carreño, 2008; Morales-Ortega, 2010, 2012).

Una de las particularidades de la Formación Tepetate, es la gran cantidad y diversidad de fauna marina fósil que contiene. De esta diversidad, los invertebrados y principalmente los moluscos son el grupo de mayor abundancia (Squires, 1992; Morales-Ortega, 2010, 2012).

Los gasterópodos encontrados en la Formación Tepetate, son el grupo con mayor diversidad y con mayor presencia, después de los macroforaminíferos. Hasta el momento, se han reportado 26 especies que, junto con los 13 nuevos registros de este trabajo, nos da un total de 39 especies descritas para la formación. La clase Gastropoda es la de mayor éxito evolutivo de todos los moluscos. Se estiman alrededor de 15000 especies fósiles descritas, ya que su registro va desde el Cámbrico hasta la actualidad. Los moluscos han ocupado un lugar destacado en los estudios paleobiológicos, y han servido como organismos de estudio en numerosas investigaciones paleoambientales, paleoecológicas y evolutivas (Ponder y Lindberg, 1995; Ruppert y Barnes, 1996).

Se sabe que los gasterópodos de la Formación Tepetate derivan de una sucesión sedimentaria típica de ambientes de talud continental hasta la zona intermareal, e indican una biota de aguas cálidas. Estas condiciones se debieron a la existencia de la corriente ecuatorial llamada "corriente circum-tropical de Tethys", que durante la mayor parte del Eoceno fluía en dirección de este a oeste, lo que provocó condiciones climáticas tropicales a subtropicales, una alta bioproductividad y coincidió con un aumento en el nivel del mar, lo que produjo un intercambio biótico entre las faunas del Atlántico, el Golfo de México-Caribe y el Pacífico (Tabla 1) (Squires, 1992; González-Barba, 2003; Morales-Ortega, 2010).

2. Estudios previos

Los principales trabajos realizados en la Formación Tepetate son lito- y bioestratigráficos, los cuales son importantes para comprender la historia y evolución tanto geológica como biológica de la península. Sin embargo, existen pocos trabajos paleontológicos acerca de la fauna marina.

Los primeros en hacer mención de los invertebrados marinos fósiles fueron Squires y Demetrion (1991) quienes realizaron comparaciones de macrofauna de invertebrados entre las formaciones Tepetate y Bateque, encontrando equivalencia temporal en el Piso "Capay", aunque difieren litoestratigráficamente. Posteriormente, Squires (1992) reportó 18 especies de moluscos, foraminíferos, esponjas, corales, cangrejos y equinoideos del Eoceno Temprano en el arroyo El Conejo, que corresponde a la parte superior de la formación. Perrilliat (1996) describió los géneros de gasterópodos *Campanile* sp. y *Gisortia* sp. de la Formación Tepetate, en la localidad de El Canelo (tributario del arroyo San Hilario), que son elementos faunísticos de aguas tropicales someras del Eoceno Temprano.

En los últimos años, Schweitzer *et al.* (2002) describieron nuevas especies de crustáceos decápodos encontrados en tres diferentes formaciones de la península de Baja California: Formación Rosario (Cretácico), Formación Tepetate (Eoceno) y Formación El Cien (Oligoceno). González-Barba (2003) describió las asociaciones faunísticas de elasmobranquios fósiles en las formaciones Tepetate y Bateque y asignó una edad de Eoceno Medio a Superior (Pisos Luteciano al Priaboniano). Posteriormente, Schweitzer *et al.* (2005, 2006) describieron nuevas especies de decápodos de los Infraordenes: Thalassinideano, Anomura: Paguroidea y Brachyura de las formaciones Tepetate y Bateque.

Finalmente, Morales-Ortega (2010) registró las asociaciones faunísticas de invertebrados de la Formación Tepetate, donde se describieron 80 especies, incluyendo 17 nuevos registros y cuatro nuevas especies, y asignó una edad del Paleoceno Tardío (Selandiano-Thanetiano) al Eoceno Medio (Bartoniano).

3. Intervalo de edad

La fauna fosilífera de invertebrados marinos encontrados de la Formación Tepetate, indican una edad del Piso "Martínez" (Paleoceno Superior) hasta parte del Piso "Tejon" (Eoceno Medio y parte del Superior?); este está basado en el intervalo de Pisos de Moluscos de la costa Pacífico de Norteamérica. Estos pisos fueron nombrados por diversos autores y se basan en las faunas de gasterópodos encontradas en diferentes formaciones de Washington, Oregón, California (Estados Unidos) y Baja California Sur (México). A continuación se mencionan los pisos en orden ascendente del Paleoceno y Eoceno: Piso "Martinez" - Squires (1997); Piso "Meganos" - Squires (1990); Piso "Capay" – Squires y Goedert (1994), Squires (2000); Piso "Domengine" - Squires (1984, 2000, 2001); Piso "Transición" – Squires (1999b); Piso "Tejon" – Clark y Anderson (1938), Givens y Kennedy (1979), Nesbitt (1995).

Gasterópodos de la Formación Tepetate

Fabla I. Ga	sterópodos	marinos rep	oortados en l	la Forma	ción Tepetate	e, Baja	California	Sur,	México	*

Mollusca: Gastropoda	Mr	Me	Ca	Do	Tr	Те	Referencias
Velates perversus (Gmelin, 1791)			•	•?			Squires, 1999; Morales-Ortega, 2012
Velates batequensis Squires y Demetrion, 1990			•				Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2012
Turritella meganosensis protumescens Merriam y Turner, 1937			•				Squires, 1984; Morales-Ortega, 2012
Turritella merriami s.s. Dickerson, 1913			•				Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2012
Turritella buwaldana Dickerson, 1916		٠	•	•	•	•	Squires, 2008; Morales-Ortega, 2012
Turritella uvasana subsp.	•?	•?	•	•		•/	Beal, 1948; Morales Ortega, 2012
Tenagodus bajaensis Squires, 1990a			•				Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2012
<i>Epitonium</i> ? sp.			•				Morales-Ortega, 2012
Xenophora stocki Dickerson, 1916			•	•	•	•/	Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2012
Strombus? sp.			•				este estudio
Lobatus sp., cf. L. peruvianus (Swainson, 1823)			•				este estudio
Platyoptera pacífica Squires y Demetrion, 1990			•				Squires y Demetrion, 1992; Squires, 2001; Morales- Ortega, 2012
Ectinochilus (Macilentos) macilentus (White, 1889)			•	•			Squires, 2008; Morales-Ortega, 2012
Paraseraphs erracticus (Cooper, 1894)			•	•	٠		Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2012
Cypraea? sp.			•				este estudio
Gisortia sp.			•				Perrilliat, 1996
Eocypraea? sp.			•				Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2012
Amauropsis sp.			•				Squires y Demetrion, 1992; Squires, 2008; Morales- Ortega, 2012
Gyrodes? sp.			•	•?			Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2012
Sinum? sp.			•				este estudio
Euspira sp.			•				este estudio
Pachycrommium clarki (Stewart, 1927)			•	•	•	•	Squires, 2008; Morales-Ortega, 2012
Galeodea sp.			•		?		Squires, 2008; Morales-Ortega, 2012
Phalium (Semicassis) sp. cf. P. (S.) louella Squires y Advocate, 1986			•				Squires y Demetrion, 1994
Phalium (Semicassis) tuberculiformis (Hanna, 1924)			•				Morales-Ortega, 2012
Olequahia domenginica (Vokes, 1939)			•	•?			Squires, 1988; Morales-Ortega, 2012
Campanile sp. aff. C. gigantea			•				este estudio
Campanile sp. aff. C. dilloni			•				este estudio
Buccinum? sp.						•	Morales-Ortega, 2012
Ranella? sp. aff. R. australasia			•				este estudio
Lyrischapa lajollaensis (Hanna, 1927)			•				Squires y Demetrion, 1992; Morales-Ortega, 2010
Athleta sp.			•				este estudio
Eocithara mutica californiensis (Vokes, 1937)			•				Squires, 1984; este estudio
Mitridae, indet.							Morales-Ortega, 2010
Conus (Lithoconus) sp.			•	•			este estudio
Terebra californica Gabb, 1869			•	•	•	•	Squires, 1984; este estudio
Architectonica (Stellaxis) cognata Gabb, 1864			•	•			Squires, 1984; Morales-Ortega, 2010
Akera maga Vokes, 1939			•	•			Squires, 2001; este estudio

*donde: Mr = Piso "Martinez"; Me = Piso "Meganos"; Ca = Piso "Capay"; Do = Piso "Domengine"; Tr = Piso "Transición"; Te = Piso "Tejon". La simbología representa: "—" = presencia del género y/o especie en la costa del Pacífico de Norteamérica (desde Chiapas, México hasta Washington, Estados Unidos). "•" = presencia de la especie en la formación. "•?" = Piso "Tejon" (Eoceno Medio (Luteciano y Bartoniano)).

Es importante mencionar que aún no se han delimitado exactamente estos pisos, ya que se necesitan estudios de estratigrafía magnética y profundizar en la micro- y macropaleontología del lugar; además de una revisión en los estudios de bioestratigrafía de moluscos (Squires, 2003).

Parte de estos estudios se necesitan en el límite del Piso "Tejon", ya que este piso lo ubican dentro del Eoceno Medio (Luteciano y Bartoniano) y una pequeña porción del Eoceno Superior (parte del Priaboniano). Un dato aislado que aún no ha sido corroborado por otro grupo fósil, es el mencionado por González-Barba (2003), quien adjudica una edad del Eoceno Tardío (Priaboniano) para la formación con base en la descripción de tiburones y rayas fósiles (Miranda-Martínez y Carreño, 2008). Sin embargo, este dato aún no se ha corroborado con la fauna de invertebrados registrados, ya que no se sabe exactamente el límite del Piso "Tejon". Por otro lado, la mayoría de los invertebrados se encuentran en capas representativas del Piso "Capay" (Ypresiano), las cuales indican ambientes de plataforma externa a interna desde el Eoceno Temprano hasta Medio (Schwennicke *et al.*, 2004). Esto queda puesto de manifiesto en las localidades: MHN-UABCS Te3, Te6, Te8, Te23 y Te42, donde se han encontrado abundantes gasterópodos y se colectaron la mayoría de los especímenes que se reportan en este trabajo.

4. Localidades

La Formación Tepetate aflora sobre la vertiente del Océano Pacífico entre los 70 y 150 km, sobre la carretera México 1, al noroeste de la ciudad de La Paz, en el estado de Baja California Sur, México (Figura 1). MHN-UABCS Te1: Cañada Cerros Atravesados; km. 90, ramal del arroyo Guadalupe de la Herradura; 130 m de elevación. Lat. N. 24°15.8', Long. W 110°58.8'. Carta topográfica, San Juan de la Costa (G12D71), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

MHN-UABCS Te3: km 103.5, entre cañadas Palo Alto, El Morrito Alto y El Mangle (ramal del arroyo San Hilario); 122 m de elevación. Lat. N. 24°21.5', Long. W 111°02.6'. Carta topográfica, Las Pocitas (G12C79), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

MHN-UABCS Te4: km 71, lado sur de la carretera; 170 m de elevación. Lat. N. 24°09.3', Long. W 110°52.7'. Carta topográfica, El Conejo (G12D81), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.



Figura 1. Afloramientos de la Formación Tepetate, Baja California Sur, México (Carta Minero-Geológica, Baja California Sur, 2008), localidades (MHN-UABCS Te) y nombres de lugares geográficos. Línea gris continua, Carretera Federal 1 (México 1).

MHN-UABCS Te6: Cañada Palo Alto Sur, ramal del arroyo San Hilario; 118 m de elevación. Lat. N. 24°20.7', Long. W 111°02.3'. Carta topográfica, Las Pocitas (G12C79), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

MHN-UABCS Te8: El Canelo, ramal del arroyo San Hilario (cerca de la sección San Hilario, Figura 2); 98 m de elevación. Lat. N. 24°20.2', Long. W 111°00.6'. Carta topográfica, Las Pocitas (G12C79), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

MHN-UABCS Te10: El Hornito-El Aguajito, hacia el sureste del arroyo El Conejo; 198 m de elevación. Lat. N. 24°09.6', Long. W 110°53.3'. Carta topográfica, El Conejo (G12D81), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

MHN-UABCS Te23: Cañada El Llano, ramal del arroyo San Hilario; 75 m de elevación. Lat. N. 24°18.5', Long. W 111°02.4'. Carta topográfica, Las Pocitas (G12C79), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

MHN-UABCS Te36a: base de Los Zanjones; 95 m de elevación. Lat. N. 24°19.2', Long. W 111°0.7', Carta topográfica, Las Pocitas (G12C79), 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

MHN-UABCS Te42: Cañada El Llano, yendo hacia Los Zanjones; 91 m de elevación. Lat. N. 24°19.7', Long. W 111°01.0'. Carta topográfica, Las Pocitas (G12C79) 1:50000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Baja California Sur, México.

5. Material y métodos

Cada especie fue descrita con el mayor detalle posible, ya que muchos de los ejemplares presentan un alto grado erosión. Los apartados de distribución y rango de edad fueron obtenidos de la bibliografía disponible con base en las faunas contemporáneas de Estados Unidos (costa Este y Oeste), Europa y Caribe. Cabe destacar que cada una de las especies fue, en muchos de los casos, ampliamente discutida y referenciada, ya que varios de los ejemplares representan una especie o un registro nuevo o simplemente se hace referencia al nuevo intervalo de edad y/o distribución geográfica. Por otro lado, los términos que denotan la abundancia son definidos de la siguiente manera (número de especímenes entre paréntesis): "poco abundantes o frecuentes" (1–9), "comunes" (10–30) y "abundantes" (31 y más).

Todos los especímenes se encuentran depositados en la Colección de Referencia Paleontológica de Invertebrados del Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (MHN-UABCS), con su respectiva clave de identificación, donde: Te, es referente a la Formación Tepetate, número de la localidad / número de colecta / número de ejemplar o ejemplares.

6. Paleontología sistemática

Toda la sistemática fue revisada y comparada con diferentes bases de datos existentes electrónicamente y reexaminada con la bibliografía disponible. Las principales bases de datos electrónicas utilizadas fueron, Paleobiology Database (http://paleodb.org), World Register of Marine Species (WoRMS, http://marinespecies.org) y OBIS Indo-Pacific Molluscan Database (http://clade.ansp.org/obis/ find_mollusk.html). La literatura utilizada fue, Vaught (1989), Keen (1971), Ponder y Lindberg (1997) y Poppe y Tagaro (2006).

Clase Gastropoda Cuvier, 1797 Subclase Orthogastropoda Ponder y Lindberg, 1997 Superorden Heterobranchia Gray, 1840 Orden Sorbeoconcha Ponder y Lindberg, 1995 Superfamilia Campaniloidea Douvillé, 1904 Familia Campanilidae Douvillé, 1904

Género Campanile Fischer, 1884

Especie tipo. *Cerithium giganteum* Lamarck, 1804; por designación original. Eoceno, Cuenca de París, Francia.

Diagnosis. Concha alargada y turriforme; los giros tienen lados rectos o ligeramente convexos, con suturas moderadamente incisas. Los giros presentan un collar tuberculado subsutural, con cordones espirales y estrías finas. Abertura estrecha y fusiforme, con un canal anterior de moderada longitud. La columenla puede ser lisa o trenzada.

Campanile sp. cf. C. gigantea (Figura 3.1)

Descripción. Moldes internos abundantes, pero ninguno completo; la mayoría de las muestras conserva los primeros cuatro giros de la espiral (desde la abertura seguida de cuatro giros). La forma de la concha es turriforme. Algunos especímenes presentan un collar tuberculado subsutural (también llamados nodos) poco visibles o simplemente no los presentan. Ningún espécimen muestra la abertura.

Material. MHN-UABCS Te6/71/20, MHN-UABCS Te8/74/537-549, MHN-UABCS Te23/32/7-10 y MHN-UABCS Te42/95/512 y 514-530. Los especímenes tienen una longitud que va desde los 140 mm hasta los 330 mm (los primeros cuatro giros de la espiral, desde la posible abertura).

Discusión. Hasta el momento existen tres registros del género *Campanile* del Eoceno en la costa del Pacífico de Norteamérica. Estas especies son *Campanile* n. sp.? Squires (1987), *C. dilloni* (Hanna y Hertlein, 1949) y *Campanile*



Figura 2. Sección de San Hilario, se muestra la posición estratigráfica de algunos macrofósiles encontrados (Eoceno Inferior – Eoceno Medio-tardío) (sección modificada de González-Barba, 2003).

sp. reportado por Perrilliat (1996). Sin embargo, existe una gran controversia para designar la especie, ya que Perrilliat (1996) menciona que *Campanile* n. sp.?, mencionada por Squires (1987), no es una nueva especie, ya que Squires no consideró un material mejor preservado, por lo que esta especie y *C. dilloni* podrían ser la misma.

En este mismo trabajo, Perrilliat reporta por primera vez el género *Campanile* en el estado de Baja California Sur, con especímenes de la Formación Tepetate. En este trabajo compara a *Campanile* sp. con *C. dilloni* (Hanna y Hertlein, 1949) y con *C. gigantea* (Lamarck, 1804), sin embargo no se hace una designación específica.

Los nuevos especímenes colectados en este trabajo fueron comparados con diferentes especies reportadas en otras partes del mundo, sobre todo con especímenes encontrados en la Cuenca de París, sin embargo se llegó a la conclusión de que estos son muy similares a *C. gigantea* por la forma de la concha, la presencia del collar tuberculado subsutural de ocho nodos y una longitud de 330 mm. Esta longitud es igual a la de un espécimen completo de *C. gigantea* de la Cuenca de París (que pueden presentar entre 16 y 17 giros). Sin embargo, esto puede ser discutido ampliamente hasta que se encuentren especímenes mejor preservados y completos.

Campanile sp., cf. C. dilloni (Hanna y Hertlein, 1949) (Figura 3.2)

Descripción. Solo se encontraron tres moldes internos incompletos, con poca preservación. Forma de la concha turriforme y algunos presentan hasta 10 giros cerrados (pueden llegar a presentar entre 14 y 16 giros). Algunos especímenes poseen un collar subsutural tuberculado. Ningún espécimen muestra la abertura.

Material. MHN-UABCS Te42/95/512 y MHN-UABCS Te42/95/513, longitud entre 180 mm y 160 mm, respectivamente.

Discusión. Los nuevos especímenes encontrados en la Formación Tepetate presentan cierta similitud con *C. dilloni*, a pesar de que no se encontraron ejemplares completos. Squires (1999a) menciona que *C. dilloni* solo se distribuye en California, Estados Unidos, en los Pisos "Meganos" y "Capay" sin embargo, existe la posibilidad de que la distribución geográfica de la especie se extienda hasta Baja California Sur, México.

Por otro lado, aún persiste la idea, de que en la formación existan fósiles tanto de *C. dilloni*, como de *C. gigantea* Lamarck (1822) (anteriormente descrito). Hasta el momento, la característica más obvia solo es el tamaño, se sabe que la concha completa de *C. gigantea* puede llegar a medir de 400 a 600 mm de largo (aunque se debe tomar en cuenta, que los moldes internos del género *Campanile* son sustancialmente más pequeños que las conchas originales debido a que las suturas son espesas y cerradas), mientras que los ejemplares de *Campanile* sp., aff. *C. dilloni* son

relativamente más pequeños. Sin embargo, esta idea no puede ser concluyente hasta que no se obtengan más y mejores ejemplares (Squires y Advocate, 1986; Perrillat, 1996; Kiel *et al.*, 2000; Sälgeback y Savazzi, 2006; Morales-Ortega, 2012).

Superorden Hypsogastropoda (Ponder y Lindberg, 1997) Infraorden Littorinimorpha Golikov y Starobogtov, 1975 Superfamilia Cypraeoidea (Rafinesque, 1815) Familia Cypraeidae Rafinesque, 1815 Subfamilia Cypraeinae Rafinesque, 1815

Género Cypraea Linnaeus, 1758

Especie tipo. *Cypraea trigris* Linnaeus, 1758, por designación subsecuente (Montfort, 1810). Reciente, Indo-Pacífico.

Diagnosis. Concha ovalada o elíptica, espira corta y oculta debajo de la vuelta del cuerpo. Superficie de la concha lisa. Parte ventral más o menos aplanada. Abertura larga y estrecha, que se extiende hasta casi la longitud total de la concha. Labios con crestas o dientes transversales.

Descripción. Solo un molde interno con buena preservación. Concha de tamaño medio, globosa y ovalada, con superficie lisa. Espira parcial o totalmente escondida. La vuelta del cuerpo oculta completamente las vueltas precedentes. La abertura de los cypraeidos es larga y estrecha, la cual se extiende hasta la longitud total de la concha, la parte anterior de la abertura termina de manera cónica.

Material. MHN-UABCS Te8/74/605, longitud total 26 mm.

Discusión. Se cree que este espécimen es un *Cypraea?* Juvenil. Este género suele confundirse con *Bulla*, esto por la forma de la concha; sin embargo las especies del género *Bulla* tienen una abertura anterior ancha y redonda, la abertura anterior del espécimen encontrado en la Formación Tepetate tiene una forma cónica característica importante para distinguir el género *Cypraea*.

Hasta el momento, solo existe un registro de la familia Cypraeidae en el estado de Baja California Sur (Formación Bateque) reportada por Squires y Demetrion (1992), la cual es *Bernaya (Protocypraea) grovesi*, por lo que *Cypraea*? sp. sería la segunda especie reportada para el estado y podría representar el primer registro del género. Sin embargo, la determinación genérica puede ser discutida, ya que se trata de un molde interno.

> Superfamilia Naticoidea Guilding, 1834 Familia Naticidae Guilding, 1834 Subfamilia Polinicinae Gray, 1847



Figura 3. 1, *Campanile* sp. cf. *C. gigantean*, MHN-UABCS Te42/95/514; 2, *Campanile* sp. cf. *C. dilloni*, MHN-UABCS Te42/95/512; 3, *Cypraea*? sp., MHN-UABCS Te8/74/605; 4, *Euspira* sp., MHN-UABCS Te8/9a/105; 5–6, *Strombus*? sp., MHN-UABCS Te8/74/583 y MHN-UABCS Te32/48/112; y 7, *Lobatus* sp. cf. *L. peruvianus*, MHN-UABCS Te8/74/600. Escala a 10 mm, excepto el género *Campanile*.

Género Euspira Agassiz in J. Sowerby, 1837

Polinices (Euspira) Agassiz, in J. Sowerby, 1837, p. 14.

Polinices (Lunatia) Gray, 1847, p. 149.

Especie tipo. *Natica glaucinoides* J. Sowerby, 1812 = *Euspira glaucinoides* (J. Sowerby, 1812); por designación subsecuente.

Diagnosis. Concha globosa de talla mediana a grande; espira corta con suturas bien marcadas. Presenta un ombligo abierto y carece de funículo.

Euspira sp. (Figura 3.4)

Descripción. Sólo dos especímenes encontrados en la localidad El Canelo. Estos especímenes tienen la típica forma de los miembros de la familia Naticidae. La espiral presenta un ángulo casi de 100° y con una superficie externa lisa.

Material. Espécimen MHN-UABCS Te8/9a/105, 29 mm de longitud; espécimen MHN-UABCS Te8/9a/106, 20 mm de longitud.

Discusión. Squires (1984) reporta a *Polinices (E.) nuciformis* (Gabb, 1864) de la Formación Llajas, California, Estados Unidos, pero solo menciona el rango de edad y la distribución geográfica, sin la descripción de la especie. Cabe mencionar, que en la actualidad *Polinices* y *Euspira* se consideran dos géneros diferentes, de hecho Squires (1984) menciona a *Euspira nuciformis* como una sinonimia de *P.* (*E.*) *nuciformis*.

Los especímenes encontrados en esta formación, se consideran como *Euspira* sp. ya que se parecen en demasía a varias especies pertenecientes a este género, sobre todo en la forma de la concha. Las especies actuales del género *Polinices* presentan una concha más alargada.

El registro fósil de *Euspira*, es bastante amplio en Europa y coincide con el intervalo de edad, por ejemplo, *Euspira glaucinoides* de London Clay en la Isla de Sheppey, Reino Unido, con una edad del Eoceno Temprano (equivalente al Piso "Capay") (Clouter *et al.*, 2000).

Los ejemplares encontrados podrían representar el primer registro de este género en el estado de Baja California Sur, México; sin embargo se necesitan más especímenes con mucha mayor y mejor preservación para poder comparar entre géneros.

> Subfamilia Sininae Woodring, 1928 Género Sinum Röding, 1798

Sinum Röding, 1798, Mus. Bolten, p. 14

Sigaretus Lamarck, 1799, Mem. Soc. Nat. Hist., París, p. 77.

Especie tipo. *Sinum haliotideum* Röding, 1798 = *Helix haliotoidea* Linnaeus, 1758; por designación subsecuente (Dall, 1915, 109 p.).

Diagnosis. Concha globosa aplanada de tamaño medio. Espira baja, característica de la familia Naticidae; la sutura es poco profunda pero notoria. La abertura amplia, oval a redondeada. Algunas especies presentan una escultura externa con finas y muy juntas costillas espirales.

Sinum sp. (Figura 4.1)

Descripción. Solo cuatro especímenes, todos moldes internos con poca preservación. La forma de la concha es ovalada y levemente aplanada, la superficie externa es lisa sin rastro de ornamentaciones. Espiral baja, obtusa y con pocas vueltas. Abertura grande. No se observan otras estructuras tales, como el callo u ombligo.

Material. MHN-UABCS Te 42/95/141-144, longitud promedio 33 mm.

Discusión. *Sinum* fue reportado por primera vez en la Formación Tepetate por Beal (1948), en este trabajo se registra *Sinum* sp. cf. *S. obliquum*. Años más tarde, Squires (1984) reporta ésta misma especie, en California; sin embargo, en ninguno de los trabajos hay alguna descripción de los especímenes, por lo que la comparación

no fue posible. Además, los ejemplares encontrados en esta formación presentan una pobre preservación por lo cual no se pudo comparar con otras especies reportadas en otras partes del mundo.

> Superfamilia Stromboidea Rafinesque, 1815 Familia Strombidae Rafinesque, 1815

> > Género Strombus Linnaeus, 1758

Especie tipo. *Strombus pugilis*, Linnaeus, 1758, 10th ed., 742 p.; por designación subsecuente (Montfort, 1810, Conchyliologie systématique, vol. 2, 515 p.). Holoceno, Caribe y Florida.

Diagnosis. Concha gruesa, sólida y pesada, con una última vuelta del cuerpo grande. Canal sifonal bien desarrollado. Labio externo engrosado y ensanchado en especímenes adultos, característico del género; por lo general presenta una muesca.

Strombus? sp. (Figura 3.5–6)

Descripción. Especímenes comunes en la parte media de la formación (localidades representativas del Piso "Capay"), aunque todos son moldes internos y la mayoría con buena preservación, pero ninguno completo. Estos gasterópodos tienen una concha alargada casi cónica; la espira presenta cinco giros sin ornamentaciones. En algunos especímenes se observa un labio externo bien desarrollado (en algunos se observa ensanchado) que probablemente se extendía hasta el primer o segundo giro de la espira, aunado a esto, en la vuelta del cuerpo se observa una "hendidura" bien desarrollada que hace que el labio externo se extienda hacia arriba, ésta "hendidura o surco" tal vez es producido por una costilla interna dentro de la abertura. La abertura no se observa en ningún espécimen. Canal sifonal corto.

Material. Todos moldes internos. MHN-UABCS Te3/52/58, MHN-UABCS Te8/9a/99-102, MHN-UABCS Te8/9b/150-152, MHN-UABCS Te8/33/264, MHN-UABCS Te8/47/313-316, MHN-UABCS Te8/74/583-598, MHN-UABCS Te23/48/112 y MHN-UABCS Te42/95/173-192. Longitud máxima 63 mm (canal sifonal incompleto); común entre 28 a 55 mm.

Discusión. Este gasterópodo se ubicó dentro del género *Strombus*, ya que los moldes encontrados presentan un característico labio externo que se extiende en forma de ala (hasta el primer o segundo giro de la espira) además la forma de la concha es muy parecida a varias especies de este género. Sin embargo, persiste la idea de que se trate de una nueva especie, pero hasta el momento no se tienen ningún ejemplar en buenas condiciones.

Bajo una amplia revisión bibliográfica, estos moldes internos se asemejan a la especie actual, *Strombus urceus* Linnaeus, 1758, del Pacífico occidental, con una talla actual de cinco a seis centímetros, sin embargo se asemeja a *Strombus* sp. solo en la forma de la espira y vuelta del cuerpo, el labio externo de *S. urceus* no es tan extendido. Además, este último presenta costillas gruesas en la espira, ningún de molde interno encontrado en la Formación Tepetate, presenta ornamentaciones o marcas en la espira (Dance, 1992; Lindner, 1979).

Se encontró el género Stromboconus, de Cava Rossi, Monte di Malo, Vicenza, Italia, con edad del Piso Cuisiano equivalente al intervalo de edad del Ypresiano (Eoceno Inferior: Piso "Capay"). Este gasterópodo presenta ornamentaciones en la espiral, costillas axiales y finas cuerdas espirales, sin embargo la forma de la concha y el labio exterior extendido es muy parecido a los especímenes encontrados en la Formación Tepetate, además los ejemplares de Italia presentan una "hendidura" no tan marcada (Liverani, 2008). Otros posibles géneros son Hemithersitea (del Luteciano, Eoceno, de Louis Gentil, Marruecos); Oostrombus (Oostrombus cf. O. auriculatus) del Oligoceno inferior, en Gaas, Francia); y Thersitea (Thersitea ponderosa, del Eoceno de Ksar Birine, Argelia). La morfología de la concha original de estos tres últimos géneros es poco perecida entre ellos, y muy poco parecida a los moldes internos de Strombus sp., sin embargo presentan una tendencia a la formación de una hendidura y un labio extendido (Liverani, 2008).

Otra explicación del porqué mencionar estos últimos géneros es debido a que Savornin (1914) en su trabajo titulado "Sur Les Affinités Morfologiques des genres *Thersitea* Coquand, *Pereiraea* Crosse, *Oostrombus* Sacco. Gastropodes fossiles des provinces Tertiaires Méditerranéennes" menciona la homogeneidad de las formas de la familia Strombidae, basándose en las observaciones y características de las conchas originales y de los moldes internos de las diferentes especies estudiadas.

Por otro lado, no existe registro en la costa Pacífica de Norteamérica de alguna especie de la familia Strombidae parecida a la encontrada en esta formación, por lo que se corrobora aún más la idea de que se trate de una especie, e incluso de un nuevo género. Sin embargo, a pesar de contar con abundantes moldes internos, aún no se puede asegurar esto, ya que se necesitan conchas originales.

Género Lobatus Swainson, 1823

Especie tipo. *Strombus bituberculatus* Lamarck, 1822, 690 p.; por monotipo (Iredale, 1921, p. 208); sinonimia subjetiva junior *S. raninus* Gmelin, 1791, p. 3511. Reciente, India Occidental y Florida.

Lobatus sp., cf. L. peruvianus (Swainson, 1823) (Figura 3.7)

Descripción. Solo dos moldes internos, con buena preservación. La descripción se realizó con el espécimen MHN-UABCS Te8/74/600. La forma de la concha se asemeja a un cono, con una espira cónica corta, débilmente

nodular. La vuelta del cuerpo con crestas espirales bajas e irregulares y dos hileras de tubérculos, una en la parte media de la vuelta del cuerpo y la otra sobre el hombro.

Material. MHN-UABCS Te8/74/599, longitud total de 91 mm; MHN-UABCS Te8/74/600, longitud total 104 mm.

Discusión. En la actualidad, *Lobatus peruvianus* presentan tres hileras de tubérculos, una sobre el hombro y dos en la parte media de la vuelta del cuerpo, y llegan a medir normalmente 150 mm, con tallas máximas de 200 mm. Al comparar esta especie con los moldes internos encontrados, estos se asemejan en la forma y la escultura de la concha, sin embargo, el espécimen más grande apenas alcanza los 104 mm, tal vez en lo único que difiere es en la talla, y por ello los caracteres de los moldes no son tan marcados como en los actuales.

Hasta el momento no se ha reportado *Lobatus* sp. con edad eocénica en Norteamérica, por lo que representan el primer registro en el estado de Baja California Sur, México y en la costa del Pacífico de Norteamérica.

> Superfamilia Tonnoidea Suter, 1913 Familia Ranellidae Gray, 1854 Subfamilia Ranellinae Gray, 1854

Género Ranella Lamarck, 1816

Especie tipo. *Ranella gigantea* Lamarck, 1816 = *Murex olearium* Linnaeus, 1758: por designación subsecuente (Tableau Encyclopédique et Méthodique, vers: 413 pl.). Mediterráneo, Irlanda hasta Sudáfrica y Nueva Zelanda.

Diagnosis. Concha sólida, con forma oval a oblonga. Presenta una serie de varices, cuerdas espirales y una serie de nódulos, sobre la espira y vuelta del cuerpo. Abertura ovalada. Canal sifonal corto, conspicuo y recto.

Ranella? sp. cf. R. australasia (Perry, 1811) (Figura 4.2)

Descripción. Único espécimen, la preservación es buena a pesar de ser un molde interno, al parecer se trata de un organismo juvenil. La forma de la concha es ovalada a fusiforme. Se puede observar una muy marcada escultura, ya que presenta nodos y costillas espirales en todo el cuerpo (espira y vuelta del cuerpo). Algo característico de este gasterópodo es que presenta varices axiales (o crestas) una en cada espira y otra muy larga en la vuelta del cuerpo que parece llegar hasta el canal sifonal. La vuelta del cuerpo es inflada y la abertura parece redondeada o ligeramente ovalada. Canal sifonal corto.

Material. MHN-UABCS Te8/9a/109, longitud total 37 mm.

Discusión. Comúnmente el género *Ranella* es llamado triton, de hecho, en el 2010, Morales-Ortega, asigna a *Ranella*? sp. aff. *R. australasia* como *Eutritonium* (*Sassia*) (también llamados tritones), nombrado por Cossmann (1919) en el Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de



Figura 4. 1, Sinum sp., MHN-UABCS Te42/95/141; 2, Ranella? sp. cf. R. australasia, MHN-UABCS Te8/9a/109; 3, Athleta sp., MHN-UABCS Te23/48/115; 4, Eocithara mutica californiensis, MHN-UABCS Te36a/87a/11; 5, Conus (Lithoconus) sp., MHN-UABCS Te8/74/708; 6, Terebra californica, MHN-UABCS Te23/32/18; y 7, Akera maga MHN-UABCS Te1/1/512. Escala a 10 mm.

L'Ouest de la France (Tomo V: 1915–1919). En este boletín, Cossmann reporta 11 especies del género *Eutritonium*, sin embargo, solo *E.* (*S.*) *nodularium*, *E.* (*S.*) *dumortieri* y *E.* (*S.*) *multigraniferum* son las que tienen más afinidad con el único espécimen encontrado en la formación. La descripción que da Cossmann es muy pobre y las figuras no ayudan a la comparación, por lo que no fue posible identificar específicamente, según Morales-Ortega (2010).

Adicionalmente, Morales-Ortega (2010) menciona que *Eutritonium* y *Sassia*, actualmente presentan muchas sinonimias. De hecho, *Eutritonium* es un género que aún se conserva, pero se considera como una sinonimia subjetiva del género *Charonia* Beu, 2005. Por otro lado, *Sassia* Bellardi, 1872, ahora se considera como género, tanto *Charonia*, como *Sassia* se encuentran ubicadas dentro de la familia Ranellidae, subfamilia Cymatiinae Iredale, 1913 (1854) (Beu, 2005).

Para este trabajo, el espécimen fue examinado nuevamente y fue reasignado al género *Ranella*, perteneciente a la familia Ranellidae, la misma familia asignada por primera vez por Morales-Ortega (2010). El ejemplar fue asignado a este género por la similitud que presenta con *R. australasia*, principalmente por la forma de la concha y la escultura bien marcada, con nódulos suavizados sobre el hombro (una o dos filas), con cuerdas espirales irregulares sobre toda la concha y con un canal sifonal corto. La única diferencia es la presencia de dos várices por cada espira y en la vuelta del cuerpo; el espécimen MHN-UABCS Te8/9a/109, solo

presenta una varice. Además, la distribución actual de *R. australasia* es Oceanía y la talla en promedio es de 80 mm, máximo de 120 mm de longitud (Beu, 1979; Dance, 1992).

A pesar de la nueva asignación que se le da al espécimen, las especies reportadas por Cossmann (1919) siguen generando dudas, ya que la semejanza que tienen con el espécimen es indudable, además de que coinciden en la edad, es decir son especies del Eoceno Temprano. Sin embargo, hasta que no se tengan nuevos especímenes, la asignación genérica tendrá que ser respetada.

Ranella? sp. cf. *R. australasia* representa el primer registro en el estado de Baja California Sur, México y posiblemente es el primero en toda la costa Pacífica de Norteamérica, lo que pone de manifiesto la influencia de la paleo-corriente del Mar de Tethys.

> Orden Neogastropoda Thiele, 1929 Superfamilia Muricoidea Da Costa, 1776 Familia Volutidae Rafinesque, 1815 Subfamilia Athletinae Pilsbry y Olsson, 1954

> > Género Athleta Conrad, 1853

Athleta Conrad, 1853, p. 448-449.

Notoplejona Marwick, 1926, p. 262, 270.

Especie tipo. *Voluta rarispina* Lamarck, 1811; por designación subsecuente (Dall, 1890, 75 p.). Mioceno, Cuenca Aquitania, Francia.

Diagnosis. Concha bicónica a fusiforme, espiral deprimida a moderadamente elevada en muchas especies. Escultura externa variable, algunas especies con espirales y elementos axiales interrumpidos, otras con costillas axiales y/o tubérculos periféricos prominentes y elementos espirales muchas más débiles. Abertura piriforme a subcircular. La columela puede ser estrecha y/o fuertemente revestida, puede ser trenzada o ser casi o completamente lisa. Algunas especies presentan callo parietal, en otras está ausente.

Athleta sp. (Figura 4.3)

Descripción. Solo un molde interno, con buena preservación aunque la superficie se observa un tanto erosionada. Forma de la concha subfusiforme, con una espira cónica más o menos elevada con tres giros pequeños. Cuerpo de la concha con hombro redondeado, sin nodos o espinas. La vuelta del cuerpo abarca casi dos terceras partes de la longitud total. El canal sifonal recto, corto y poco profundo (aunque el molde se encuentra ligeramente aplastado en esta parte). No forman una fasciola basal. Por tratarse de un molde interno no se observan pliegues columelares. La característica principal es la presencia de fuertes costillas axiales sobre la superficie de la espiral y en la vuelta del cuerpo.

Material. MHN-UABCS Te23/48/115, longitud total 46 mm.

Discusión. *Athleta*, género extinto perteneciente a la familia Volutidae, este ha sido reportado en varias partes del mundo. Hasta el momento, solo se tenía registro en las zonas del Océano Índico, Mar Mediterráneo y en las costas orientales y occidentales del Océano Atlántico, sin embargo, también se ha registrado en la parte oriental del Océano Pacífico (Nueva Zelanda), pero no se había tenido reporte alguno en las costas del Pacífico occidental. El espécimen encontrado en la Formación Tepetate, representa el primer reporte de este género en la región del Pacífico de Norteamérica, lo que representaría la gran dispersión que tuvieron las larvas de moluscos debido a las corrientes superficiales de Tethys (Morales-Ortega, 2010).

El género *Athleta* se encuentra estrechamente relacionado con los géneros *Volutovetus* Pilsbry y Olsson (1954) y *Voluta* Linnaeaus (1758). La mayoría de las especies descritas dentro de estos géneros, han sido reportadas en la Cuenca de París. Pilsbry y Olsson (1954) mencionan que la relación entre *Athleta* y *Volutovetus* es menos directa y que la diferencia entre ambos géneros está en la espira, ya que *Volutovetus* presenta de cinco a seis giros (especímenes adultos), además de la presencia de espinas o nodos en los hombros; *Athleta* no presenta estas ornamentaciones. Por otro lado, *Voluta* es un género que tiene una amplia distribución y tiene un intervalo de edad desde el Piso Daniano (65.5 Ma) hasta el Pleistoceno (0.78 Ma), presenta numerosos pliegues en la columela (forma de trenzas) que es la característica principal para separar éste género de *Athleta*; de manera obvia no se puede observar la columela del espécimen encontrado ya que se trata de un molde interno (Keen, 1971; PALEO-DB, 2013).

Por otro lado, el espécimen encontrado en la Formación Tepetate, se asemeja al subgénero Neoathleta Bellardi, 1890, éste ha sido reportado en algunos países del continente europeo pero principalmente en la Cuenca de París e Italia. La semejanza que tiene el espécimen es principalmente con la forma de la concha, las fuertes costillas axiales y la forma de la abertura; las especies con mayor parecido, son: A. (Neoathleta) plicatella (Deshayes, 1835) y A. (N.) lyra (Lamarck, 1802) del Paleoceno-Eoceno de París; y A. (N.) fuchsi (De Gregorio, 1880) y A. (N.) listeranum Le Renard, 1994, del Eoceno de Verona, Italia septentrional, sin embargo no fue posible la identificación específica, ya que el espécimen que se tiene es un molde interno con poca preservación (Pacaud, 2007; Quaggiotto y Mellini, 2008). De igual manera, la asignación del género puede ser ampliamente discutida, pero hasta que no se tengan más y mejores ejemplares, esta determinación deberá ser respetada.

Familia Harpidae Bronn, 1849

Género Eocithara Fischer, 1883

Especie tipo. *Harpa mutica* Lamarck, 1803; por monotipo.

Eocithara mutica californiensis (Vokes, 1937) (Figura 4.4)

Harpa (Eocithara) mutica Clark y Vokes, 1936, pl. 2, fig. 5.

Harpa (Eocithara) mutica californiensis Vokes, 1937, p. 11, pl. 2, figs. 2, 4, 6, 8.

Eocithara mutica californiensis (Vokes). Rehder, 1973, p. 225, pl. 193.

Descripción. Solo se halló un molde interno con poca preservación. Forma de la concha ovalada, con una espiral baja y puntiaguda. La espiral presenta una simple sutura lineal, y abarca el 30% de la longitud total. Este ejemplar muestra una escultura axial bien marcada, que es una característica importante del género. La espiral presenta aproximadamente 19 costillas axiales (poca preservación) y nueve costillas en la vuelta del cuerpo (especímenes completos presentan de 12 a 13 várices). La abertura abarca aproximadamente el 70% de la longitud total. Presenta un canal sifonal corto.

Material. MHN-UABCS Te36a/87a/11, 23 mm de longitud.

Discusión. El género *Eocithara* ya ha sido reportado por Squires y Demetrion (1992) en la Formación Bateque, sin embargo, no hay descripción. Anteriormente, Squires (1984) reporta *E. mutica californiensis*, de la misma manera no hace la descripción de los especímenes, solamente menciona la presencia de "finas crestas".

Por otra parte, el espécimen encontrado en la Formación Tepetate, se asemejan a varias especies reportadas en la Cuenca de París, por ejemplo: *E*. (s.s.) *mutica* (Ypresiano – Lutetiano), *E*. (s.s.) *elegans* (Bartoniano), *E*. (s.s.) *helenae* n. sp. (Ypresiano), *Eocithara* (s.s.) sp. 1 (Ypresiano) y *Eocithara* (s.s.) sp. 2 (Ypresiano) sin embargo, la comparación con estas especies no fue posible, ya que no se observan varios caracteres principales (Merle y Pacaud, 2003).

La determinación específica pudo ser discutida a pesar de tratarse de un solo molde interno, pues el espécimen es considerablemente parecido a *E. mutica californiensis*. El espécimen encontrado en la Formación Tepetate ampliaría la distribución, es decir desde California, Estados Unidos hasta la parte sur del estado de Baja California Sur, México.

> Superfamilia Conoidea Rafinesque, 1815 Familia Conidae Fleming, 1822 Subfamilia Coninae Fleming, 1822

> > Género Conus Linnaeus, 1758

Especie tipo. *Conus marmoreus* Linnaeus, 1758, 712 p.; por designación subsecuente, Children, 1823. Reciente, Indo-Pacífico.

Subgénero Lithoconus Mørch, 1852

Especie tipo. *Conus millepunctatus* Lamarck, 1822, 461 p.; por designación subsecuente. Reciente, Indo-Pacífico.

Diagnosis. Concha de talla media a grande; espira plana o baja. Escultura externa lisa o con crestas poco notorias cerca de la base. Abertura casi paralela.

> Conus (Lithoconus) sp. (Figura 4.5)

Descripción. Moldes internos, con buena muy preservación. En la localidad El Hornito-El Aguajito (MHN-UABCS Te10) los moldes están fosfatizados, con una talla menor a 15 mm de altura. La forma de la concha es cónica con una escultura externa completamente lisa. Espiral baja casi aplanada. Abertura muy larga y estrecha, con un canal sifonal corto.

Material. MHN-UABCS Te1/1/66-67, MHN-UABCS Te1/41/109-110, MHN-UABCS Te3/39/26, MHN-UABCS Te4/80/114-115, MHN-UABCS Te8/74/708, MHN-UABCS Te10/12/162 y MHN-UABCS Te10/20/242-245. Longitud máxima 36 mm; común hasta 20 mm. Moldes internos fosfatizados no mayores a 15 mm.

Discusión. Hasta ahora solo se han reportado especies del género *Conus* con la característica de presentar una

espiral alta (no aplanada) y con ornamentaciones fuertes como nodos en el hombro o cuerdas espirales en la espira, en la costa del Pacífico de Norteamérica. Estas características están presentes en *C. caleocius* Vokes, 1939 reportado por Squires y Demetrion (1992) de la Formación Bateque; y *Conus* sp. reportado por Squires y Goedert (1994) de la Formación Crescent, en Little River, Washington, Estados Unidos.

Hasta el momento *Conus* (*Lithoconus*) sp. sería la primera especie reportada de la familia Conidae con la característica principal de presentar una espira baja casi aplanada y sin ornamentos en la costa del Pacífico de Norteamérica.

Familia Terebridae Mørch, 1852

Género Terebra Bruguière, 1789

Especie tipo. *Terebra californica* Gabb, 1869, 162 p., 27 pl., 41 fig.

Terebra californica Gabb, 1869 (Figura 4.6)

Descripción. Solo cinco especímenes encontrados en toda la formación, todos con poca preservación. La espiral es alargada, delgada y puntiaguda, con costillas finas axiales debajo de la sutura de cada vuelta de la espiral. Abertura pequeña y estrecha.

Material. MHN-UABCS Te8/58b/380, MHN-UABCS Te8/74/534-536 y MHN-UABCS Te23/32/18. Longitud promedio 30 mm.

Discusión. *T. californica* representa el primer registro en el estado de Baja California Sur, México. Además, se ampliaría el rango de edad, de Piso "Domengine" hasta el Piso "Capay", ya que todos los especímenes fueron encontrados en estas capas.

Subclase Opistobranchia Milne-Edwards, 1848 Superfamilia Akeroidea Mazzarelli, 1891 Familia Akeridae Mazzarelli, 1891

Género Akera Müller, 1776

Especie tipo. *Akera maga* Vokes, 1939, 111 p., 16 pl., 34, 40, 41 figs. Givens, 1974, 93 p.

Akera maga Vokes, 1939 (Figura 4.7)

Descripción. Solo dos moldes internos, uno en la localidad Cañada Cerros Atravesados y el otro en la localidad de El Canelo. El género se caracteriza por presentar profundas suturas en la espiral y la forma de la concha es casi cilíndrica.

Material. MHN-UABCS Te1/1/68 con una longitud total de 16 mm; MHN-UABCS Te8/74/606 con longitud total de 19 mm.

Discusión. *Akera maga* representa el primer registro en el estado de Baja California Sur, México.

7. Discusión y conclusiones

La Formación Tepetate representa la secuencia de rocas sedimentarias marinas paleógenas más antiguas que afloran en el estado de Baja California Sur, la cual registra una la historia de depósito y paleoceanográfica en la margen oriental del Pacífico. Diversos autores han realizado trabajos enfocados a la lito y bioestratigrafía en varias localidades de la formación, pero son muy pocos los trabajos detallados que han sido publicados acerca de la fauna de invertebrados (solo artrópodos y listados de moluscos) (Squires, 1992; Perrilliat, 1996; Schweitzer *et al.*, 2002, 2005, 2006).

En este trabajo se realizó un registro faunístico de gasterópodos, siendo este uno de los grupos más abundantes y diversos encontrados en la formación. Esto con el fin de apoyar y reforzar los trabajos lito y bioestratigráficos, ya realizados. La Formación Tepetate es una de las pocas unidades que representan muy bien el ambiente marino la época del Eoceno en casi todo el país.

Hasta el momento solo se han elaborado listados faunísticos detallados de invertebrados de la Formación Bateque, la cual es la formación más estudiada en cuanto a invertebrados marinos fósiles del estado de Baja California Sur. Ésta formación y la Tepetate, son equivalentes en tiempo y corresponden al Eoceno Inferior (Piso Ypresiano ó "Capay"), aunque muestran algunas diferencias en el tipo de roca (Squires, 1992; Squires y Demetrion, 1991; González-Barba *et al.*, 2002).

La fauna fosilífera de invertebrados marinos encontrados en la Formación Tepetate indica una edad del Piso "Martínez" (Paleoceno Superior) hasta parte del Piso "Tejon" (Eoceno Superior). Estos pisos fueron designados por diversos autores y se basan en las faunas de gasterópodos encontradas en diferentes formaciones de Washington, Oregón, California (Estados Unidos) y Baja California Sur (México). Es importante mencionar que aún no se han delimitado exactamente estos pisos, ya que se necesitan estudios de estratigrafía magnética y paleontológica; además de una revisión en los estudios de bioestratigrafía de moluscos (Squires, 2003).

A pesar de que no se han delimitado estos pisos, se demuestra una vez más que la mayoría de los moluscos encontrados en la Formación Tepetate, se ubican en el Piso "Capay" (Piso Ypresiano) indicando ambientes de plataforma externa a interna desde el Eoceno Temprano hasta el Medio (Schwennicke *et al.*, 2004). Sin embargo, el problema radica en los límites del Piso "Tejon", ya que este piso incluye parte del Eoceno Medio (parte superior del Piso Luteciano y todo el Piso Bartoniano), además de una pequeña porción del Eoceno Superior (parte inferior del Piso Priaboniano). Un dato aislado que aún no puede ser corroborado es el mencionado por González-Barba (2003), quien adjudica una edad del Eoceno Superior (Priaboniano) para la formación, con base en la descripción de tiburones y rayas fósiles. Sin embargo, este dato no se puede confirmar con la fauna de moluscos registrada en este trabajo.

La poca o nula presencia de gasterópodos, o incluso de otros macroinvertebrados, poco ayuda a la determinación del rango de edad de formación. Se cree que una de las probables causas de la poca presencia de capas del Piso Priaboniano (parte del Piso "Tejon"), puede deberse a los procesos geológicos de la zona, como la subsidencia, la erosión, el intemperismo y la compactación de las capas. Además de los ascensos y descensos del nivel del mar que impidieron el depósito de sedimentos, que pueden o no generar transgresiones o regresiones en el continente (Morales-Ortega, 2012). Otra de las posibles causas de la ausencia de moluscos es el cambio en la circulación oceánica, ocurrida durante la Transición Eoceno – Oligoceno, lo que provocó un enfriamiento en la Tierra y la extinción de varias especies marinas (Elderfield, 2000).

Las especies anteriormente reportadas, junto con los nuevos registros, indican una biota de aguas cálidas relacionada con las corrientes superficiales del océano tropical de Tetis, a pesar de que su centro de origen sea en diferentes partes del mundo. La abundancia y la gran diversidad de especies se debe principalmente a que ésta corriente circumtropical creó las condiciones para un amplio intercambio biótico entre los organismos marinos de Tetis, el Atlántico, el Golfo de México y el Pacífico (Iturralde-Vinent, 2004, Morales-Ortega, 2012).

Referencias

- Beal, C.H., 1948, Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico: Geological Society of America, Memoir, 31, 138 pp.
- Bellardi, L., 1872, I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria, Parte 1: Chephalopoda, Pteropoda, Heteropoda, Gasteropoda (Muricidae et Tritonidae): Torino, Loescher, 264 pp.
- Beu, A.G., 1979, New Records of Cymatiidae (Gastropoda: Prosobranchia) from Kapitean to Castlecliffian (Late Miocene to Early Pleistocene) rocks of East Cape District, New Zealand: New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 19(3), 297–310.
- Beu, A.G., 2005, Neogene fossil tonnoidean gastropods of Indonesia: Scripta Geologica, 130, 1–186.
- Bronn, H.G., 1849, Handbuch einer Geschichte der Natur: Stuttgart, Germany, E. Schweizerbart, 5, 613 pp.
- Bruguière, M., 1789, Encyclopedic methodique, ou par ordre de matieres; par une societe de gens de lettres, de savans et d'artistes: Histoire naturelles des vers, Tome sixieme: Paris, chez Panckoucke, libraire, Liege, chez Plomteux, Imprimeur des Etats, 1, 344 p.
- Children, J.G., 1822–1824, Lamarck's genera of shells, translated from the French: Quarterly Journal of Science, 14–16.
- Clark, B L., Anderson, C.A., 1938, Wheatland Formation and its relation to early Tertiary andesites in the Sierra Nevada: Bulletin of the Geological Society of America, 49, 931–956.

- Clark, B.L., Vokes, H.E., 1936, Summary of marine Eocene sequence of western North America: Geological Society of America Bulletin, 47, 851–878.
- Clouter, F., Mitchell, T., Rayner, D., Rayner, M., 2000, London Clay Fossils of the Isle of Sheppey, A collectors Guide to the Fossil Animals of the London Clay between Minster and Warden Point: Sheppey: Medway Lapidary and Mineral Society, 100 pp.
- Conrad, T.A., 1853, A synopsis of the family of Naïades of North America, with notes, and a table of some of the genera and sub-genera of the family, according to their geographical distribution, and descriptions of genera and sub-genera: Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 6, 243–269.
- Cossmann, M., 1915–1919, Mollusques éocéniques de la Loire-Inférieure: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de L'Ouest de la France, 5, 53–141.
- Cuvier, G., 1797, Note sur une nouvelle espèce de guêpe cartonnière: Magasin Encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts, 17, 146–148.
- Da Costa, E.M., 1776, Elements of Conchology, or An Introduction to the Knowledge of Shells: Londres, B. White, 318 pp.
- Dall, W.H., 1890, Contributions to the Tertiary fauna of Florida with especial reference to the Miocene silex-beds of Tampa and the Pliocene beds of the Caloosahatchie River, Part I, Pulmonate, opisthobranchiate and orthodont gastropods: Transactions of the Wagner Free Institute of Sciences, Philadelphia, 3(1), 1–200.
- Dall, W.H., 1915, A Monograph of the Molluscan Fauna of the Orthaulax Pugnax Zone of the Oligocene of Tampa, Florida: United States National Museum Bulletin, 90 pp.
- Dance, S.P., 1992, Shells, The visual guide to more than 500 species of seashells from around the word: Londres, Dorling Kindersley Book Limited, 256 pp.
- De Gregorio, A., 1880, Fauna di S. Giovanni Ilarione (Parisiano) Monografia Parte 1, Cefalopodi e gasteropodi: Palermo, P. Montaina & C., 110 pp.
- Deshayes, G.P., 1835, Mollusques, en Bory de Saint-Vincent, J.B.G.M. (ed.), Expédition scientifique de Morée, Section des Sciences Physiques, Tome III, 1ere Partie. Zoologie, Première Section, Animaux vertébrés, Mollusques et Polypiers, Levrault: Paris, 18–26 pl., 81–203.
- Douvillé, J.H.F., 1904, Mission Scientifique en Perse par J, in de Morgan, 3(4), 311, 379.
- Elderfield, H., 2000, A world in transition: Nature, 407, 851-852.
- Fischer, P., 1880–1887, Manuel de conchyliologie et de paleontologie conchyliologique, ou histoire naturelle des mollusques vivants et fossils: Paris, Librairie F. Savy, [Fasc. 1, 1-112 p., Sept. 1880; 2, 133–192 p., March 1881; 3, 193–304 p., July 1881; 4, 305–416 p., May 1882; 5, 417–512 p., Feb, 1883; 6, 513–608 p., Dec. 1883; 7, 609–688 p., June 1884; 8, 689–784 p., Jan. 1885; 9, 785–896 p., Aug. 1885; 10, 897–1008 p., April 1886; 11, 1009–1369 p., June 1887].
- Fleming, J., 1822, The philosophy of zoology; or a general view of the structure, functions, and classification of animals, In two volumes, with engravings, vol. II, [1], 1–618p.
- Fulwider, R.W., 1976, Biostratigraphy of the Tepetate Formation Baja California Sur: E.U.A., University of Southern California, Los Angeles, Tesis de Maestría, 111 pp.
- Gabb, W.M., 1864, Description of the Cretaceous fossils: Geological Survey of California Palaeontology, 1, 57–217.
- Gabb, W.M., 1869, Cretaceous and Tertiary fossils, Section I, Part II, Tertiary invertebrate fossils (continued): Geological Survey of California, Palaeontology, 2, 39–63.
- Givens, C.R., 1974, Eocene molluscan biostratigraphy of the Pine Mountain area, Ventura County, California: University of California Publications in Geological Sciences, 109, 1–107.
- Givens, C.R., Kennedy, M.P., 1979, Eocene molluscan stages and their correlation, San Diego area, California, *en* Abbott, P.L. (ed.), Eocene depositional system: San Diego, Los Angeles, SEPM, Pacific Section, 93–103.
- Gmelin, J.F., 1791, Caroli a Linnaei Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Editio Decima Tertia, Aucta Reformata, 1(6), 3021–3910.

- Golikov, A.N., Starobogatov, Y.I., 1975, Systematics of prosohranch gastropods: Malacologk, 15(1), 185–232.
- González-Barba, G., 2003, Descripción de asociaciones faunísticas de elasmobranquios fósiles del Eoceno Superior (Priaboniano) de las Formaciones Tepetate y Bateque de Baja California Sur, México: México, Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR, Tesis de Maestría, 243 pp.
- González-Barba, G., Schwennicke T., Goedert J.L., Barnes G., 2002, Earliest Pacific Basin record of the Pelagornithidae (Aves: Pelecaniformes): Journal of Vertebrate Paleontology, 22(3), 722-725.
- Gray, G.R., 1840, A list of the genera of birds, with an indication of the typical species of each genus, compiled from various sources: Richard & John E. Taylor, London, 80 pp.
- 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., 1854, Additions and corrections to the arrangement of families of bivalves shells: Annals and Magazine of Natural History, 14(79), 21–28.
- Guilding, L., 1834, Observations on Naticina and Dentalium, two genera of molluscous animals: Transactions of the Linnean Society of London, 17(1), 29–35.
- Hanna, G.D., Hertlein, L.G., 1949, Two new species of gastropods from the middle Eocene of California: Journal of Paleontology, 23(4), 392–394.
- Heim, A., 1922, Notes on the Tertiary of Southern Lower California (México): Geological Magazine, 59(12), 529–547.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2003, Carta topográfica, San Juan de la Costa (G12D71), Baja California Sur, 1:50000: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2003, Carta topográfica, Las Pocitas (G12C79), Baja California Sur, 1:50000: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2003, Carta topográfica, El Conejo (G12D81), Baja California Sur, 1:50000: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Iredale, T., 1913, The land Mollusca of the Kermadec islands: Proceedings of the Malacological Society of London, 10(6), 364–388.
- Iredale, T., 1917, Molluscan name-changes, generic and specific: Proceedings of the Malacological Society of London, 12, 322–330.
- Iturralde-Vinent, M.A., 2004, La Paleogeografía del Caribe y sus Implicaciones para la Biogeografía Histórica: Cretácico a Eoceno Superior: Revista del Jardín Botánico Nacional, Museo de Historia Natural, La Habana, Cuba, 24–33.
- Keen, A.M., 1971, Sea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Peru:Stanford, Stanford University Press, 1064 pp.
- Kiel, S., Bandel, K., Banjac, N., Perrilliat, M. C., 2000, On Cretaceous Campanilidae (Caenogastropoda, Mollusca): Paläontologie, Stratigraphie, Fazies - Heft 8; Freiberger Forschungshefte: Freiberg, 490, 15–26.
- Lamarck, J.P.B.A de Monet de, 1799, Prodrome d'une nouvelle classification des coquilles, comprenant une rédaction appropriée des caractères géneriques, et l'établissement d'un grand nombre de genres nouveaux: Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de Paris, 1, 63–91.
- Lamarck, J.P.B.A de Monet de, 1802, Recherches sur l'organisation des corps vivants, Paris: Maillard, 149 pp.
- Lamarck, J.P.B.A de Monet de, 1803, Annuaire météorologique pour l'an XI: París, Chez l'auteur, 163 pp.
- Lamarck, J.P.B.A de Monet de, 1804, Sur les fossiles des environs de Paris: Annales du Muséum National d'Histoire Naturelle, 5, 28–36.
- Lamarck, J.P.B.A de Monet de, 1811, Suite de la détermination des espèces de Mollusques testacés: Annales du Muséum National d'Histoire Naturelle, 16, 300–328.

- Lamarck, J.P.B.A de Monet de, 1816, Tableau encyclopedique et methodique des trois regnes de la nature, Vingt-troisieme partie, Mollusques et polypes divers, Paris, chez Mme, Veuve Agasse: Liste des objets representes dans les planches de cette livraison, 16 p.; 391–488 p., 431 bis.
- Lamarck, J.P.B.A de Monet de, 1822: Histoire naturelle des animaux sans vertebres: París, Chez l'auteur, au Jardin du Roi, 7, 711 p.
- Le Renard, J., 1994, Révision des Mollusques paléogènes du Bassin de Paris, 1 - Rectifications de nomenclature d'espèces: Cossmanniana, 3 t., 2, 35–40.
- Lindner, G., 1979, Field Guide to Seashells of the World: Gran Bretaña, Van Nostrand Reinhold Company, 271 pp.
- Linnaeus, C., 1758, Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis, Editio decima, reformata: Estocolmo, Laurentius Salvius, 2, 824 pp.
- Liverani, V., 2008, Raccolta di Cava Rossi, Monte di Malo, Vicenza, Italy. Cuisian, Eocene, *Disponible en* <http://www.stromboidea.de>, *Consultado* diciembre, 2010.
- Marwick, J., 1926, Tertiary and Recent Volutidae of New Zealand: Transactions of the New Zealand Institute, 56, 259–303.
- Mazzarelli, G.F, 1891, Richerche sulla morfologia e fisiologia dell'apparato riproduttore nelle Aplysiæ del Golfo di Napoli. - pp.
- Merle D., Pacaud, J.M., 2003, New species of *Eocithara* Fischer, 1883 (Mollusca, Gastropoda, Harpidae) from the Early Paleogene with phylogenetic analysis of the Harpidae: Geodiversitas, 26(1), 61–87.
- Milne-Edwards, H., 1848, Note sur la classification naturelle chez Mollusques Gasteropodes: Annales des Sciences Naturalles, 3(9), 102–112.
- Mina-Uhink, F.U., 1957, Bosquejo geológico del Territorio Sur de Baja California: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 9(3–4), 139–269.
- Miranda-Martínez, A.Y., Carreño, A.L., 2008, Foraminíferos de la Formación Tepetate (Heim) en el área de Las Pocitas, Baja California Sur, México: Ciencias Marinas, 34(2), 179–195.
- Montfort, P., 1808–1810, Conchyliologie systématique et classification méthodique des coquilles, Paris: Schoell, 1(1808), 409 p., 2 (1810), 676 p.
- Morales-Ortega, P., 2010, Registro de las asociaciones faunísticas de invertebrados en la Formación Tepetate (Paleoceno-Eoceno) en Baja California Sur, México: GEOS, 30(1), 78 p.
- Morales-Ortega, P., 2012, Correlación paleontológica de macroinvertebrados en las formaciones Tepetate y Bateque (Paleoceno – Eoceno) en Baja California Sur, México: México, Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR, Tesis de Maestría, 148 pp.
- Mørch, O.A.L., 1852, Catalogus conchyliorum quae reliquit D. Alphonso D'Aguirra & Gadea, Comes de Yoldi, regis daniae cubiculariorum prínceps, Fasciclus primus. Cephalophora, Hafniae: Copenhague, Typis Ludovici Kleini, 170 pp.
- Müller, P.L, 1776, Des Ritters Carl von Linné Königlich Schwedischen Leibarztes vollständigen: Natursystems Supplements und Register-Band über alle sechs Theile oder Classen des Thierreichs, Mit einer ausführlichen Erklärung, Nebst drey Kupfertafeln, 1–384 p., 1–536, Tab. I-III.
- Nesbitt, E.A., 1995, Paleoecological analysis of molluscan assemblages from the middle Eocene Cowlitz Formation, southwestern Washington: Journal of Paleontology, 69, 1060–1073.
- OBIS Indo-Pacific Molluscan Database, 2006, This database is part of the Ocean Biogeographic Information System. All Rights Reserved, The Academy of Natural Sciences, 1900 Benjamin Franklin Parkway, Philadelphia, PA 19103. *Disponible en <*http://clade.ansp.org/obis/ find mollusk.html>, *Consultado* 2013.
- Pacaud, J.M., 2007, Nouveautés nomenclaturales et taxinomiques introduites par Alcide d'Orbigny dans le Prodrome (1850, 1852) pour les espèces du Paléocène et de l'Éocène: Geodiversitas, 29(1), 17–85.
- PALEO-DB [on line]: The Paleobiology Database, Paleontology Database Network Information, *Disponible en <*http://paleodb. org>, *Consultado* 2018.

- Perrilliat, M.C., 1996, Occurrence of the Tethyan Gastropods *Campanile* and *Gisortia* in the Lower Eocene Part of the Tepetate Formation, Baja California Sur, México: The Veliger, 39(2), 178–183.
- 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: Londres, W. Bulmer and Co., 4 pp.
- Pilsbry, H.A., Olsson, A.A., 1954, Systems of the Volutidae: Bulletins of American Paleontology Paleontological Research Institution, Ithaca, New York, United States of America, 35(152), 276–306.
- Ponder, W.F., Lindberg, D.R., 1995, Gastropod phylogeny challenges for the 90, *en* Taylor, J. D. (ed.), Origin and Evolutionary Radiation of the Mollusca: Oxford University Press, Oxford, 135–154 p.
- Ponder, W.F., Lindberg, D.R., 1997, Towards a phylogeny of gastropod molluses: an analysis using morphological characters: Zoological Journal of the Linnean Society, 119, 83–265.
- Poppe, G.T., Tagaro, S.P., 2006, The New Classification of Gastropods according to Bouchet & Rocroi, 2005: VISAYA, 1–11 p.
- Quaggiotto, E., Mellini, A., 2008, Catologo aggiornato dei molluschi fossili Eocenici di San Giovanni Ilarione (Verona-Italia settetrionate) prima parte: Mollusca, Gasteropoda: Studi e Ricerche Associazione Amici del Museo Civico "G. Zannato", 15, 41–58.
- Rafinesque, C.S., 1815, Analyse de la nature, ou tableau de l'univers et des corps organisés: Palerme, Jean Barravechia, 224 pp.
- Rehder, H.A., 1973, The family Hapidae of the world: Indo-Pacific Mollusca, 3(16), 207–274.
- Röding, P.F., 1798, Museum Boltenianum, sive catalogus cimeliorume tribus regnis naturae olim collegerat Joa, Fried Bolten Pars Secunda, Hamburg, Typis Johan. Christi, Trappii, viii, 199 p. [Facsimile reprint, Sherborn and Sykes, 1906].
- Ruppert, E.E., Barnes, R.D., 1996, Zoología de los Invertebrados: México, McGraw-Hill Interamericana, 1114 pp.
- Sälgeback, J., Savazzi E., 2006, Constructional morphology of cerithiform gastropods: Paleontological Research, 10(3), 233–259.
- Savornin, J., 1914, Sur Les Affinités Morfologiques des genres *Thersitea* Coquand, *Pereiraea* Crosse, *Oostrombus* Sacco. Gastropodes fossiles des provinces Tertiaires Méditerranéennes: Bulletin de la Société Géologique de France, Serie 4, 14(6), 310–323.
- Schweitzer, C.E., Feldmann, R.M., González-Barba, G., Vega, F., 2002, New crabs from the Eocene and Oligocene of Baja California Sur, México and an assessment of the evolutionary and paleobiogeographic implications of mexican fossil decapods: Journal of Paleontology Memoir, 76(6), 1–43.
- Schweitzer, C.E., González-Barba, G., Feldmann, R.M., Waugh, D.A., 2005, Decapoda (Thalassinidea and Paguroidea) from the Eocene Bateque and Tepetate Formations, Baja California Sur, México; systematics, cuticle microstructure, and paleoecology: Annuals of Carnegie Museum, 74(4), 275–293.
- Schweitzer, C.E., Feldmann, R.M., González-Barba, G., Cosovic, V., 2006, New Decapoda (Anomura, Brachyura) from the Eocene Bateque and Tepetate Formations, Baja California Sur, México: Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, 33, 21–45.
- Schwennicke, T., Cortés-Martínez, M., Rickli, J., Plata-Hernández, E., Estrada-Moreno, E., 2004, Ambientes de depósito contrastantes en la Formación Tepetate, Baja California Sur, México: GEOS, 24(2), 215–226.
- Schwennicke, T., Estrada-Moreno, E., Rickli, J., Cervantes-García, N.D., Cortés-Martínez, M.Y., 2005, Lito y bioestratigrafía de la Formación Tepetate en la región del Arroyo Colorado, Baja California Sur, México: GEOS, 25(1), 159–171.
- Squires, R.L., 1984, Megapaleontology of the Eocene Llajas Formation, Simi Valley, California: Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County, 350, 1–76.
- Squires, R.L., 1987, Eocene molluscan paleontology of the Whitaker Peak area, Los Angeles and Ventura Counties, California: Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County, 388(6), 1–93.

- Squires, R.L., 1990, First occurrence of the Tethyan bivalve Nayadina (Exputens) in Mexico, and a review of all species of this North America subgenus: The Veliger, 33(3), 305–316.
- Squires, R.L., 1991., Molluscan paleontology of the lower Eocene Maniobra Formation, Orocopia Mountains, southern California, *en* Abbott, P.L., (ed.), Eocene geologic history San Diego region Los Angeles: Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, 68, 217–226.
- Squires, R.L., 1992, Eocene Mollusks from the Tepetate Formation, Baja California Sur, Mexico: American Conchologist, Abstracts with Programs, 20(3), 10–11.
- Squires, R.L., 1997, Taxonomy and distribution of the buccinid gastropod *Brachysphingus* from uppermost Cretaceous and lower Cenozoic marine strata of the Pacific slope of North America: Journal of Palaeontology, 71, 847–861.
- Squires, R.L., 1999a, Upper Paleocene to Lower Eocene ("Meganos Stage") Marine Megafossils in the Uppermost Santa Susana Formation, Simi Valley, Southern California: Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County, 479, 1–38.
- Squires, R.L., 1999b, Middle Eocene Brackish-Marine Molluska from the Matilija Sandstone at Matilija Hot Springs, Ventura County, Southern California: Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County, 480, 1–29.
- Squires, R.L., 2000, Additions to the molluscan fauna of the Eocene Juncal? Formation, Lockwood Valley, Ventura County, southern California: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Abstracts, 84, 596.
- Squires, R.L., 2001, Additions to the Eocene Megafossil Fauna of the Llajas Formation, Simi Valley, Southern California: Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County, 489, 1–40.
- Squires, R.L., 2003, Turnovers in marine gastropod faunas during the Eocene-Oligocene Transition, west coast of the United States, *en* Prothero, D.R., Ivany, L.C., Nesbitt, E.A., (eds), From Greenhouse to Icehouse. The Marine Eocene-Oligocene Transition: Nueva York, Columbia University Press, 14–35.
- Squires, R.L., Advocate, D.M., 1986, New Early Eocene Mollusks from the Orocopia Mountains, Southern California: Journal of Paleontology, 60(4), 851–864.
- Squires, R.L., Demetrion, R.A., 1991, Early Eocene macrofaunal comparisons between the Tepetate and Bateque Formations, Baja California Sur, Mexico: Geological Society of America, Annual Meeting, Abstracts with Programs, 23, A 194R.

- Squires, R.L., Demetrion, R.A., 1992, Paleontology of the Eocene Bateque Formation, Baja California Sur, México: Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County, 434, 1–55.
- Squires, R.L., Goedert, J.L., 1994, Macropaleontology of the Eocene Crescent Formation in the Little River Area, Southern Olympic Peninsula, Washington: Contributions in Science, Natural History Museum, Los Angeles County, 444, 1–31.
- Sowerby, J., 1812–1846, The mineral conchology of Great Britain; or, Coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or shells, which have been preserved at various times and depths in the earth, 7 vols., London.
- Sowerby, J., 1837, Mineral-Conchologie Grossbrittaniens, von James Sowerby; deutsche Bearbeitung, herausgegeben von Hercules Nicolet, durchgesehen von L. Agassiz: Solothurn , 689 pp.
- Suter, H., 1913, Manual of the New Zealand Mollusca. With an atlas of quarto plates: Wellington, Government Printer, 1120 pp.
- Swainson, W., 1823, Zoological Illustrations, or Original figures and descriptions of new, rare, or interesting animals, selected chiefly from the classes of Ornithology, Entomology, and Conchology and arranged on the principles of Cuvier and other modern zoologists Zoological Illustrations: Londres, R. and A. Taylor, 135–182 p.
- Thiele, J., 1929–1931, Handbuch der Systematischen Weichtierkunde, Vol. I, Jena, 1154 p.
- Vaught, K.C., 1989, A classification of the living Mollusca, en Tucker Abbott, R., Boss K.J. (eds.), A classification of the living Mollusca: Melbour, American Malacologists, 195 p.
- Vokes, H.E., 1937, Nautiloid cephalopods from the Eocene of California: Journal of Paleontology, 11, 3–9.
- Vokes, H.E., 1939, Molluscan faunas of the Domengine and Arroyo Hondo Formations of the California Eocene: Annals of the New York Academy of Sciences, 38, 1–246.
- Woodring, W.P., 1928, Miocene Molluscs from Bowden, Jamaica, Part 2: Gastropods and discussion of results, Contributions to the Geology and Palaeontology of the West Indies, 564 p.
- World Register of Marine Species (WoRMS), 2018, World Register of Marine Species, Editorial Board, *Disponible en <http://www.marinespecies.org>, Consultado* 2018.

Manuscrito recibido: Septiembre 20, 2018. Manuscrito corregido: Diciembre 1, 2018. Manuscrito aceptado: Diciembre 3, 2018.





Descripción taxonómica de *Camelops hesternus*, de arroyo La Muela, Baja California Sur, México

Areli Machorro-Román^{a,*}; Heriberto Rochín-Bañaga^b; Luis Alberto Herrera-Gil^a; Tobias Schwennicke^a

^a Departamento Académico de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México, 23080. ^b Department of Earth Sciences, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada, M5S 3B1.

* are.mr@live.com

Resumen

Se describen los restos óseos de un camélido procedentes del arroyo La Muela, Baja California Sur, México. Con base en los datos merísticos y a la fórmula dental aquí descrita, el ejemplar fue asignado a *Camelops hesternus*, especie ampliamente distribuida en Norteamérica durante el Pleistoceno. Además, las comparaciones realizadas con el espécimen descrito por Webb (1965) en La Brea Tar Pits (California) del pozo de alquitrán no muestran diferencias morfológicas significativas, sugiriendo una comunidad faunística alguna vez continua en Norteamérica, extendida hasta el sur de la península de Baja California.

Palabras clave: Camelops, Camelidae, Norteamérica, edad Rancholabreana.

Abstract

In this work, skeletal remains of a fossil Camel from arroyo La Muela, Baja California Sur, México are described. Based on its dental formula and meristic data, the specimen is assigned to <u>Camelops hesternus</u>, a widely distributed species in North America during the Pleistocene. Furthermore, comparisons to the fossil described by Webb (1965) at La Brea Tar Pits (California) do not show significant morphological differences with ours, suggesting that the geographic distribution of <u>Camelops hesternus</u> included the southern part of the Baja California peninsula.

Keywords: <u>Camelops</u>, Camelidae, North America, Rancholabrean age.

1. Introducción

El género *Camelops* es un grupo extinto de camélidos ampliamente distribuido en Norteamérica el cual apareció durante el Plioceno medio (Thompson y White, 2004) y se extinguió hace aproximadamente 13000 años antes del presente (*e.g.* Waters *et al.*, 2015). Aunque el género *Camelops* ha sido asociado al grupo de las llamas y vicuñas (*e.g.*, Honey *et al.*, 1998), análisis filogenéticos realizados por Heintzman *et al.* (2015) indican que *Camelops* es un grupo estrechamente relacionado al género *Camelus* (camellos africanos y asiáticos) y no al de las llamas como había sido propuesto previamente. Los camellos del Pleistoceno están representados por cinco especies, *C. hesternus, C. huerfanensis, C. sulcatus, C. minidokae* y *C. traviswhitei* (*e.g.* Webb, 1965; Kurten y Anderson, 1980; Harrison, 1985), las cuales se distribuyen desde el norte de Canadá (Zazula *et al.*, 2011; 2016) hacia la parte central de México (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010; Jiménez-Hidalgo y Carranza-Castañeda, 2010). En el caso de *C. hesternus* este se halla ampliamente distribuido en Norteamérica (White River, Canadá: *e.g.*, Zazula *et al.*, 2011; Rancho La Brea, Estados Unidos: *e.g.*, Webb (1965); parte central de México: *e.g.*, Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010) y ha sido incluida en la asociación faunística Rancholabreana (*e.g.*, Bell *et al.*, 2004; Baskin y Thomas, 2016).

Durante el Pleistoceno en Norteamérica fluctuaciones climáticas impactaron la fauna causando cambios en su distribución así como sus extinciones (*e.g.*, FerrusquíaVillafranca *et al.*, 2010). Se ha hipotetizado la presencia de corredores biogeográficos entre México y Estados Unidos durante el Pleistoceno los cuales podrían haber impulsado la distribución de especies en respuesta a cambios en el clima y vegetación. Por ejemplo, la consideración de la presencia de un corredor biogeográfico entre el oeste de Estados Unidos y la península de Baja California (Ceballos *et al.*, 2010). Ésta idea sugiere que especímenes fósiles del sur de la península podrían estar correlacionados a los especímenes fósiles de la parte oeste de Estados Unidos. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es documentar un nuevo registro de *C. hesternus* recuperado en la parte sur de la península de Baja California (arroyo La Muela) y compararlo con el espécimen descrito por Webb (1965) en Rancho La Brea, Estados Unidos de América.

2. Materiales y métodos

Los restos óseos fueron recolectados en el arroyo La Muela localizado a 68 kilómetros al suroeste de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México (Figura 1). Se recolectó un cráneo (premaxila, nasales, maxila, jugal, frontal, foramina y canales, así como la mandíbula) y una porción de las extremidades traseras (fémur izquierdo) en buen estado de conservación. La identificación taxonómica del espécimen fue realizada con base en la descripción taxonómica publicada por Webb (1965), tomando en cuenta cada uno de los patrones de medición.

3. Paleontología sistemática

Clase: Mammalia (Linnaeus, 1758) Orden: Artiodactyla (Owen, 1848) Familia: Camelidae (Gray, 1821) Subfamilia: Camelinae (Zittel, 1893)

Género: Camelops (Leidy, 1854)

3.1. Cráneo

De acuerdo a la división craneal propuesta por Webb (1965), el espécimen muestra completa la región molar (que incluye molares y premolares) así como la región rostral, localizada frente a la región molar que incluye premaxila y las porciones anteriores de la maxila y fosa maxilar, mientras que la región basicraneal está incompleta conservando



Figura 1. Ubicación de las localidades arroyo La Muela (Baja California Sur, México) y la localidad La Brea Tar Pits (California, Estados Unidos).

únicamente la porción anterior de la órbita derecha. Desde la premaxila hasta la órbita derecha, el cráneo alcanza una longitud de 430 mm (Figura 2A).

3.1.1. Premaxila

Este se halla incompleto en su porción anterior y bordea en su parte superior a la región anterior de la apertura nasal (Figura 2A). Lateralmente se extiende hasta el canino (C), en donde está limitado por la sutura que da pauta al inicio del hueso maxilar. Los huesos premaxilar y maxilar limitan justo al inicio del margen alveolar de C, en donde la sutura está muy marcada. Mientras que los bordes internos del foramen incisivo están ausentes, la cavidad se mantiene parcialmente completa.

3.1.2. Nasales

La apertura nasal se observa notablemente arqueada. Se preserva completa la porción anterior, abarcando 90 mm desde el borde inicial hasta la cúspide de la fosa maxilar localizada sobre el cuarto premolar (p^4). Los bordes laterales son rectos, limitando en la región anterior con el lado corto superior del hueso premaxilar, y justo detrás de éste con el contacto sutural del hueso maxilar (Figura 2A).

3.1.3. Maxila

En comparación con otros huesos del cráneo, el hueso maxilar ocupa la superficie más extensa, 290 mm, abarcando desde la parte anterior de C hasta la parte posterior del tercer molar (M³). Su límite anterior se encuentra remarcado por una sutura muy marcada que indica el final de la premaxila. El hueso maxilar es fácilmente identificable por su larga fosa. Esta se extiende desde el contacto sutural entre la premaxila y la maxila hasta la parte media del hueso maxilar por encima del primer molar (M1; Figura 2A). En la región lateral derecha, la fosa maxilar alcanza una longitud de 165 mm y se divide en tres regiones. La región anterior se muestra como una pronunciada depresión que abarca desde la región anterior de C hasta la región posterior del borde alveolar del tercer premolar (p³), en donde da lugar a la región media, caracterizada por una protuberancia que se extiende 20 mm en la región anteroposterior de p⁴. Al límite de este se localiza la región posterior, conformada por una segunda depresión que se prolonga 20 mm hasta la parte anterior de M1, en donde es visible la apertura del foramen infraorbital. La región posterior del hueso maxilar se observa parcialmente completa, sobre todo en la porción inferior, en donde es posible identificar la sutura del jugal (j) de la órbita derecha, así como la cresta maseterina por debajo de éste, la cual se extiende 75 mm a lo largo del borde alveolar de M³ (Figura 2A).

3.1.4. Jugal

Únicamente en la región lateral derecha se preserva completo, extendiéndose 100 mm a lo largo de la porción inferior de la órbita (Figura 2A). El jugal exhibe una sutura muy marcada en el límite posterior del maxilar. Esta sutura muestra una inconformidad que la desvía en la parte posterior de la maxila hacia afuera lo que genera un espacio de 5 mm que no permite el embone correcto con el jugal, esto debido a procesos tafonómicos. En el límite inferior, el contacto con la cresta maseterina es un borde recto que rodea la órbita derecha, mientras que en el límite superior la circunferencia de la órbita da lugar a un borde marcado. El contacto posterior del jugal es indeterminado debido a la ausencia del escamoso, sin embargo es posible observar su posible punto límite mediante el ángulo que originan las porciones inferior y superior del jugal en su parte posterior.

3.1.5. Frontal

La región anterior y posterior del hueso frontal está ausente, y sólo se conserva una mínima parte de la región media correspondiente a la porción superior posterior de la órbita derecha. Ésta se extiende a lo largo de 80 mm y abarca 40 mm de ancho en su porción media. El único contacto sutural visible es el límite inferior con el jugal, ya que el lagrimal, escamoso, vacuidad lagrimal, y la parte posterior de la apertura nasal se encuentran ausentes.

3.1.6. Foramina y canales

Debido a la ausencia de la región posterior del cráneo, así como la región palatal, únicamente se conservan, lateralmente: el foramen infraorbital, y palatalmente: el foramen incisivo, ambos forámenes anteriores a la palatina y el canal central de la maxila. El foramen incisivo está parcialmente completo (exceptuando los bordes anteriores que marcan el límite con la premaxila). Morfológicamente se observa alargado, ancho en la región anterior y estrecho en la posterior. Alcanza 44 mm de longitud, y 19 mm de ancho. En el límite posterior del foramen se registra una ligera depresión, el cual es el límite con el inicio del canal central de la maxila (Figura 2B).

3.1.7. Mandíbula

Se preserva casi completa; sin embargo, la ausencia de uno de los fragmentos que conecta la sínfisis en el lateral izquierdo hace imposible unir ambos laterales. El lateral derecho se conserva casi completo (Figura 3), desde los incisivos hasta una porción del ángulo de la mandíbula con 470 mm de longitud y 187 mm de ancho en su parte posterior. Asimismo, se presenta la cresta diastemal localizada entre C y p⁴ alcanzando 103 mm de longitud, y 13 mm de ancho. Exteriormente el cuerpo de la mandíbula se conserva completo, abarca desde el borde alveolar de los caninos hasta el inicio de la rama de la mandíbula. De la rama de la mandíbula se preserva únicamente la parte superior en donde alcanza verticalmente 150 mm (desde el borde superior hasta el borde ventral).

3.2. Dentición

Se conservan completas las cuatro series dentales del espécimen, dos superiores y dos inferiores, tanto de la



Figura 2. Cráneo. A) vista lateral derecha destacando la localización de la cresta maseterina, fosa maxilar, y foramen infraorbital; asimismo se emplea muestra la ubicación de los dientes respectivos a esta región del cráneo. B) vista palatal del cráneo destacando la localización del foramen anterior a la palatina, el canal central de la maxila y el foramen incisivo; se emplea como referencia la ubicación de los dientes respectivos a esta región del cráneo. fr: frontal, j: jugal, mx: maxila, na: nasales, px: premaxila, M^3 : tercer molar, M^2 : segundo molar, M^1 : primer molar 1, p^4 : cuarto premolar, p^3 : tercer premolar, C: canino, I^3 : tercer incisivo.

región lateral derecha del cráneo y mandíbula como de la izquierda, respectivamente. Su estado de preservación es muy bueno, presentándose intactos del 90 al 100% de los caracteres morfológicos de cada diente. Se encontró que el ejemplar de estudio posee la fórmula: I¹/₃, C¹/₁, p²/₁ y M³/₃.

3.2.1. Dentición superior

El espacio de separación presente entre un diente con respecto a otro es <1 mm, y los bordes correspondientes son completamente verticales entre ellos, es decir, no se observan sobreposiciones. Los incisivos (I³) se encuentran localizados en la región posterior de la premaxila, a 20 mm desde el borde anterior de ésta (Figura 4A). Miden 13.4 mm de largo, y 21.8 mm de ancho. Morfológicamente exhiben una marcada curvatura orientada hacia el borde anterior de la premaxila. Los caninos superiores se encuentran situados en la región anterior de la maxila marcando el inicio del hueso maxilar. Están separados de los I³ por un diastema de 37.1 mm. Morfológicamente exhiben una ligera curvatura desde su disposición y orientada hacia el borde anterior de la premaxila. Los premolares se localizan en la región media de la maxila, por debajo del foramen infraorbital. Están separados de los C por un diastema de 94.1 mm. El p³ miden 10.5 mm de largo y 16.1 mm de ancho mientras que p⁴ miden 23.7 mm de largo y 25.5 mm de ancho. En total son seis molares (tanto M¹, M² y M³, y tres derechos y tres izquierdos, respectivamente). Se ubican en la región media y posterior de la maxila, por debajo del foramen infraorbital y la cresta maseterina. Se localizan inmediatamente después de los p⁴, mostrando medidas entre los 28 mm de largo y 49 mm de ancho (Figura 4B).

3.2.2. Dentición inferior

Los incisivos inferiores se localizan en la región anterior de la mandíbula (Figura 3). Se encuentran dispuestos de manera vertical con tendencia curva, y morfológicamente son cilíndricos, esbeltos y alargados con tendencia triangular. Se conservan completos exceptuando algunos fragmentos menores (<1 mm) del esmalte en las caras oclusales y algunas regiones específicas del cuerpo del diente. Es preciso mencionar que su posición es asimétrica, es decir, los incisivos izquierdos se localizan a 10 mm por delante de los derechos. Esta característica se hace más notoria cuando se comparan los forámenes anteriores



Figura 3. Vista de la región lateral derecha de la mandíbula. Se destaca el ángulo de la mandíbula, tercer foramen y el foramen mentoniano; se emplea como referencia la localización de los dientes respectivos a esta región lateral de la mandíbula. M^3 : tercer molar, M^2 : segundo molar, M^1 : primer molar 1, C: canino, I^1 : primer incisivo, I^2 : tercer incisivo.

a la palatina (que también muestra una asimetría en el posicionamiento) y en los incisivos inferiores, y se encuentra asociada a una deformación durante el proceso tafonómico del espécimen. Los C se encuentran situados en la región anterior de la mandíbula, por detrás de la serie de incisivos (específicamente de I³) y miden 30 mm de largo y 19 mm de ancho. Morfológicamente exhiben una ligera curvatura desde su posición (más marcada en comparación con los I³) y orientada preferencialmente hacia el borde anterior de la mandíbula. Los dos p⁴ se ubican en la región media del cuerpo de la mandíbula separados de C por un diastema de 110 mm. Miden 14.2 mm de largo y 26.4 mm de ancho. Los seis molares (tanto M¹, M² y M³, tres derecho y tres

izquierdo, respectivamente) se localizan en la región media y posterior del cuerpo de la mandíbula. Se encuentran inmediatamente después de los p⁴ (Figura 4C).

3.3. Extremidades traseras (fémur)

Se conserva únicamente una porción del fémur izquierdo del espécimen, siendo ausentes los demás huesos que conforman las extremidades traseras. Considerando la posición del trocánter menor empleado como referencia, el fémur aquí descrito corresponde al izquierdo. En comparación con los demás fragmentos fósiles, éste es el hueso más largo y pesado que se conserva del espécimen.



Figura 4. A) Parte lateral derecha de la maxila y premaxila indicando el posicionamiento del tercer incisivo con respecto al canino superior. B) Cara lingual de la serie de molares superiores. Se destacan las partes que componen cada molar: fosa, primera y segunda cresta, raíz, y cúspide. C) Cara oclusal de la serie de molares inferiores. Se destacan las partes que componen cada molar; surco, superficie de la cara, fosa, borde de la fosa, primera, segunda y tercera cresta. mx: maxila, px: premaxila, M^3 : tercer molar, M^2 : segundo molar, M^1 : primer molar 1, p^4 : cuarto premolar, p^3 : tercer premolar, C: canino, I^3 : tercer incisivo.

Se preserva desde la cabeza femoral hasta el borde del tubérculo abductor (los cóndilos se encuentran ausentes). Mide 521 mm de largo y en su parte distal 58 mm de ancho.

4. Discusión

El análisis comparativo de los caracteres diagnósticos, cráneo y dentición, del espécimen aquí descrito muestra similitud con el género Camelops (e.g., Webb, 1965; Harrison, 1985; Zazula et al., 2016). Este es un género que ha sido incluido en la tribu Lamini e incluye a los géneros Procamelus, Pliauchenia, Hemiauchenia, Blancocamelus, Palaeolama, Lama y Vicugna (Harrison, 1985; Honey et al., 1998; Scherer, 2013). Sin embargo, los análisis paleogenómicos realizados por Heintzman et al. (2015) indican que Camelops está filogenéticamente relacionado a la tribu Camelini. Considerando la ventaja de que el espécimen cuenta con las cuatro series dentales completas, el proceso de depuración para enfocar el análisis en un grupo de géneros en particular fue facilitado. Así pues, se analizó la fórmula dental del mismo como punto de partida. Se encontró que el ejemplar de estudio posee la fórmula: I¹/₃, $C_{1/1}^{1}$, $p_{1/2}^{2/1}$ y $M_{3/3}^{3/2}$, coincidiendo así con la fórmula dental de los géneros Camelops y Lama (Webb, 1965; Harrison, 1985).

En cuanto a proporciones craneales, tanto *Camelops* como Lama poseen un cráneo alargado y relativamente esbelto con una región facial profunda y un axis basicranealbasifacial moderadamente flexionado. Webb (1965) sugiere que el cráneo de un camélido debe ser estudiado tomando en cuenta estas tres divisiones longitudinales principales: la región molar, la región rostral (localizada frente a la región molar), y la región basicraneal (considerada desde M³ hasta la parte posterior de los cóndilos). El ejemplar aquí descrito preserva completas la región molar y la región rostral. La primera está más alargada en comparación con la segunda (es decir, un poco por encima de un octavo de la totalidad de la región en comparación). Esta particularidad en Camelops difiere de Lama, es decir, sobrepasa un octavo de la totalidad de la región. Asimismo, las características de la región rostral no exhiben el acortamiento diagnóstico que Harrison (1985) menciona para Lama.

Detallando en las características craneales, el ejemplar de estudio muestra el contacto de los huesos premaxilar y maxilar entre el tercer incisivo (I³) y el canino (C), y es posible apreciar la sobreposición del hueso maxilar sobre el premaxilar los cuales contactan la parte anterior del C. Esta particularidad coincide con la descripción realizada por Webb (1965) en diferentes ejemplares del género *Camelops*. Asimismo, la característica de que el ángulo posterosuperior de la premaxila que se encuentra sobrepuesto al hueso nasal y a la maxila, es evidencia de un desarrollo notable para esta parte del hueso premaxilar, carácter específico para *Camelops* (Webb, 1965).

Webb (1965) sugiere que la concavidad de la fosa maxilar es originada por la presencia de algunos músculos mayores, entre los a priori destacan el músculo maxillolabialis superioris, el nasolabialis, y el buccinador. Típicamente, este último es un músculo de doble capa confinado preferentemente cerca de los bordes alveolares de la boca en donde es profundamente relacionado con las membranas mucosas. En Camelops, las depresiones laterales rugosas de las raíces de los molares superiores indican el origen del músculo buccinador cerca del margen ventral de la maxila; por lo tanto, se descarta la posibilidad de que este músculo se encuentre relacionado con la morfología de la fosa. Sin embargo, la disección de los músculos faciales en el camello bactriano sugiere la presencia de un músculo que ocupa una suave concavidad en la misma posición que la fosa maxilar en los fósiles de camélidos, este musculo representa una combinación de los músculos maxillolabialis superioris y nasolabialis. Si se considera lo anterior, este músculo (responsable de la formación de la alargada fosa maxilar en Camelops y otros camélidos fósiles) debería ser más alagado y mejor desarrollado en los camélidos extintos. Esta suposición se sustenta considerando las proporciones craneales de Camelops, que posee un rostro relativamente más largo en comparación con Lama. Además, existe evidencia de que los labios fueron más alargados en *Camelops* que en *Lama*. Esto se basa en el hecho de que las puntas rugosas del hueso premaxilar son más amplias y gruesas en Camelops que en otros géneros extintos (Webb, 1965).

Los incisivos del espécimen aquí descrito son anchos transversalmente y su desgaste aumenta en relación a la cercanía con la línea transversal, siendo una característica exclusiva para Camelops y permite compararlo con los espécimenes recientes (Webb, 1965). Particularidades como el hecho de que la cresta diastemal se encuentre marcada y labialmente cóncava, así como la presencia de un foramen mentoniano localizado por debajo de la parte posterior del canino, y un tercer foramen localizado entre la parte posterior de p⁴ y la parte anterior de M¹, es común en muchos camélidos. Harrison (1985) menciona que en Camelops el tercer incisivo y los caninos se exhiben reducidos y bastante más recurvados, estas características coinciden perfectamente con las presentes en el ejemplar de estudio. Asimismo, la consideración de que p¹²/₁₂₃ sean ausentes, p³/₄ reducidos, y que los molares sean relativamente estrechos con los bordes externos minoritariamente desarrollados en especímenes de Camelops en comparación con otros camélidos (Webb, 1965; Harrison, 1985) fundamenta dicha coincidencia. A lo largo del tiempo, diversas controversias se han suscitado en cuanto a la consideración de la presencia o ausencia de premolares y caninos en especímenes fósiles de camélidos, sugiriendo reemplazos de unos por otros. Lo cierto es, que durante la evolución de los mismos, la pérdida de algunos premolares y la conservación de otros refiere a la función que desempeñen en conjunto con los demás dientes. Tal es el caso de la ausencia del segundo premolar (p²) en especímenes de camélidos fósiles. Este premolar fue el primer diente inferior perdido durante la evolución de

los camélidos, y por lo tanto se encuentra completamente ausente para la mayoría de los mismos (Webb, 1965). Esta revisión concuerda con la evidencia de la pérdida de dientes en otros grupos de mamíferos a lo largo del tiempo, y requiere ser considerada con detalle al momento de realizar la identificación dental de los especímenes.

Uno de los problemas existente en el registro fósil de las especies de *Camelops* es la ausencia de datos merísticos específicos que permitan definir en rango las dimensiones de los caracteres diagnósticos que diferencian una especie con respecto a otra. Así mismo, se considera la problemática en la nomenclatura del género estudiada por Dalquest (1992), quien destaca la importancia del establecimiento de los caracteres diagnósticos que permitan definir la diferenciación entre las especies relativas.

Considerando la estrecha coincidencia de los datos merísticos y caracteres diagnósticos del ejemplar de estudio con los presentados por Webb (1965) para describir al género *Camelops* (Tabla 1), se descarta la posibilidad de que el espécimen en cuestión corresponda al género *Lama*. Una vez determinado esto, se contemplan cinco especies pertenecientes al género propuesto: *C. hesternus*, *C. huerfanensis*, *C. sulcatus*, *C. minidokae* y *C. traviswhitei*. Según Baskin y Thomas (2016) *C. huerfanensis, C. sulcatus* y *C. traviswhitei* son consideradas sinónimos de *C. hesternus* al catalogarse de insignificantes las diferencias entre estas especies, señalando a *C. hesternus* como la única especie asociada a edades Irvingtoniano y Rancholabreano. Asimismo, *C. minidokae* está principalmente asociado al Irvingtoniano presentando menor tamaño que *C. hesternus* (Baskin y Thomas, 2016). Considerando lo anterior, la determinación taxonómica del ejemplar de estudio propone como a especie a *C. hesternus*. Esto concuerda con los datos merísticos establecidos por Webb (1965) para basar la descripción de *C. hesternus*, así como la presencia de fauna Rancholabreana en localidades aledañas al arroyo La Muela (Ferrusquía-Villafranca y Torres-Roldán, 1980; Rochín-Bañaga *et al.*, 2017).

5. Conclusión

Con base en la fórmula dental aquí descrita, los datos morfológicos comparativos presentados se considera que el espécimen fósil descrito es éste trabajo no presenta diferencias significativas con el descrito por Webb (1965)

Tabla 1. Tabla comparativa entre la	as medidas del espécimen fósil	recolectado en el arroyo L	a Muela y las medidas reportada.	as por Webb (1965) para
especímenes fósiles descritos en La	a Brea Tar Pits.			

CRÁNEO										
			La Brea			La Muela				
	UCMP	UCMP	LACM	LACM	LACM					
	20028	20040	Z251	Z252	Z256	UABCS				
px a M ³	593	573	-	541	547	379				
px a órbita	316	319	-	310	295	313				
Longitud del cigomático: órbita a postglenoideo	112	113	120	117	122	110				
Órbita: altura/longitud	63/70	61/65	59/64	62/68	61/65	60/60				
Ancho mínimo del postcanino (derecho/izquierdo)	63	60	55	48	51	46				
Ancho entre los C's	64	66	-	-	62	61				
Ancho entre M ³ 's	141	149	-	140	141	137				
I3: anteroposterior/	-	19.8	-	20.9	-	21.8				
diámetro transverso	-	10	-	13.7	-	13.4				
C: anteroposterior/	14	13.7	-	19.8	-	15.6				
diámetro transverso	10	10	-	9.6	-	10.4				
I ³ a C	36.8	42.3	-	36.5	23.4	37.1				
C a p ³	93	80.5	-	66.1	74.4	94.1				
$P^3 a M^3$	149	164	-	159	-	150				
M ¹ a M ³	116	-	-	121	140	123				
p ³ : anteroposterior/	-	18.8	-	22.6	20.4	16.1				
diámetro transverso	-	11.1	-	9.2	7.6	10.5				
p4: anteroposterior/	19.7	28	-	27	30.4	25.5				
diámetro transverso	23.8	22.5	-	22.6	20.3	23.7				
M1: anteroposterior/	26.1	41.8	-	31.9	44	34.2				
diámetro transverso	29.9	33.6	-	28.1	30.2	29				
M ² : anteroposterior/	39.2	51.9	-	44.1	54.5	44.3				
diámetro transverso	30.8	32.8	-	28.4	28.2	28				
M3: anteroposterior/	48.3	45.8	-	48.5	-	49.8				
diámetro transverso	30.3	27.2	-	26.3	-	29.8				

MANDÍBULA										
			La Brea			La Muela				
	UCMP	UCMP	LACM	LACM	LACM					
	20028	20040	Z251	Z252	Z256	UABCS				
Longitud de la sínfisis	117	121	113	110	110	110				
Longitud total a nivel alveolar	452	469	482	475	474	470				
Profundidad por debajo de C	41	38	49	43	39	36				
Profundidad por debajo de la parte anterior de P ⁴	65	61	59	53	54	52				
Profundidad por debajo de la parte posterior de M ²	79	75	85	80	73	70				
C a p ⁴	100	112	92	94	94	110				
p ⁴ a M ³	-	-	168	163	154	161				
M ¹ a M ³	128	ca. 163	142	138	132	136				
^{p4} : anteroposterior/	17.4	27.5	26.4	25.8	24.8	26.4				
diámetro transverso	10.2	13.4	14.6	14.7	13.9	14.2				
M1: anteroposterior/	28.2	38.7	43.7	34.9	29.3	28.7				
diámetro transverso	19.9	21.5	22.3	21	19.2	19.4				
M ² : anteroposterior/	39.2	46.2	50.5	44	42	41.3				
diámetro transverso	22.3	21.2	21.4	22.1	21.4	23.8				
M3: anteroposterior/	57.8	58.3	-	57.3	58.4	60.5				
diámetro transverso	21.9	18.5	-	20.5	22.3	21.3				

en La Brea Tar Pits, por lo que se sugiere que el fósil aquí descrito corresponde a la misma especie, *C. hesternus*, asociado a la edad Irvingtoniana-Rancholabreana.

Agradecimientos

Agradecemos a John Harris por proporcionarnos literatura de la osteología de *Camelops*, a Fermín Reygadas Dahl y a Mariano Hernández Avilés por su valiosa colaboración en la recuperación del fósil. Así como a Ismael Ferrusquía-Villafranca y a un revisor anónimo que hicieron el favor de examinar el presente trabajo.

References

- Baskin, J., Thomas, R., 2016, A review of *Camelops* (Mammalia, Artiodactyla, Camelidae), a giant llama from the Middle and Late Pleistocene (Irvingtonian and Rancholabrean) of North America: Historical Biology, 28(1–2), 120–127.
- Bell, C.J., Lundelius Jr., E.L., Barnosky, A.D., Graham, R.W., Lindsay, E.H., Ruez Jr., D.R., Semken Jr., H.A., Webb, S.D., Zakrzewski, R.J., 2004, The Blancan, Irvingtonian, and Rancholabrean mammal ages, en Woodburne, M.O. (ed.), Late Cretaceous and Cenozoic Mammals of North America: New York, Columbia University Press, 232–314.
- Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J., Ponce, E., 2010, Effects of Pleistocene environmental changes on the distribution and community structure of the mammalian fauna of Mexico: Quaternary Research, 73, 464–473.
- Dalquest, W., 1992, Problems in the nomenclature of North American Pleistocene camelids: Annales Zoologici Fennici, 28, 291–299.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Torres Roldán, V., 1980, El registro de mamíferos terrestres del Mesozoico y Cenozoico de Baja California: Revista del Instituto de Geología, 4(1), 56–62.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Arroyo-Cabrales, J., Martínez-Hernández, E., Gama-Castro, J., Ruiz-González, J., Polaco, O.J., Johnson, E., 2010, Pleistocene mammals of Mexico: A critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality: Quaternary International, 217, 53–104.
- Harrison, J., 1985, Giant Camels from the Cenozoic of North America, Smithsonian Contributions to Paleobiology: Smithsonian Institution Press, 57, 1–33.

- Heintzman, P.D., Zazula, G.D., Cahill, J.A., Reyes, A.V., MacPhee, R., Shapiro, B., 2015, Genomic data from extinct North American revise camel evolutionary history: Molecular Biology and Evolution, 32(9), 2433–2440.
- Honey, J.G., Harrison, J.A., Prothero, D.R., Stevens, M.S., 1998, Camelidae, *en* Janis, C.M., Scott, K.M., Jacobs, L.L. (eds.), Evolution of Tertiary mammals of North America, vol. 1: terrestrial carnivores, ungulates, and ungulatelike mammals: Cambridge, Cambridge University Press, 439–462.
- Jiménez-Hidalgo, E., Carranza-Castañeda, O., 2010, Blancan camelids from San Miguel de Allende, Guanajuato, Central México: Journal of Paleontology, 84(1), 51–65.
- Kurten, B., Anderson, E., 1980, Pleistocene Mammals of North America: New York, Columbia University Press, 442 pp.
- Leidy, J., 1854, Description of a Fossil Apparently Indicating an Extinct Species of the Camel Tribe: Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 68, 172–173.
- Rochín-Bañaga, H., Schwennicke, T., Herrera-Gil, L.H., 2017, Registro de *Mammuthus columbi* en el área de El Carrizal, Baja California Sur, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 69(2), 495–503.
- Scherer, C.S., 2013, The Camelidae (Mammalia, Artiodactyla) from the quaternary of South America: cladistic and biogeographic hypotheses: Journal of Mammalian Evolution, 20, 45–56.
- Thompson, M.E., White, R.S.J., 2004, Getting over the hump: Blancan records of *Camelops* from North America, with special reference to Hagerman, Idaho and the 111 Ranch, Arizona. Denver, Colorado: Geological Society of America. Abstracts with Programs, 36, 54.
- Waters, M.R., Stafford, T.W., Kooyman, B., Hills, L.V., 2015, Late Pleistocene horse and camel hunting at the southern margin of the ice-free corridor: reassessing the age of Wally's Beach, Canada: Proceedings of the National Academy of Natural Sciences of the United States of America, 112, 4263–4267.
- Webb, S.D., 1965, The osteology of *Camelops*: Bulletin of the Los Angeles County Museum, 1, 1–54.
- Zazula, G.D., Turner, D.G., Ward, B.C., Bond, J., 2011, Last interglacial western camel (*Camelops hesternus*) from eastern Beringia: Quaternary Science Reviews, 30, 2355–2360.
- Zazula, G.D., Macphee, R.D.E., Hall, E., Hewitson, S., 2016, Osteological Assessment of Pleistocene *Camelops hesternus* (Camelidae: Camelinae: Camelini) from Alaska and Yukon: American Museum Novitates, 3866, 1–45.

Manuscript received: Septiembre 7, 2018.

- Corrected manuscript received: Diciembre 10, 2018.
- Manuscript accepted: Diciembre 13, 2018.