

Fauna fósil de Ciudad Universitaria (UMSNH), Morelia, Michoacán, México: implicaciones paleoambientales

María Luisa García-Zepeda^{1✉}, Alejandro H. Marín-Leyva¹, Mayte Gutiérrez-Bedolla¹, Andrea Villegas-Chapa¹, Roberto Díaz-Sibaja¹, J. Ramón López-García¹, Joaquín Arroyo-Cabral², Alma Lilia Fuentes-Farías³

¹ Laboratorio de Paleontología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edif. R 2°. Piso. Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México.

² Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solórzano", Subdirección de laboratorio y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Moneda #16, Col. Centro, C.P. 06060 D.F., México.

³ Laboratorio de Ecofisiología Animal, Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, San Juanito Itzicuaru #SN, Col. Nueva Esperanza, C.P. 58330, Morelia, Michoacán, México.

Resumen

En México existen más de 800 localidades Pleistocénicas con presencia de mamíferos, ubicadas principalmente en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, las cuales representan sitios que han contribuido al conocimiento de la evolución de la megafauna del Pleistoceno en México. Particularmente, en Michoacán, la mayoría de los yacimientos fosilíferos de vertebrados se localizan en la Cuenca de Cuitzeo y los estudios paleontológicos hechos en esta área son primordialmente de tipo taxonómico y sólo muy pocos tienen un enfoque paleoecológico. De tal modo, el presente trabajo tiene como objetivo estudiar la fauna fósil del nuevo yacimiento de Ciudad Universitaria (UMSNH), ubicado en Morelia, dentro de la subcuenca Charo, que forma parte de la Cuenca de Cuitzeo, con la finalidad de aportar datos que corroboren la preferencia alimenticia y de hábitat de las especies encontradas, además de recabar información acerca del paleoambiente del sitio; utilizando para ello el método de isótopos estables de ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$). Los resultados muestran cinco facies estratigráficas que sugieren diferentes ambientes sedimentarios. La fauna fósil se encontró en una biofacies fluvio-lacustre, y pertenece a tres diferentes órdenes, familias y géneros (*Mammuthus columbi*, *Equus* sp., *Bison* sp.). Además, la presencia de *Bison* sp. indica una edad Rancholabreana para este yacimiento fosilífero. Los análisis de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ sugieren una dieta mixta ($\text{C}_{3/4}$) para el *M. columbi* y una dieta pacerora (C_4) para el *Equus* sp., por lo que se podría deducir para la zona un ambiente heterogéneo, es decir con vegetación de zonas cerradas (bosques) y abiertas (pastizales y/o praderas) conteniendo una proporción más o menos similar de pastos, herbáceas, arbustos y árboles.

Palabras clave: paleoecología, *M. columbi*, *Equus* sp., *Bison* sp., Rancholabreano.

Introducción

Los fósiles del centro occidente de México tienen un papel importante en el campo científico debido a que contribuyen al conocimiento de la evolución de la megafauna Pleistocénica en el país y Norteamérica, ya que a través de la forma y composición química de los restos se pueden deducir diferentes aspectos paleoecológicos por ejemplo el uso de los valores de isótopos estables de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y Oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) presentes en el esmalte dental y en huesos ayudan a inferir la dieta de animales extintos, el clima y, de manera

Fossil fauna of Ciudad Universitaria (UMSNH), from Morelia, Michoacán, México: paleoenvironmental implications

Abstract

In Mexico there are more than 800 Pleistocene localities with mammal remains. These fossil sites are located principally in the Trans-Mexican Volcanic Belt and have contributed to the knowledge of megafauna evolution in Mexican Pleistocene. In Michoacán state, most of the fossil localities are situated in the Cuitzeo basin. Studies made in this area are predominantly taxonomic and few have a paleoecological perspective. Therefore, in the present work we studied vertebrate remains of the new fossil site Ciudad Universitaria (UMSNH), located in Morelia that belong to sub-basin Charo and form part of Cuitzeo basin, in order to provide data to support the preference of diet and habitat of the species found, in addition to gathering information about the paleoenvironment of the site; by using stable isotopes method ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$). Our results show five stratigraphic facies that suggest different sedimentary environments. The fossil fauna was found in fluvio-lacustrine biofacies and belongs to three different orders, families and genera (*Mammuthus columbi*, *Equus* sp., *Bison* sp.) also the presence of taxon *Bison* sp. indicates a Rancholabrean age for the site, the analysis of stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) suggest a mixed feeder diet ($\text{C}_{3/4}$) for *M. columbi* and grazer diet (C_4) for *Equus* sp., therefore we could deduce a heterogeneous environment for this area, with closed habitats (forest) and open habitats (grasslands, savanna) with a similar proportions of grass, herbs, bushes and trees

Key words: paleoecology, *M. columbi*, *Equus* sp., *Bison* sp., Rancholabrean.

indirecta, el tipo de vegetación que existió en su hábitat (Sánchez *et al.*, 2004).

La mayoría de los yacimientos fosilíferos de vertebrados en Michoacán se encuentran en la Cuenca lacustre de Cuitzeo, sus sedimentos fueron medios propicios para la preservación de los restos fósiles de diferentes taxones que representan dos edades de mamíferos norteamericanos o NALMAS (*North American Land Mammal Ages*): para la zona sur se encuentra la fauna más antigua correspondiente al Blancano como proboscidos y caballos (Arellano y Azcón 1949) (5.335-1.77 Millones de años (Ma)) (Bell *et al.*, 2004) y hacia la zona norte se encuentra fauna del Rancholabreano (0.16-0.01 Ma) (*op cit.*, 2004); con fósiles de anfibios, reptiles y mamíferos herbívoros como roedores, mamuts, caballos,

✉ **Autor de correspondencia:** María Luisa García Zepeda. Laboratorio de Paleontología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edif. R 2°. Piso. Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México. Email: gzepedaml@yahoo.com.mx

camellos, venados y bisontes, (García-Zepeda, 2006; Pérez y Godínez, 2007; Marín-Leyva, 2008, 2011; Plata-Ramírez 2012; Díaz-Sibaja, 2013).

En Michoacán la mayoría de los estudios paleontológicos tienen un enfoque taxonómico, y son solo dos con una perspectiva paleoecológica como el de Marín-Leyva et al., (2014) y Gutiérrez-Bedolla et al., (En prensa), los cuales infieren la dieta y el tipo de hábitat usando isótopos estables de ^{13}C y ^{18}O en una especie de caballo (*Equus mexicanus*) y de proboscideo (*Mammuthus columbi*) encontrando que los caballos presentaban una dieta mixta C_3/C_4 (árboles, arbustos y pastos) con preferencia a plantas C_4 (pastos) mientras que *M. columbi* tenía una alimentación mixta C_3/C_4 , ambos prefiriendo ambientes abiertos. En Norteamérica se han realizado estudios de este tipo en diferentes especies de caballos del género *Equus* y de la especie *M. columbi* como en Florida y Texas, Estados Unidos de América (Koch et al., 1998, 2004) y en el estado de San Luis Potosí, México (Pérez-Crespo et al., 2009) encontrando resultados similares a los hechos en la cuenca de Cuitzeo.

Isótopos estables de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y Oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$)

En los últimos años se han generado diversos trabajos paleontológicos en México, utilizando las relaciones isotópicas de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y Oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) en el bioapatito [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{CO}_3)$] del esmalte dental (Koch et al., 1997) para inferir la dieta de un mamífero extinto, así como el clima de la zona donde vivió y, de manera indirecta, el tipo de vegetación que existió en su hábitat (Sánchez et al., 2004).

Los herbívoros se alimentan de plantas que tienen diferentes rutas fotosintéticas y a su vez tienen diversas proporciones isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$. Las plantas de tipo C_3 encontradas en los ecosistemas terrestres de altitud y latitud elevadas (árboles, arbustos y plantas herbáceas) tienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ desde -22 por mil (‰) hasta -30‰, con una media de -26‰, mientras que las plantas C_4 representadas por las hierbas y los juncos tropicales tienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ que varían entre -10‰ y -14‰, con una media de -12‰ (Smith y Epstein, 1971; Vogel, 1978; Ehleringer et al., 1986; 1991; Cerling et al., 1993), y las plantas CAM (Crassulacean acid metabolism) principalmente plantas suculentas, agaváceas, bromelias y cactáceas dominantes hábitat xerofitos (Ehleringer et al., 1991) con valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -10‰ y -30‰ (Andrade et al., 2007; Pérez-Crespo et al., 2011).

Los animales que se alimentan de vegetación incorporan a sus tejidos, como huesos y dientes, el carbono del alimento con un fraccionamiento isotópico adicional de -12‰ a -14‰ aproximadamente. Los mamíferos que se alimentan de plantas tipo C_3 tendrán, por lo tanto, valores de $\delta^{13}\text{C}$ comprendidos entre -10‰ y -16‰, mientras que los animales que se alimentan de hierbas tropicales tipo C_4 tienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ comprendidos entre +2‰ y -2‰. Una alimentación de tipo mixto mostrará a su vez valores intermedios (Lee-Thorp y van der Merwe, 1987; Quade et al., 1992).

La proporción isotópica del oxígeno en el apatito del

esmalte dental ($\delta^{18}\text{O}$) depende del equilibrio metabólico entre las diferentes reservas de oxígeno, con distintas composiciones isotópicas, que interactúan en el cuerpo durante la formación de los fluidos corporales (Longinelli, 1984; Luz et al., 1984). Las fuentes de Oxígeno provienen en parte el agua ingerida (tanto de la bebida como de la que contienen las plantas), además del oxígeno molecular procedente de la respiración. El oxígeno, además, es expulsado del cuerpo como agua en la orina, sudoración, azúcares y heces y como CO_2 y H_2O en forma gaseosa durante la respiración (Pérez-Crespo et al., 2009).

Los factores que intervienen en la variación de ^{18}O son internos (relativos a la fisiología del animal), y externos (relacionados con la ecología y el clima). En general la variación de la composición isotópica del oxígeno en los grandes mamíferos (bebedores obligados) depende fundamentalmente de factores externos (Pérez-Crespo et al., 2009). Debido a que existe una relación directa entre el $\delta^{18}\text{O}$ del bioapatito en los huesos y los dientes de los mamíferos con el agua que ingerida y ésta, a su vez, depende en última instancia del agua de la precipitación, la composición isotópica del oxígeno del bioapatito ha sido utilizada para realizar inferencias climáticas del pasado (Longinelli y Nuti, 1973; Kolodny et al., 1983; D'Angela y Longinelli, 1990; Kohn et al., 1996; Kohn et al., 1998; Feranec y MacFadden, 2000; Sánchez-Chillon et al., 2006; Pérez-Crespo et al., 2009).

En el presente trabajo se estudió la fauna fósil del nuevo yacimiento ciudad universitaria (UMSNH), ubicado en Morelia, dentro de la subcuenca Charo, que forma parte de la Cuenca de Cuitzeo, con la finalidad de aportar datos que corroboren la preferencia alimenticia y de hábitat de las especies encontradas, además de recabar información acerca del paleoambiente del sitio; utilizando para ello el método de isótopos estables de ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) además este sitio representa una oportunidad única para la enseñanza práctica de la paleontología.

Descripción del área de estudio

El yacimiento fosilífero está ubicado en el Municipio de Morelia, Michoacán (Ciudad Universitaria, UMSNH) en las coordenadas 19°41'26" N y 101°12'22" O, a una altitud de 1920 msnm (INEGI, 2010) (Figura 1). Se encuentra dentro del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM), ubicada en la región hidrográfica Lerma-Santiago y forma parte de la Cuenca del lago de Cuitzeo. Sus principales corrientes fluviales son el río Grande y el río Chiquito (Programa de desarrollo urbano del centro de población Morelia, 2004).

Pertenece a dos provincias geológicas. Al sur, el vulcanismo miocénico formó la Sierra de Mil Cumbres (SMC) que forma parte de la Sierra Madre del Sur. Al norte se encuentran volcanes monogenéticos y conos de lavas pertenecientes al campo volcánico Michoacán-Guanajuato, que forma parte del CVTM (Garduño-Monroy et al., 2001).

Se presentan al norte-oeste tobas riolíticas (TmTR) del Terciario, el norte-este está constituido por basalto (Tpl-QB) del Cuaternario, hacia el sur-este solo se llegan a encontrar andesitas-basalto (TplA-B) del terciario, al sur-oeste presenta

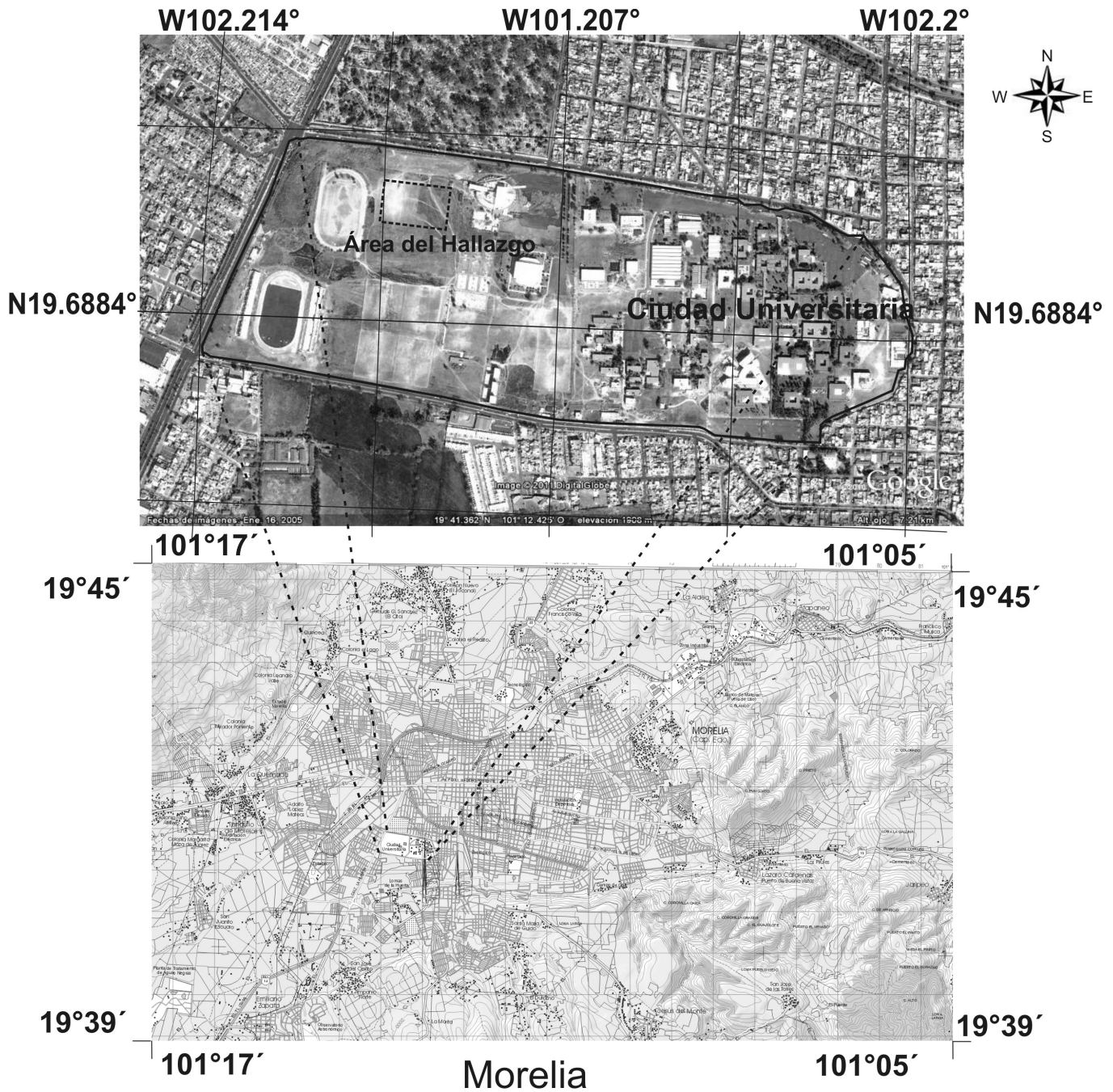


Figura 1. Ubicación de Ciudad Universitaria, UMSNH. Modificado de Marín-Leyva, 2011. Google Earth.

riolita (tmR) del Terciario y hacia el sur andesita-dacita (TplA-Da) del terciario (Carta Geológica-Minera E141-1, Morelia, Edo. de México y Guanajuato).

La estratigrafía de Morelia está constituida por diferentes unidades estratigráficas, en la base se encuentran Andesitas del Mioceno, la secuencia abarca un rango de edades de 20 a 8 Ma, correspondiente al Mioceno (Demant, 1981; Pasquaré *et al.*, 1991; Silva-Mora, 1979, 1995 en Garduño-Monroy *et al.*, 2001). Estas rocas afloran en la parte sureste de Morelia (cañada del Río Chiquito). Le sigue otra unidad la Ignimbrita de Morelia (Cantera de Morelia) (Garduño-Monroy *et al.*,

1999). Su edad es Mioceno de acuerdo a la fecha de 18 ± 0.5 Ma obtenida por Pasquaré *et al.*, (1991) ubicada al oeste de Morelia. Le sigue una secuencia volcánica al oriente de Morelia en el Cerro Punhuato, su edad no se conoce, pero se podría ubicar dentro del Mioceno (Israde, 1995 en Garduño-Monroy *et al.*, 2001). En la parte sur de Morelia hay una secuencia lacustre. En el sector norte de Morelia, la secuencia está constituida por una alternancia de arenas, gravas y limos, coronada por un depósito piroclástico de caída aérea, que puso fin a la antigua zona lacustre de Morelia (Garduño-Monroy *et al.*, 2001).

Materiales y métodos

Estratigrafía

Se realizaron siete columnas estratigráficas en la parte oeste de ciudad universitaria siguiendo la metodología propuesta por López-García (2008); a partir de las cuales se hizo una correlación estratigráfica. Los restos fósiles se recolectaron de manera directa, se colocaron en bolsas de plástico con datos de la localidad, el nivel estratigráfico, estado del fósil, colector y la fecha.

Los restos fósiles se limpiaron mecánicamente, se consolidaron en caso de ser necesario y se etiquetaron con dos letras iniciales que corresponden a Universidad Michoacana (UM) y un número que corresponde al catálogo de fósiles de la Colección Paleontológica de la Facultad de Biología.

Para la determinación taxonómica del material fósil, en el caso de los restos de proboscidos se realizó con base en el criterio propuesto por Aguirre (1969), modificado por Maglio (1973), Saunders (1970) (características para molares superiores e inferiores) y Agenbroad y Brunelle (1992); para el caso de los caballos se utilizó la literatura de (Bennett, 1980; MacFadden, 1992; Azzaroli, 1998), y para determinar el molar de bisonte se revisaron los siguientes autores: Hillson, 1992 y 2005, Chandler, 1916, Lundelius, 1972, Miller y Brotherson, 1979; McDonald, 1981, Willson et al., 2008. Además se hizo una comparación de piezas fósiles con el material que se encuentra en la Colección Paleontológica de la Facultad de Biología y con la Colección Mastozoológica del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

Isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$

Para realizar la extracción de las muestras se taladró cada pieza dental (UM 670 y UM 671) desde lo más cercano a la raíz hasta la zona oclusal, extrayendo 20 mg de esmalte aproximadamente por cada molar (Pérez Crespo et al., 2009, 2012). El pretratamiento del esmalte para la obtención del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ se hizo siguiendo la técnica de Koch et al., (1997). Los fragmentos de 20 mg se pulverizaron en un mortero y pistilo de ágata. Después fueron tratados y limpiados químicamente con peróxido de hidrógeno (H_2O_2), una solución de ácido acético (CH_3COOH) y acetato de sodio (NaCH_3COO), y finalmente etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).

Los análisis isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ de las muestras de carbonatos se hicieron en un espectrómetro de masas Thermo Scientific modelo Finnigan MAT 253, con un sistema dual de introducción de muestras y un equipo auxiliar Gas Bench con un automuestreador GC Pal y plancha de aluminio con termostato acoplado al espectrómetro de masas. Las muestras se disolvieron en ácido fosfórico al 100% a 90 °C para la liberación del bióxido de carbono del carbonato, las medidas se tomaron siguiendo al procedimiento descrito por Révész y Landwehr (2002). Los resultados han sido reportados como $\delta^{18}\text{O}$, y normalizados usando NBS-19, NBS-18 and LSVEC, a la escala *Vienna Pee Dee Belemnite* (VPDB) con las correcciones de Coplen (1988) y Wener y Brand (2001).

Análisis de datos

Para corroborar el tipo de hábitat (abierto o cerrado) en cada una de las especies, se utilizaron valores establecidos en especies identificadas previamente como habitantes de zonas cerradas siguiendo el modelo propuesto por Feranec y MacFadden (2006). Además, con las relaciones isotópicas, se obtuvieron los porcentajes de plantas C_4 consumidas de cada individuo utilizando la fórmula propuesta por Koch et al., (1998; 2004).

Resultados

Estratigrafía

La correlación estratigráfica muestra cinco facies, lacustres, fluviolacustres y de actividad volcánica. La cuales se describen a continuación: I) facies lacustre, arcillas y arenas; de color gris II) facies volcánica, arenas retrabajadas y arcillas, color café rojizo con concreciones de CaCO_3 ; III) facies de lago poco profundo, arcillas y arenas, color café claro concreciones de CaCO_3 ; IV) biofacies fluviolacustre, microconglomerados de matriz arcillosa con clastos de riolitas, basaltos y ligeras oxidaciones, color café claro concreciones de CaCO_3 y los restos fósiles de macrovertebrados; V) facies suelo residual, arcillas con clastos de riolitas, color negro, y gran contenido de materia orgánica.

Paleontología sistemática

Clase: Mammalia Linnaeus, 1758

Orden: Proboscidea Illiger, 1811

Familia: Elephantidae Gray, 1821

Género: *Mammuthus* Brookes, 1828

***Mammuthus columbi* Falconer, 1857**

Sinonimias: *Elephas columbi* (Falconer, 1857), *Elephas primigenius columbii* (Cope, 1893), *Euelephas columbi* (Osborn, 1918), *Elephas jeffersonii* (Osborn, 1922), *Elephas roosevelti* (Hay, 1922), *Elephas washingtonii* (Osborn, 1923), *Parelelephas columbi* (Osborn, 1924), *Parelelephas progressus* (Osborn, 1924), *Elephas maibeni* (Barbour, 1925), *Elephas eellsii* (Hay, 1926), *Elephas floridanus* (Osborn, 1929), *Parelelephas floridanus* (Osborn, 1942), *Parelelephas jacksoni* (Osborn, 1942), *Parelelephas jeffersonii* (Osborn, 1942), *Parelelephas roosevelti* (Osborn, 1942), *Parelelephas washingtonii* (Osborn, 1942), *Mammuthus (Parelelephas) columbi* (Haury et al., 1953). (Maglio, 1973).

Espécimen tipo: BM 40769, un M3 fragmentario, procedente del Canal Brunswick, Darien, Georgia, E.U.A. (Maglio, 1973).

Distribución y rango geológico: En Norteamérica desde los 55° de latitud norte hasta Centroamérica en Costa Rica y desde el Pleistoceno medio (Irvingtoniano) hasta el final del Pleistoceno superior (Rancholabreano) o entre hace 0.781 a 0.095 Ma (Maglio, 1973; Bell et al., 2004; Davies, 2005). En México el género *Mammuthus* se distribuyó de manera más o menos uniforme a lo largo de toda la República Mexicana, se le conoce en 279 localidades ubicadas en 24 estados; excluyendo a los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Guerrero, Colima y Nayarit. En el Estado de México se han registrado el mayor número de hallazgos

(28.4%), el Distrito Federal (11.4%). El registro de este género ubicado más al sur del país se encuentra en Villa Flores, Chiapas. (Servín-González, 2010).

Material referido: UM 670 un molar M2 derecho casi completo (**Figura 2 y 5**).

Diagnosis y Discusión: El molar fue determinado como un M2 derecho de un individuo de 25 ± 2 años de edad correspondiente a la especie *Mammuthus columbi* por el número de placas o láminas presentes en el molar y por la relación de ancho por largo del mismo (Agenbroad y Brunelle, 1992), la morfometría del material se presenta en el (**Apéndice 1**) *M. columbi* es el único elefántido reportado para el Rancho-labreano del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010) por lo que la asignación de este material a esta especie corresponde con la fauna anteriormente descrita para esta región.

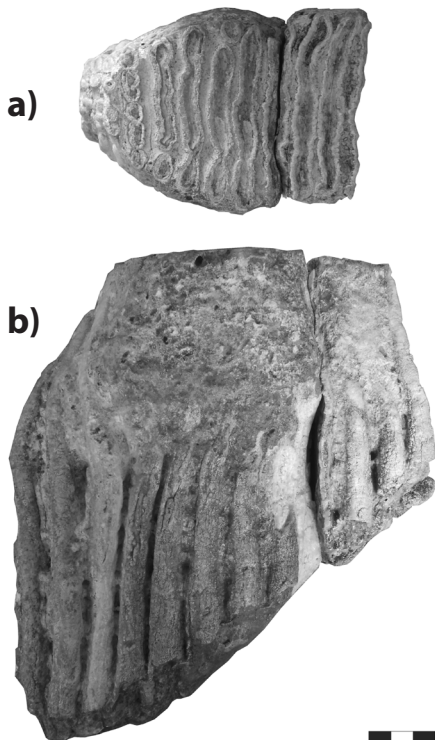


Figura 2. UM 670 fragmento de M2 derecho de *M. columbi*. a) Vista oclusal, b) Vista labial. Escala 3 cm.

Orden: Perissodactyla Owen, 1848

Familia: Equidae Gray, 1821

Subfamilia: Equinae Steinmann y Döderlein, 1890

Tribu: Equini Gray, 1821

Género: *Equus* Linnaeus, 1758

Distribución y rango geológico: El género *Equus* presenta una amplia distribución temporal y espacial. Los fósiles de *Equus* son reportados en Norteamérica, Sudamérica, Asia, Europa y África (MacFadden, 2005).

En México este género se reporta desde el Blancano hasta el Rancho-labreano. (Miller y Carranza-Castañeda, 2001). Distribuido en los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (García-Zepeda, 2006).

Material referido: UM 671 Fragmento de diente superior izquierdo (**Figura 3 y 5**).

Diagnosis y Discusión: Fragmento de diente superior izquierdo posiblemente de un P3/4 o M1/2, que preserva parte de la muralla posterior de la prefoseta sin pliegue pliprefoseta y la muralla anterior de la postfoseta con pliegue plipostfoseta poco profundo, con pliegue plicaballín sencillo y la unión del protofofo con el protocono. La configuración del resto dental es comparable a la del género *Equus*, por la alta hipsodoncia y la conexión del protocono al protofofo (Bennett, 1980; MacFadden, 1992; Azzaroli, 1998), por lo que el material dental UM 671 se asigna al género *Equus* y no es posible determinar hasta nivel específico debido al estado de conservación del material fósil.

Orden: Cetartiodactyla Montgelard *et al.*, 1997

Suborden: Ruminantia Scopoli, 1777

Infraorden: Pecora Flower, 1883

Familia: Bovidae Gray, 1821

Subfamilia: Bovinae Gray, 1821

Género: *Bison* Hamilton-Smith, 1827

Sinonimias: *Bos* (Linnaeus, 1758), *Urus* (Bojanus, 1827), *Harlanus* (Owen,

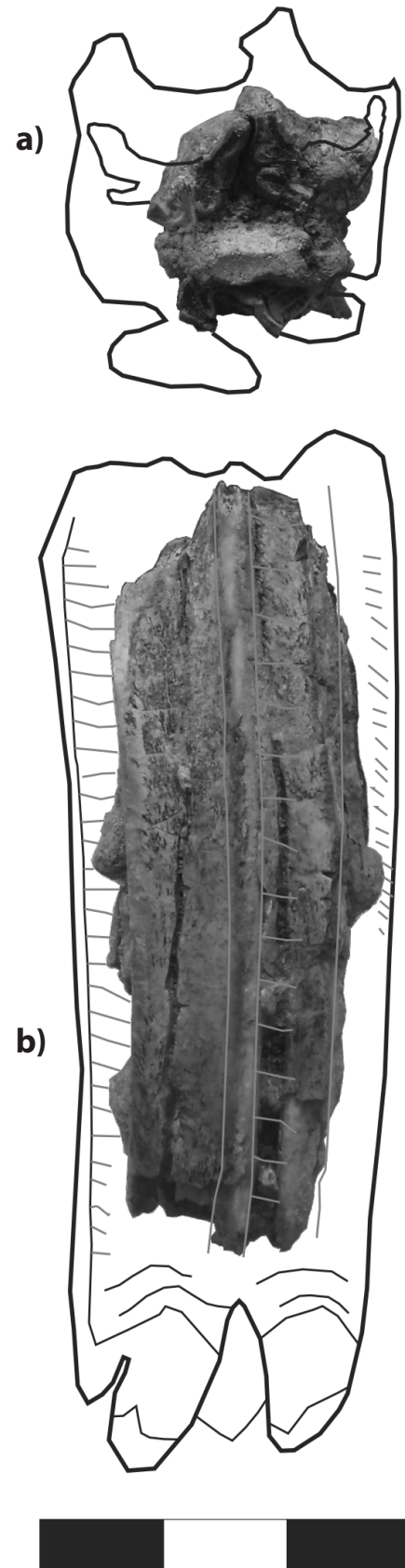


Figura 3. UM 671 fragmento de diente P3/4 o M1/2 izquierdo, de *Equus* sp. a) Vista oclusal, b) Vista labial. La vista oclusal y labial se presenta reconstruida de un diente completo en el mismo grado de desgaste. Escala 3 cm.

1847), *Simobison* (Hay y Cook, 1930), *Stelabison* (Figgins, 1933).

Distribución y rango geológico:

El primer registro del género *Bison* data del Plioceno tardío en Asia (ca. 2 Ma). Posteriormente su distribución se amplió hacia Europa, Beringia y Norteamérica (McDonald, 1981). En México este género se distribuía principalmente en el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, el Altiplano y el Nor-este del país (McDonald, 1981; Díaz-Sibaja, 2013).

Materiales referidos: UM 672, fragmento de una fosa anterior correspondiente a la banda de esmalte de la preparacrista, el paracono y la post-

paracrista de un molar superior (M2-M3) derecho (**Figura 4 y 5**).

Diagnosis y discusión: Se trata de un molar hipsodonto, con presencia de crenulaciones verticales y gruesas; en vista oclusal, la banda de esmalte es gruesa y carente de pliegues, posee paracristas gruesas y amplias, la postparacrista es más amplia que la preparacrista además, la porción del paracono presenta una forma profunda con una porción lingual más plana y gruesa que sus paredes. Dada su morfología, talla y ubicación geográfica, el elemento UM 672 es afín a la morfología del género *Bison* (Hillson, 2005; Bärmann y Rössner, 2011). Por el grado de desgaste que presenta la banda de esmalte del elemento UM 672, se infiere una edad biológica correspondiente a un individuo en etapa S3 (madurez completa), lo que también se corresponde con la altura que presenta la foseta (Skinner y Kaisen, 1947).

Este género de rumiante es particularmente importante en la datación relativa de esta localidad ya que este taxón es el que define al Rancholabreano por debajo de los 55° de latitud norte (Bell et al., 2004).

Isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$

La **tabla 1** contiene los valores individuales de la proporción isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ del ejemplar de *M. columbi*

y *Equus* sp.

En la **figura 6** se observa que el individuo UM 670 de *M. columbi* se ubica en cuadrante de dieta mixta C_3/C_4 mientras que UM 671 de *Equus* sp. se localiza en entre el cuadrante de dieta mixta C_3/C_4 y C_4 .

Discusión

Las diferentes facies indican condiciones ambientales cambiantes en los alrededores del yacimiento (Nichols, 2009). Los restos fósiles se encontraron en la biofacies fluvio lacustre constituida de microconglomerados con presencia de clastos de riolitas y basaltos, lo que sugiere que probablemente fueron arrastrados de las zonas sur de Morelia (Carta Geológica-Minera E141-1, Morelia, Edo. de México y Guanajuato, 2000).

La presencia de estos taxones *Mammuthus columbi*, *Equus* sp. y *Bison* sp. amplían el rango de distribución en el centro occidente de México y Michoacán, también el registro del género *Bison* sp. corrobora una edad Rancholabreano (Bell et al., 2004) para el yacimiento fosilífero.

Los resultados de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ muestran que el ejemplar UM670 *M. columbi* tenía una dieta mixta compuesta por plantas C_3 y C_4 similar a las poblaciones del centro occidente de México (Gutiérrez-Bedolla

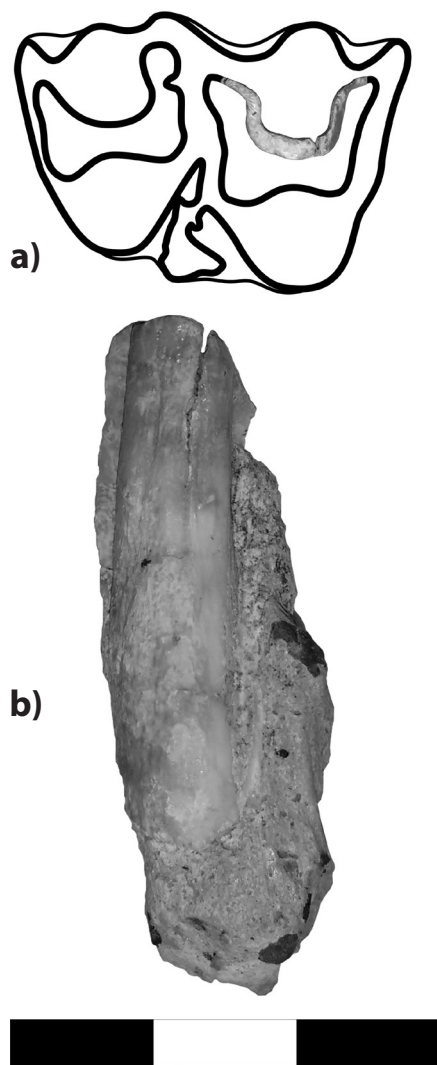


Figura 4. UM 672 fragmento de una fosa anterior (M2-M3) derecho de *Bison* sp. a) Vista oclusal, b) vista lingual. La vista oclusal se presenta reconstruida de un molar completo en el mismo grado de desgaste. Escala 3 cm.

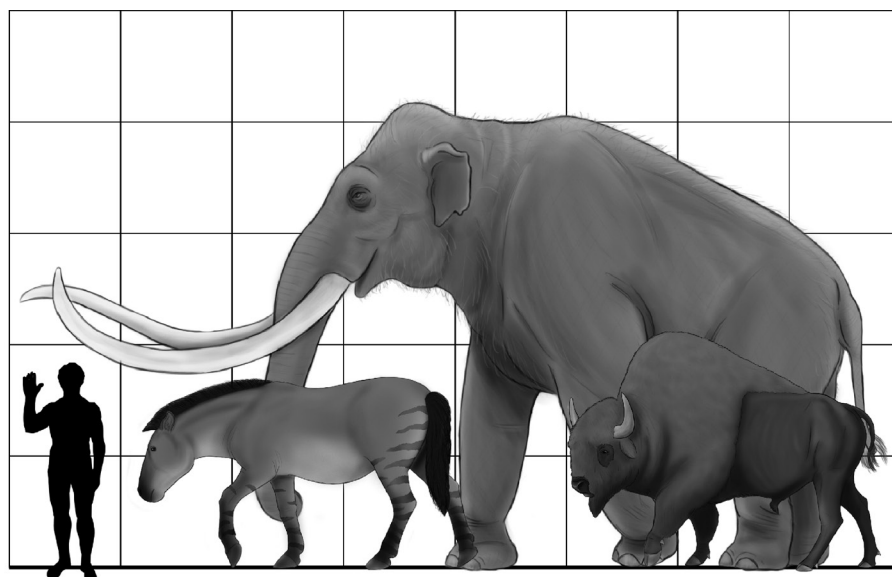


Figura 5. Reconstrucción de los taxones en estudio de *M. columbi*, *Equus* sp. y *Bison* sp. Elaboración Joaquín Eng Ponce.

Tabla 1. Valores individuales de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ expresados en ‰ VPDB y en % de C_4 consumidas en las dieta de los mamíferos fósiles del sitio fosilífero de Ciudad Universitaria (CU).

Taxon	N. Ej.	Elemento	Localidad	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$	% C_4	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}}$
<i>M. columbi</i>	UM 670	M2 D	CU	-5.74	45.07	-8.47
<i>Equus</i> sp.	UM 671	P3/4 o M1/2 I	CU	-2.04	69.72	-5.11

Notas y abreviaciones. N. Ej. = Número de ejemplar; VPDB = Vienna Pee Dee Belemnite Limestone; % C_4 = porcentaje de plantas C_4 consumidas con base en la ecuación $100\delta^{13}\text{C}_{\text{muestra}} = (100 - X)\delta^{13}\text{C}_{100\%\text{C}_3\text{esmalte}} + X\delta^{13}\text{C}_{100\%\text{C}_4\text{esmalte}}$, donde el valor estimado para el Pleistoceno tardío en el esmalte $\delta^{13}\text{C}_{100\%\text{C}_3}$ es -12.5 ‰ y de $\delta^{13}\text{C}_{100\%\text{C}_4}$ es 2.5 ‰, (Koch *et al.* 2004); UM = Universidad Michoacana; P 3/4 = tercer o cuarto premolar superior; M1/2 = primer o segundo molar superior; CU = Ciudad Universitaria.

et al., in press), mientras que el individuo UM 671 de *Equus* sp. tenía una dieta mayormente compuesta por plantas C_4 similar a la de algunos équidos de Cedral y Laguna de las Cruces, San Luis Potosí y Valsequillo, Puebla (Pérez-Crespo *et al.*, 2014). Por lo tanto, esto nos indica dos tipos de comportamiento alimenticio, uno mixto C_3/C_4 y otro pacedor C_4 . Los valores individuales de porcentaje de plantas C_4 consumidas nos muestran un mínimo y un máximo de 45.07% y 69.72% de plantas C_4 respectivamente. Lo que indicaría que para este sitio existía un ambiente heterogéneo, es decir con vegetación de zonas cerradas y abiertas conteniendo una proporción más o menos similar de pastos, herbáceas, arbustos y árboles. Estas deducciones coinciden con la

dieta y el hábitat para estos taxones en otros sitios de México y Norteamérica. *M. columbi* con dieta mixta (C_3/C_4) de ambientes abiertos y cerrados (Koch *et al.*, 1998; Pérez-Crespo *et al.*, 2012b; Gutierrez-Bedolla *et al.*, in press.); el género *Bison* sp. con una dieta pacedora (C_4) de ambientes abiertos (Koch *et al.*, 2004; Pérez-Crespo *et al.*, 2014) y el género *Equus* sp. con una dieta entre mixta (C_3/C_4) y pacedora (C_4) en zonas más abiertas que cerradas (Koch *et al.*, 1998; Pérez-Crespo *et al.*, 2009, 2012a y 2014).

Conclusiones

Se encontraron cinco facies que sugieren diferentes ambientes sedimentarios. La fauna fósil se encontró en una biofacies fluvio-lacustre.

Se registraron tres taxones: *Mammuthus columbi*, *Equus* sp., *Bison* sp. que amplían la distribución en el centro occidente de México.

El género *Bison* sp. indica una edad Rancholabreano (Bell *et al.*, 2004) para el yacimiento fosilífero.

Los resultados de isotopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ sugieren una dieta mixta (C_3/C_4) para el *M. columbi* y una dieta pacedora (C_4) para el *Equus* sp., por lo que se podría deducir una ambiente heterogéneo, es decir con vegetación de zonas cerradas (bosques) y abiertas (pastizales y/o praderas) conteniendo una proporción más o menos similar de pastos, herbáceas, arbustos y árboles.

Agradecimientos

Agradecemos a la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) de la UMSNH por el apoyo al proyecto de investigación número 8.22 "Rescate y estudio de los fósiles de Ciudad Universitaria de la UMSNH, Morelia, Michoacán". Al Laboratorio de Ecofisiología Animal, Instituto de Investigación sobre los Recursos Naturales (INIRENA) de la UMSNH, al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y al Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS), Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). A los integrantes del Laboratorio de Paleontología así como a los estudiantes y voluntarios de la Facultad de Biología en especial a la Bióloga Berenice García por apoyo en el rescate del material fósil.

Referencias

- Andrade JL, de la Barrera E, Reyes-García C, Ricalde MF, Vargas-Soto G, Cervera JC (2007) El metabolismo ácido de las crasuláceas: Diversidad, Fisiología Ambiental y Productividad. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 81: 37-50
- Agenbroad L, Brunelle A (1992) *Analysis of Mammoth Dentition (How To Be A Tooth Fairy for Elephants) Teacher and Classroom Kit and Manual.* (Grades 4-12). Northern Arizona University and the Mammoth site of Hot Springs, So. Dakota, U.S.A.
- Aguirre E (1969) Evolutionary History of the Elephant. *Science* 164: 1366-1376

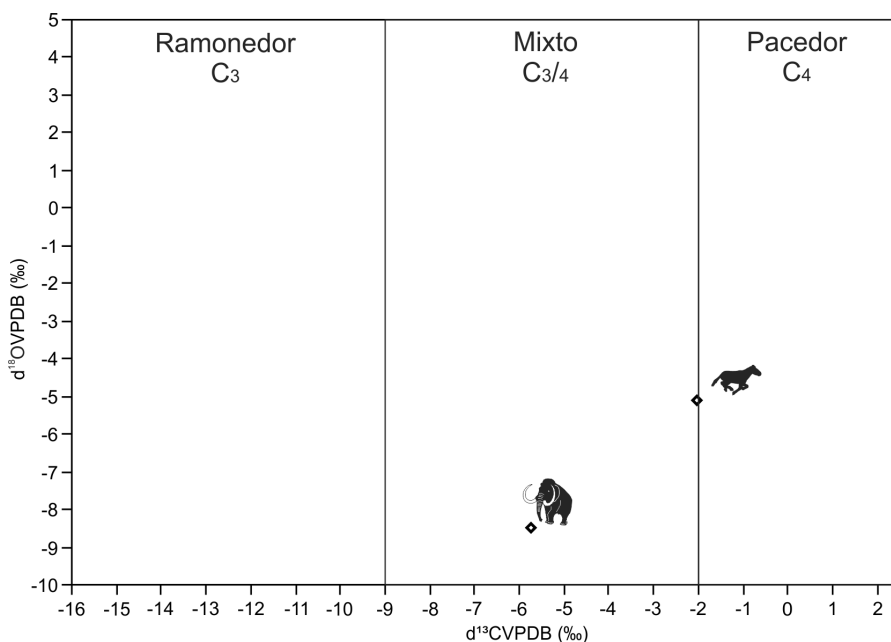


Figura 6. Relaciones isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ del *M. columbi* (UM 670) y *Equus* sp. (UM 671).

- Arellano A, Azcón E** (1949) Pre-*Equus* Horses from Goleta (Morelia) Michoacán. *Geol. Soc. Am. Bull.* 60: 1871
- Azzaroli A** (1998) The genus *Equus* in North America: The Pleistocene species. *Palaeontogr. ital.* 85: 1–60
- Barbour EH** (1925) *Prosthennops xiphodonticus*, sp. nov. a new fossil peccary from Nebraska. *Bulletin of the Nebraska State Museum* 1(3): 25–32
- Bärmann EV, Rössner GE** (2011) Dental nomenclature in Ruminantia: Towards a standard terminological framework. *Z. Säugetierkd* 76(6): 762–768
- Bell C, Lundelius E Jr, Barnosky A, Graham R, Lindsay E, Ruez D Jr, Semken H Jr, Webb S, Zakrzewski R** (2004) The Blancan, Irvingtonian, and Rancholabrean Mammal Ages. In MO Woodburne (ed), *Late Cretaceous and Cenozoic mammals of North America, biostratigraphy and geochronology*. Columbia University Press, pp 232–314
- Bennett D** (1980) Stripes do not a zebra make, Part I: a cladistic analysis of *Equus*. *Syst. Zool.* 29: 272–287
- Bojanus LH** (1827) *De Uro nostrate ejusque sceletio Commentatio: Scriptor et bovis primigenii sceletio auxit*. Weber, Bonn
- Bojanus LH** (1827) *De Uro nostrate ejusque sceletio Commentatio: Scriptor et bovis primigenii sceletio auxit*. *Nova Acta Acad. Caes. Leop.-Carol. German. Nat. Cur.* 11–13: 1–478
- Brookes J** (1828) *A catalogue of the anatomical & zoological museum*. Part I. London, Joshua Brookes, 76 p.
- Burnett GT** (1830) *Mammuthus borealis*. Quarterly Journal of the Geological Society of London, 352 p.
- Chandler A** (1916) A Study of the skull and dentition of *Bison antiquus* Leidy, with special reference to material from the Pacific coast. *Bull. Dept. Geol. Univ. o Calif. Publ.* 9(11): 121–135
- Cerling T, Wang Y, Quade J** (1993) Expansion of C_4 global ecological change in the Late Miocene. *Nature* 361: 344–345
- Cope E** (1893) Description of a lower jaw of *Tetrabelodon shepardii* Leidy. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 45(2): 202–204
- Coplen T** (1988) Normalization of oxygen and hydrogen isotope data. *Chem. Geol.* 72: 293–297
- D'Angela D, Longinelli A** (1990) Oxygen isotopes in living mammal's bone phosphate: further results. *Chem. Geol.* 86: 75–82
- Davies RI** (2005) Comparison of *Mammuthus primigenius* and *Mammuthus columbi*. *Unpublished master's thesis*. San Francisco State University, San Francisco, California, U.S.A
- Díaz-Sibaja R** (2013) Los Rumiantes (Ruminantia: Bovidae y Cervidae) del Pleistoceno (Rancholabreano) de dos sitios del Centro-Occidente de México. *Tesis de maestría*. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México, 161 p.
- Ehleringer JR, Field C, Liz Z, Kuo C** (1986) Leaf carbon isotope ratio and mineral composition in subtropical plants along an irradiance cline. *Oecologia* 70: 520–526
- Ehleringer JR, Sage RF, Flanagan LB y Pearcy RW** (1991) Climate change evolution of C_4 photosynthesis. *Trends Ecol. Evol.* 6: 95–99
- Feranec RS, Macfadden BJ** (2000) Evolution of the grazing niche in Pleistocene mammals from Florida: evidence from stable isotopes. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeocol.* 162: 155–169
- Feranec R, MacFadden B** (2006) Isotopic discrimination of resource partitioning among ungulates in C_3 -dominated communities from the Miocene of Florida and California. *Paleobiology* 32: 191–205
- Ferrusquía-Villafranca I, Arroyo-Cabrales J, Martínez-Hernández E, Gama-Castro J, Ruiz-González J, Polaco O, Johnson E** (2010) Pleistocene mammals of México: A critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality. *Quat. Int.* 217: 53–104
- Figgins J** (1933) The bison of the western area of the Mississippi Basin. *Proc. Colo. Mus. Nat. Hist.* 12: 16–33
- Flower WH** (1883) On the arrangement of the orders and families of existing Mammalia. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 1883: 178–186
- Garduño-Monroy V, Rodríguez-Torres G, Israde-Alcántara I, Arreygue E, Canuti P, Chiesa S** (1999) Efectos del clima (El Niño) en los fenómenos de fluencia de las fallas geológicas de la Ciudad de Morelia. *Geos, Unión Geofísica Mexicana* 9(2): 84–93
- Garduño-Monroy V, Arreygue-Rocha E, Israde-Alcántara I, Rodríguez-Torres G** (2001) Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 15: 132–144
- García-Zepeda ML** (2006) Nuovi dati Paleontologici della depressione lacustre di Cuitzeo, Michoacán, México. *Tesis doctoral*. Università degli studi di Firenze, Italia, 115 p.
- Gray J** (1821) On the natural arrangement of vertebrate animals. *London Medical Repository Review* 15: 296–310
- Gutiérrez-Bedolla M** (2014) La dieta y el hábitat de *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857), en dos localidades del Pleistoceno tardío del Centro Occidente de México. *Tesis de Maestría*. Facultad de Biología, UMSNH, Morelia, Michoacán, 89 p.
- Gutiérrez-Bedolla M, García-Zepeda ML, López-García R, Arroyo-Cabrales J, Marín-Leyva AH, Méndez-Herrera E, Fuentes-Farías AL** (In press 2015) Diet and habitat of *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) from two Late Pleistocene localities in central western Mexico. *Quat. Int.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.022>
- Hamilton-Smith C** (1827) Order VII.-Ruminantia. Pecora, Lin. In G Cuvier, E Griffith, CH Smith, E Pidgeon, JE Gray, GR Gray, eds, *The Animal Kingdom arranged in conformity with Its organization, by The Baron Cuvier, with additional descriptions of all the species hitherto named, and of many not before noticed, by Edward Griffith, F.L.S, A.S., &c., and others*, Vol 5. Geo. B. Whittaker, London, United Kingdom, pp 296–376.
- Haury EW, Antevs E, Lance JF** (1953) Artifacts with mammoth remains, Naco, Arizona. *Am. Antiq.* 19: 1–24
- Hay OP** (1922) Description of a new fossil sea cow from Florida, *Metaxytherium floridanum*. *Proc. U. S. Nat. Mus.* 61(17): 1–4
- Hay OP** (1926) A collection of Pleistocene vertebrates from southwestern Texas. *Proc. U. S. Nat. Mus.* 68(2625): 1–18
- Hay OP, Cook HJ** (1930) Fossil vertebrates collected near, or in association with, human artifacts at localities near Colorado,

- Texas; Frederick, Oklahoma; and Folsom, New Mexico. *Proc. U. S. Nat. Mus.* 9: 4-40
- Hillson S** (1992) *Mammal Bones and Teeth*. An Introductory Guide to Methods of Identification. Henry Ling Ltd. at the Dorset Press. Dorchester, Dorset, England, 120 p.
- Hillson S** (2005) *Teeth, Second edition*. Cambridge University Press, Cambridge, 388 p.
- Illiger C** (1811) Prodomus Systematis Mammalium et Avium. *Berolini* 8: 301.
- INEGI** (1998) *Carta Geológica-Minera E141-1, Morelia, Edo. de México y Guanajuato*.
- INEGI** (1998) *Carta Topográfica Morelia E14A23*.
- INEGI** (2010) *ubicación de Morelia y sus límites*. <http://mapserver.inegi.gob.mx> (Accesada en agosto de 2013).
- Israde-Alcántara I, Garduño-Monroy VH** (1999) Lacustrine record in a volcanic intra-arc setting; the evolution of the late Neogene Cuitzeo basin system (central western Michoacán, Mexico). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 15(1-3): 209-227
- Koch PL, Diffenbaugh NS, Hoppe KA** (2004) The effects of late Quaternary climate and PCO₂ change on C₄ plant abundance in the south-central United States. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 207(3-4): 331-357
- Koch PL, Hoppe KA, Webb SD** (1998) The isotopic ecology of late Pleistocene mammals in North America: Part 1. Florida. *Chem. Geol.* 152: 119-138
- Koch PL, Tuross N, Fogel ML** (1997) The effects of sample treatment and diagenesis on the isotopic integrity of carbon in biogenic hydroxylapatite. *J. Archaeol. Sci.* 24: 417-429
- Kolodny Y, Luz B, Navon O** (1983) Oxygen isotope variation in phosphate of biogenic apatites. I. Fish bone apatite-rechecking the rules of the game. *Earth Planet. Sci. Lett.* 64: 398-404
- Kohn MJ, Schoeninger MJ, Valley JW** (1996) Herbivore tooth oxygen isotope compositions: effects of diet and physiology. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 60: 3889-3896
- Lee-Thorp JA, Van Der Merwe NJ** (1987) Carbon isotope analysis of fossil bone apatite. *S. Afr. J. Sci.* 83: 712-715
- Kohn MJ, Schoeninger MJ, Valley JW** (1998) Variability in herbivore tooth oxygen isotope compositions: reflections of seasonality or developmental physiology?. *Chem Geol* 152: 97-112
- Linnaeus C** (1758) *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Editio decima, reformata Tomus I. Laurentii Salvii, Stockholm, Sweden, 824 p.
- Longinelli A** (1984) Oxygen isotopes in mammalian bone phosphate: a new tool for paleohydrological and paleoclimatological research?. *Geochim. Cosmochim. Ac.* 48: 385-390
- Longinelli A, Nuti S** (1973) Revised phosphate-water isotopic temperature scale. *Earth Planet. Sci. Lett.* 19: 373-376
- López-García JR** (2008) Estudio Estratigráfico, Sedimentológico y Paleontológico de la Región de Indaparapeo- Charo, Paleolago de Cuitzeo, Mich., México. *Tesis de maestría*. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 824 p.
- Lundelius EL** (1972) Fossil vertebrates from the late Pleistocene Ingleside fauna, San Patricio County, Texas. *Rep. Invest. Bur. Econ. Geol. Uni. Texas* 77: 1-14
- Luz B, Kolodny Y, Horowitz M** (1984) Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water. *Geochim. Cosmochim. Ac.* 48: 1689-1693
- Marín-Leyva AH** (2008) Especies de caballos (*Equus*: Equidae) del pleistoceno tardío de la Cinta Michoacán, México. *Tesis de licenciatura*. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 102 p.
- Marín-Leyva AH** (2011) Caballos del Pleistoceno y sus paleoambientes en dos Cuencas de Michoacán, México. *Tesis de maestría*. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México, 156 p.
- Marín-Leyva AH, Arroyo-Cabrales J, Alberdi MT, García-Zepeda ML, Ponce-Saavedra J, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E, Pérez-Crespo VA** (2014) La dieta y el hábitat de *Equus mexicanus* en dos localidades del Pleistoceno tardío del centro occidente de México. In G Arreguín-Rodríguez, J Colmenar, E Díaz-Berenguer, J Gálan, A Legarda-Lisarrí, J Parilla-Bel, E Puértolas-Pascual, R Silva-Casal (eds), *New Insights on ancient life*. Universidad de Zaragoza, Boltaña, Huesca España, pp 163-166.
- MacFadden BJ** (1992) *Fossil Horses. Systematics, Paleobiology, and Evolution of the family Equidae*. Cambridge University Press, New York, 369 p.
- McFadden BJ** (2005) Fossil Horses-Evidence for Evolution. *Science* 307(5716): 1728-1730
- Maglio VJ** (1973) Origin and evolution of the Elephantidae. *Trans. Amer. Philos. Soc. New Series* 63(3): 1-149
- McDonald JN** (1981) *North American bison: their classification and evolution*. University of California Press, 316 p.
- Miller WE, Brotherson JD** (1979) Size variation in foot elements of *Bison* from Rancho La Brea. *Contrib. Sci. Natur. Hist. Mus. Los Angeles County* 323: 1-19
- Miller WE, Carranza-Castañeda O** (2001) Late Cenozoic mammals from the basins of central México. *B. Soc. Paleontol. Ital.* 40: 235-242
- Montgelard C, Catzefflis FM, Douzery E** (1997) Phylogenetic relationships of artiodactyls and cetaceans as deduced from the comparison of cytochrome b and 12S rRNA mitochondrial sequences. *Mol. Biol. Evol.* 14(5): 550-559
- Nichols G** (2009) *Sedimentology and Stratigraphy*. Second Edition. Wiley-Blackwell, Oxford United Kingdom, 419 p.
- Osborn HF** (1918) A long-jawed mastodon skeleton from South Dakota and phylogeny of the Proboscidea. *Geol. Soc. Am. Bull.* 29: 133-136
- Osborn HF** (1922) Species of American Pleistocene Mammoths *Elephas jeffersonii*, new species. *Am. Mus. Novit.* 41: 1-16
- Osborn HF** (1923) New subfamily, generic, and specific stages in the evolution of the Proboscidea. *Am. Mus. Novit.* 99: 1-4
- Osborn HF** (1924) Additional generic and specific stages in the

- evolution of the Proboscidea. *Am. Mus. Novit.* 154: 1-5
- Osborn HF** (1929) New Eurasiatic and American proboscideans. *Am. Mus. Novit.* 393: 1-23
- Osborn HF** (1942) Proboscidea: a monograph of the discovery, evolution, migration, and extinction of the mastodonts and elephants of the world. *II Stegodontoidea, Elephantoida. Am. Mus. Nat. Hist., New York.*
- Owen R** (1847) Observations on certain fossil bones from the collection of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. *Journ. Acad. Nat. Sci. Phila.* 2: 18-20
- Owen R** (1848) Description of the teeth and portions of jaws of two extinct anthracotheroid quadrupeds discovered by the Marchioness of Hastings in the Eocene deposits of the N.W. 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. *Q. J. Geol. Soc. Lond.* 4: 103-141
- Pasquaré G, Ferrari L, Garduño VH, Tibaldi A, Vezzoli L** (1991) *Geology of the central sector of the Mexican Volcanic Belt, states of Guanajuato and Michoacán: Boulder, Geological Society of America, Map and Chart series, MCH072.* 1 mapa con texto, 22 p.
- Plata-Ramírez RA** (2012) Camellos fósiles de La Cinta-Portalitos y La Piedad San Ana Michoacán y Guanajuato, México. *Tesis de licenciatura.* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de biología, Michoacán, México, 93 p.
- Pérez-Crespo VA** (2007) Reconstrucción paleoambiental de una comunidad Pleistocénica en México usando Isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$). *Tesis de Maestría (Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales [Biodiversidad del Neotrópico]).* Instituto Politécnico Nacional (IPN) y Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA), 65 p.
- Pérez-Crespo VA, Sánchez CB, Arroyo-Cabrales J, Alberdi MT, Polaco OJ, Santos-Moreno A, Morales-Puente P, Benammi M, Cienfuegos-Alvarado E** (2009) La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del Pleistoceno tardío de El Cedral. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 26(2): 347-355
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Alva-Valdivia IM, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E** (2011) Diet and habitat definitions for Mexican glyptodonts from Cedral (San Luis Potosí, México) based on stable isotope analysis. *Geol Mag.* 149: 153-157
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Alva-Valdivia LM, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E** (2012b) Datos isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) de la fauna pleistocénica de la Laguna de las Cruces, San Luis Potosí, México. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 29(2): 299-307
- Pérez-Crespo VA, Arroyo-Cabrales J, Benammi M, Johnson E, Polaco OJ, Santos-Moreno A, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E** (2012b) Geographic variation of diet and habitat of the Mexican populations of Columbian Mammoth (*Mammuthus columbi*). *Quat. Int.* 276-277: 8-16
- Pérez-Crespo VA, Alva-Valdivia LM., Arroyo-Cabrales J, Morales-Puente P, Cienfuegos-Alvarado E, Otero FJ** (2014) *Marcadores Biogeoquímicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$: Inferencia sobre dieta y hábitat de mamíferos que habitaron en el Pleistoceno tardío en México: México D.F., Monografías del Instituto de Geofísica UNAM,* 63 p.
- Pérez GMS, Godínez VG** (2007) Pequeños vertebrados fósiles y la bioestratigrafía de La Cinta, Michoacán y Portalitos, Guanajuato. *Tesis de maestría.* Facultad de Biología. UMSNH. Michoacán, México, 93 p.
- Programa de desarrollo urbano del centro de población Morelia** (2004) <http://www.iztacala.unam.mx/> (Accesada en septiembre 2013).
- Quade J, Cerling TE, Barry JC, Morgan ME, Pilbeam DR, Chivas AR, Lee-Thorp JA, Van Der Merwe NJ** (1992) A 16-Ma record of paleodiet using carbon and oxygen isotopes in fossil teeth from Pakistan. *Chem. Geol. (Isotope Geoscience Section)* 94: 183-192
- Révész KM, Landwehr JM** (2002) $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopic composition of CaCO_3 measured by continuous flow isotope ratio mass spectrometry: statistical evaluation and verification by application to Devils Hole core DHe11 calcite. *Rapid. Commun. Mass. Sp.* 16: 1012-2114
- Sánchez B, Prado JL, Alberdi MT** (2004) Feeding ecology, dispersal, and extinction of South American Pleistocene gomphotheres (Gomphotheriidae, Proboscidea). *Paleobiology* 30: 146-161
- Sánchez-Chillón B, Prado JL, Alberdi MT** (2006) Ancient feeding, ecology and extinction of Pleistocene horses from the Pampean Region, Argentina. *Ameghiniana* 43: 427-436
- Saunders JJ** (1970) The distribution and taxonomy of *Mammuthus* in Arizona. *Unpublished master's thesis.* Tucson, University of Arizona, 115 p.
- Skinner MF, Kaisen OC** (1947) The fossil bison of Alaska and preliminary revision of the genus. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 89: 1-256
- Scopoli GA** (1777) *Introductio ad historiam naturalem: sistens genera lapidum, plantarum, et animalium hactenus detecta, caracteribus essentialibus donata in tribus divisa, subinde ad leges naturae. Apud Wolfgangvm Gerle. Prague.*
- Servín-Gonzales M** (2010) Estudio de Proboscídeos (*Mammuthus*, Burnet, 1830) de la Piedad Cebadas, Michoacán y sus rutas Migratorias hacia el Sur del continente Americano en el Pleistoceno. *Tesis de licenciatura.* Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 47 p.
- Smith BN, Epstein S** (1971) Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. *Plant Physiol.* 47: 380-384
- Vogel JC** (1978) Isotopic assessment of the dietary habitats of ungulates. *S. Afr. J. Sci.* 74: 298-301
- Werner RA, Brand WA** (2001) Referencing strategies and techniques in stable isotope ratio analysis. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 15: 501-519
- Wilson MC, Hills LV, Shapiro B** (2008) Late pleistocene northward-dispersing *Bison antiquus* from the Bighill Creek Formation, Gallelli Gravel Pit, Alberta, Canada, and fate of *Bison occidentalis*. *Can. Jour. Earth Sci.* 45: 827-859

Apéndice 1. Morfometría del molar *M. columbi*. Medidas en milímetros basadas en Agenbroad y Brunelle (1992).

Variable	Magnitud (mm)
Ancho	107.85
Largo	201.44
Número de lamelas	11.5
Número de lamelas con abrasión por uso	9.5
Longitud con abrasión	122.03
Altura de la placa más alta	233.11
Grosor del esmalte	2.955
Grosor de la dentina	5.034
Frecuencia lamelar	0.115
Relación longitud-número de lamelas	10.61
Índice de Hipsodoncia	257.98
Longitud máxima en plano diagonal	276.97
Longitud máxima del plano oclusal	201.44
Altura máxima de los dientes en paralelo de las placas	195.42
Ancho máximo con dentina	107.85
Ancho máximo sin dentina	90.36
Fórmula dental	R M2
Edad (años)	25 ±2