

Precisión bioestratigráfica y paleoambiental del miembro Temascalapa (formación Huayacocotla) con base en *Gleviceras* Buckman, 1918 (Ammonoidea, Oxinoticeratidae Hyatt, 1875), en la región Otomí-Tepehua, México centro-oriental

Accurate on Biostratigraphic range and paleoenvironment of Temascalapa member (Huayacocotla Formation) based on *Gleviceras* Buckman, 1918 (Ammonoidea, Oxinoticeratidae Hyatt, 1875), in the Otomí-Tepehua region, east-central México

Carlos Esquivel Macías^a, Rita Gabriela León Olvera^b

^a Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.

^b Investigadora Independiente.

Abstract:

For the first time, the paleontological finding of an oxinoticeratid ammonite is reported in the Temascalapa, Otomí-Tepehua region of the Hidalgo State, central-eastern Mexico. The fossil is taxonomically determined as *Gleviceras* Hyatt 1875 in strata of the homonymous Temascalapa facies, informally known as the Temascalapa Formation. The determination allows the fossil to be ranged during the Upper Sinemurian in the *raricostatum* zone, which matches it with the Despí and Tenango units of the Huayacocotla Formation. Furthermore, the functional morphology analysis of the fossil, supported by the petrology of the unit, previously published, allows ensuring that the Temascalapa unit belongs to the Huayacocotla Formation and the criterion of multiple formations by previous authors is discarded. The unification with the Huayacocotla Formation allows applying to this unit the determination of the sedimentary environment in the intra-arc basin in disoxic bottoms already known.

Keywords:

Mexico, Sinemurian, Huayacocotla, Ammonoidea, *Gleviceras*

Resumen:

Se reporta por primera vez el hallazgo paleontológico de un amonite oxinoticeratido en la localidad de Temascalapa, región Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo, México centro-oriental. Se determina taxonómicamente el fósil como *Gleviceras* Hyatt 1875 en estratos de la facies homónima Temascalapa, antes conocida informalmente como formación Temascalapa. La determinación permite ubicar el fósil durante el Sinemuriano Superior en zona *Raricostatum*, lo que la homologa con las unidades Despí y Tenango de la Formación Huayacocotla. Además la consideración del análisis de morfología funcional del fósil, apoyado en la petrología de la unidad previamente publicada permite asegurar que la unidad Temascalapa pertenece a la Formación Huayacocotla y se descarta definitivamente el criterio de múltiples formaciones de autores previos. La unificación con la Fm. Huayacocotla permite aplicar a esta unidad la determinación del ambiente sedimentario en cuenca intraarco en fondos disóxicos ya conocida.

Palabras Clave:

México, Sinemuriano, Huayacocotla, Ammonoidea, *Gleviceras*

Autor para la correspondencia: esquivel@uaeh.edu.mx

Correos electrónicos: esquivel@uaeh.edu.mx (C. Esquivel Macías), cibereexperto@hotmail.com (R. G. León Olvera)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4575-9059> (C. Esquivel Macías)

Fecha de recepción: 05/06/2020, Fecha de aceptación: 10/08/2020, Fecha de publicación: 05/10/2020

<https://doi.org/10.29057/aactm.v7i7.6050>



1. Introducción

Durante un recorrido de campo dentro del 10° Congreso del Sistema Jurásico (2018), para reconocer los rasgos del jurásico en la Formación Huayacocotla con un grupo de paleontólogos del Museo Nacional de La Plata de la República Argentina, quien suscribe localizó el primer ejemplar fósil rescatado de una secuencia altamente desarrollada de areniscas y limolitas típica de la “formación Temascalapa” *sensu* Schmidt-Effing [1] (Figura 1 a). Esta litología es considerada actualmente una litofacies a partir de los trabajos geoquímicos [2-4] y paleoambientales [4] sobre la Formación Huayacocotla; aunque, estratigráficamente es un miembro (*sensu* Salvador [5]). El material fósil aquí reportado (Figura 2) es relevante en el contexto de la unificación de las litofacies Temascalapa, Despí, Potrero y Las Juntas como una sola formación ya que previamente fueron mencionadas informalmente por Schmidt-Effing [1] (1980) como formaciones independientes (Figura 1) cuatro litofacies).



Figura 1. Diferentes aspectos de la Fm. Huayacocotla. Cuatro litofacies: a) Corresponde a la Facies Temascalapa; b) Facies Las Juntas; c) Facies Despí y d) Facies Potrero. Tomada de Esquivel et al. [6].

En el sentido de este último hay discrepancia con respecto a los criterios de Erben [7] y de Imlay [8] quienes establecieron la Formación Huayacocotla con base en la localidad tipo en Huayacocotla, Veracruz. Por otra parte el criterio de Schmidt-Effing [1], difiere de la uniformidad petrológica y geoquímica reportada [2,3,9], considerando que se trata de la misma cuenca sedimentaria de manera simultánea para las cuatro unidades, no obstante la carencia (hasta ahora) de fósiles en la unidad Temascalapa. Por lo tanto se pretende establecer la integración lito y bioestratigráfica de la unidad Temascalapa como miembro de la Formación Huayacocotla.

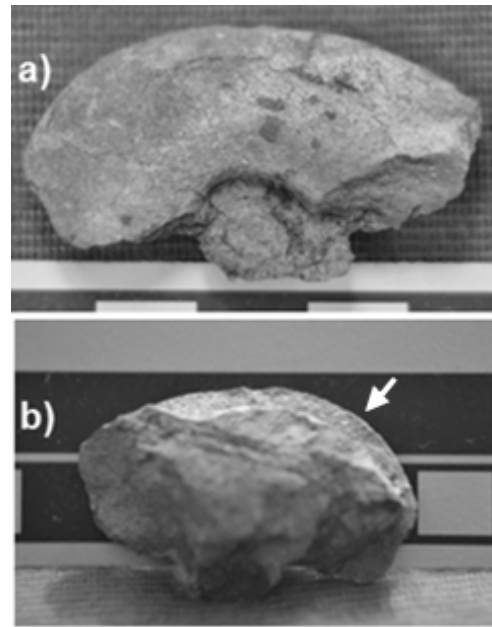


Figura 2. a) Fragmacono y ombligo del ejemplar, b) Costillas proquirradiadas aproximándose al borde de la quilla en vista posterior.

2. Área de estudio

Localización y acceso

En la Figura 3 se aprecia el acceso desde la carretera Tulancingo-Tuxpan donde entronca la carretera número 53 hacia Huehuetla. Pasando por la cabecera municipal de Tenango de Doria, hacia el municipio de San Bartolo Tutotepec, se halla el afloramiento después de la entrada al caserío de Santa María Temascalapa.

El sitio es parte de una cantera de balasto para nivelar caminos (Figura 3, triángulo rojo junto al poblado de Santa María Temascalapa), lo que genera un afloramiento fresco libre de vegetación.

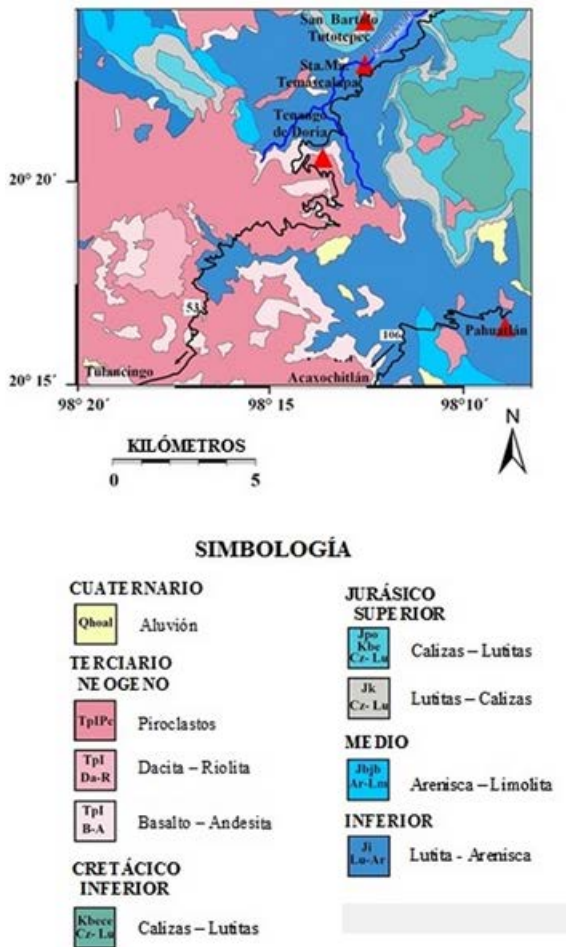


Figura 3. Se muestra la geología local, en particular las relaciones del Jurásico inferior (Formación Huayacocotla) con otras formaciones Jurásicas, Cretácicas y Paleógenas. Se muestra la ruta de acceso y la ubicación del afloramiento homónimo de la Facies/Miembro Temascalapa de la localidad Santa María Temascalapa. Tomada y modificada de Esquivel et al.[6]).

Geología

La Sierra Madre Oriental es un cinturón plegado (thrust and belt) con rumbo general Noreste-Suroeste que recorre los estados de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz, y en el extremo de Nuevo León sufre un cambio de dirección en sentido Este-Oeste. En el centro-oriente de México se manifiesta como valles y cordones estrechamente espaciados, especialmente para las rocas del Jurásico Inferior [10-11]. Su origen se asocia con la subducción de las placas Pacífica, Cocos y Caribeña contra la Placa Norteamericana [12], yuxtapuesta al basamento Neo proterozoico que colisionó con Norteamérica hace unos 1 200 millones de años durante la orogenia Grenville [13].

Aquí, Erben [7] definió la Formación Huayacocotla, que aflora como un anticlinal con rumbo general idéntico a la Sierra Madre Oriental en la localidad homónima del estado de Veracruz, con 8 unidades de limolitas arenosas muy fosilíferas, correlacionables con las facies Despi y Potrero de la localidad Tenango/San Bartolo en la sierra Otomí-Tepehua, pero este último autor no reporta facies con alternancia de areniscas y limolitas tipo “flysh”, como es descrita la Facies Temascalapa (Figura 1a).

En el área de estudio la Formación Huayacocotla hace contacto con las formaciones volcánicas del Cenozoico (Oligoceno-Mioceno), evidenciando que después de la orogenia Laramide hubo intensa erosión que produjo un hiato de 160 millones de años en el contacto (discordancia) Jurásico-Terciario del área de estudio. Además se manifiestan sobre los anticlinales y sinclinales del Jurásico bloques completamente fallados también en rocas del Jurásico Superior de la Formación Pimienta [14] que transitan gradualmente hacia el Berriasiano y Valanginiano y son correlacionables con la Formación Taraises (*partim*) de Zacatecas (Santuario: *sensu* Segeström, *op.cit.* [14]) (observación personal Esquivel-Macías, este trabajo) También destacan los contactos con el Cretácico Inferior de la Formación Caliza Tamaulipas inferior [15] (Figura, 3).

En el afloramiento donde se recuperó el fósil (Figura 4), son evidentes los estratos alternos de arenisca y limolita.



Figura 4 Muestra del intenso plegamiento tectónico tipo “chevron” que corresponde a la orogenia Laramide que genero la Sierra Madre Oriental. La barra tiene dos metros de largo.

3. Desarrollo experimental

La Búsqueda sistemática de fósiles en la región se ha llevado a cabo desde el año 2000 con base en el proyecto invertebrados fósiles del estado de Hidalgo en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, con lo cual se han

documentado 63 afloramientos confirmados de la Formación Huayacocotla, además de ellos, no menos de otros 40 con la litología Temascalapa. Dado que en paleontología son irrelevantes las fechas y temporadas de recolecta, se ha utilizado a conveniencia la combinación con el trabajo docente de tal manera que se han conducido un total de 40 grupos de 25 estudiantes en sendas excursiones de un día de duración. A los estudiantes se les instruyó sobre el material que se busca y se les asignó un par de estratos lutita/arenisca del flysch durante 30 minutos para desmenuzarlo en busca del material ya que los fósiles suelen estar entre los contactos de los cambios de litología; cada estudiante tiene instrucciones de no interrumpir durante ese lapso el martilleo y de requerirse descanso se detiene el conteo con reloj en mano para hacer uniforme el esfuerzo de búsqueda. Cada estudiante utiliza una pica de geólogo estándar de media libra, lo cual es suficiente pues la roca es muy quebradiza. De esa manera se revisan 25 pares de estratos por afloramiento/excursión considerando solo la facies Temascalapa, pues se dedica tiempo a otras litologías y formaciones, donde –por comparación ilustrativa de la importancia del hallazgo- se requieren pocos minutos para localizar varios fósiles-. De tal manera han sido revisados 40 afloramientos con litología Temascalapa y si se considera el promedio de 25 estudiantes por campaña durante media hora por 40 ocasiones, el esfuerzo mínimo aplicado equivale a 12.5 horas/ hombre por afloramiento y de 500 horas/hombre en 20 años. Adicionalmente se han conducido 20 excursiones más, con 2 profesores /investigadores efectuando el mismo trabajo con el mismo criterio de esfuerzo, lo que suma 20 horas y significa el total de 520 solo de trabajo neto en la facies Temascalapa. Hay que aclarar que en todas esas excursiones y trabajos se dedican tiempos a otras formaciones y facies que han producido mucho material fósil procesado ya para otras investigaciones; Vale la pena mencionar que esta estimación de horas es un cálculo conservador, pues en ocasiones se han llevado al trabajo a investigadores de diferente procedencia (España, Alemania, Suiza y Argentina), lo que supone esfuerzos adicionales de búsqueda que no se están cuantificando aquí. El hallazgo que se reporta corresponde a una de estas visitas académicas; por lo tanto un cálculo elemental tipo “captura por unidad de esfuerzo” (CPUE) [16] como se utiliza en las ciencias marinas y biológicas de acuerdo con la teoría del muestreo (*op.cit*) deja un dato conservador de 500 horas/1 fósil y deja ver porque amerita mencionarse el hallazgo.

Después de la recolecta el ejemplar se midió con criterios estándar (Figura 5) y se levanta el perfil del afloramiento. En este caso el material fósil carece de suturas y de las medidas completas que usualmente brindan detalles de tasa de

enrollamiento; sin embargo, hay datos suficientes para afirmar la familia y el género (Figura 2; Figura 6).

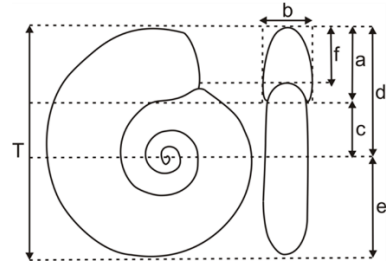


Figura 5. Las medidas estándar para la clasificación de los amonites son auxiliares para la identificación de los ejemplares: T= Diámetro total; a = altura máxima de la sección de vuelta; b = ancho máximo de sección de vuelta; c = altura del ombligo a la base de la última vuelta; d = radio mayor; e = radio menor; f = altura de la apertura de la concha. Modificado de Nikolaeva [17.]

4. Resultados

Taxonomía sistemática

Clase: CEPHALOPODA Cuvier, 1797 [18]

Orden: AMMONOIDEA Zittel, 1884 [19]

Suborden: AMMONITINA Hyatt, 1889 [20]

Familia Oxynoticeratidae Hyatt, 1875 [21]

Diagnósis

Por supuesto presentan conchas con tasa de enrollamiento tipo oxycono, lo que implica una alta tasa de enrollamiento que colocó a todos sus miembros dentro de las conchas involutas de tasa variable. Su involución nunca es tan grande que cubra el ombligo, por lo que siempre se puede apreciar un abrupto desnivel (escalón) entre la primer o segunda vuelta y el fragmocono que ya no muestra más vueltas. Las especies son de diámetro variable, desde muy pequeños hasta el orden de 50 centímetros con suturas de complejidad media.

Gleviceras Buckman, 1918 [22]

Sinonimias

[*G. glevense* (*Oxynoticerus subguibalianum* Pia, 1913) [23] nombre nuevo para *Amaltheus guibalianus* Wrigh, 1881 [24]; *Guibaliceras* Buckman, 1918; *Victoriceras* Buckman 1918. *Tutchericeras* Buckman 1919; *Glevumites* Buckman, 1924 [25]

Diagnosis

El género tiene sección de vuelta comprimida y esbelta casi lanceolada, pero la diferencia con *Oxynoticerus* es que posee una quilla que francamente lo califica como lanceolado,

mientras que la sección transversal en si es más robusta que la de *Oxynoticeras* y la quilla ausente en este último hace la diferencia. También, a diferencia de *Gleviceras*, con el cual suele confundirse *Oxynoticeras*, muestra costillaje recto delgado con espacios intercalados menores al ancho de la costilla: estas últimas se inclinan hacia el frente (prosirradiadas) hasta tocar la quilla (Figura 2b), siempre se mantienen paralelas [26].

Descripción

El ejemplar, aunque roto a menos de la mitad muestra las características diagnosticas de la familia, dado el oxycono, pero este es liso con costillas poco visibles, dado el desgaste por diversos procesos tafonómicos, y se observa el marcado escalón entre el fragmocono y el ombligo de 1.78 mm de profundidad. En sección transversal se aprecia la forma lanceolada con quilla que diferencia a *Gleviceras* de *Oxynoticeras* y la parte terminal de las costillas en posición prosirradiada (Fig 2b). La concha está colapsada; explicable por la posible caída a profundidades mayores que las de habitación, o bien por el sepultamiento rápido en el flysh, lo que se nota en fracturas del fragmocono; no obstante, no se altera la forma básica y proporción de la concha para decidir sobre el género de pertenencia ya que la proporción a/d es de 1.2 (altura máxima de la vuelta / radio mayor) idéntica a la proporción en un ejemplar descrito por Arkell [7] y también a la de un ejemplar presentado por Erben [26] que se discute como Oxynoticerato; la proporción a / c (alto máximo de la vuelta / altura a la base de la última) de 3.4, 4.5 y 4.9 respectivamente en los mismos ejemplares no es tan informativa, aunque es muy similar entre los ejemplares de Arkell [7] y Erben [26] pero no tanto con el presente ejemplar, por la deformación ya explicada. Como se ve la deformación por colapso no altera las medidas básicas, pero no permite reportar la tasa de enrollamiento por ausencia de algunas. La deformación mencionada evidencia que permaneció poco tiempo en el sustrato después de muerto, sin tiempo para acumular epibiontes o perforaciones, ni rellenar el fragmocono y probablemente se diluyo la concha dejando un molde (autigénesis) por efecto de redepósito (retrabajo *sensu* Salvador, 1994) al pie de talud ya que no hay evidencia de material carbonatado de la concha original.

Material

Un ejemplar roto por debajo del ombligo, que carece de la mitad inferior permitiendo cinco de las siete medidas estándar, las otras dos son estimativas por extrapolación del contorno de la vuelta (Figura 6). Depositado en la colección de mineralogía, rocas y fósiles del área académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Figura 2).

Datos (mm)	T	A	B	c	d	e	F
Ejemplar único, roto en la mitad inferior	Estimado 40.00	18.42	7.80	5.94	23.84	Estimado 16.16	18.06

Figura 6. Datos merísticos del ejemplar de *Gleviceras* sp., los significados de las siglas están en el esquema en la Figura 5.

Intervalo estratigráfico

Este taxón se reporta en la literatura desde Sinemuriano Superior hasta el Pliensbaquiano inferior [26]; razón por la que no abarca a la facies Las Juntas, portadora de fauna asignada a Sinemuriano Inferior [6] de acuerdo con la zonación estándar europea [27], por ello no se espera encontrarlo ahí (Figura 7). No obstante queda clara la pertenencia de *Gleviceras* al rango bioestratigráfico de las zonas *Oxynotum* y *Raricostatum* completas en la Formación Huayacocotla incluyendo todos las subzonas que van desde *simpsoni* a *aplanatum* para la mayoría de los afloramientos de la Formación Huayacocotla, lo que equivale a la mayor parte del Sinemuriano superior y es consistente con todas las determinaciones bioestratigráficas de las litologías Despi y Potrero equivalentes (*partim*) a las litologías de la localidad tipo de Erben (1956).

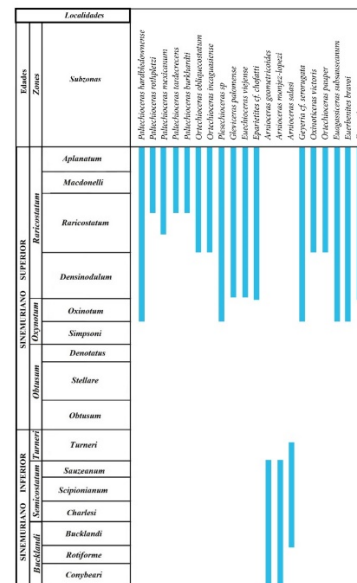


Figura 7. Biozonación de la Formación Huayacocotla. Se observa que *Gleviceras* se reporta en el intervalo completo de la zona *Raricostatum*; sub zonas *raricostatum*, *mcdonelli* y *aplanatum*, que comprenden la parte más alta del Sinemuriano superior –rango de las facies Despi, Potrero y ahora Temascalapa-. Se aprecia el intervalo de una serie de especies reportadas por Erben [7] con los que habitualmente se determina la edad de la Formación Huayacocotla y que

coinciden con *Gleviceras*. Las tres especies que indican el Sinemuriano inferior diagnostican a la unidad “Las Juntas” y dan pie a discutir el provincialismo de los amonitas de la Formación Huayacocotla en otras investigaciones[6].

5. Discusión y conclusiones

Bioestratigrafía

Dadas las apariencias litológicas de los cuerpos de roca que componen la Formación Huayacocotla (Figura 1) se comprende que hayan sido asignadas como formaciones independientes antes de ser definidas con toda corrección bioestratigráfica y geoquímica, en particular la Formación Temascalapa luce distinta a primera vista por su facies de Flysh (Figura 1).

Se asigna el fósil a la familia Oxynoticeratidae mencionada por Erben [7] para la localidad tipo de la Formación Huayacocotla y por Blau *et al.* [28] en la región Tenango/San Bartolo, y también se determina al género *Gleviceras* (Figura 2); sin embargo, ningún fósil -incluido *Gleviceras*-había sido reportado en la unidad Temascalapa. Aun cuando la presencia de *Gleviceras* es aclarada en la descripción taxonómica líneas arriba por ser muy similar a *Oxynoticeras* según [29], en un reporte del afloramiento Zongozotla, Puebla. No obstante, no queda duda ahora que se trata de *Gleviceras* porque la parte final de las costillas cuando se inclinan al frente cerca de la quilla se observan sutilmente en el borde de la concha por el lado más deteriorado del fósil (Figura 2b) por lo que se determinó el género *Gleviceras*, no así la especie por falta de elementos morfológicos determinantes como podrían ser las suturas.

Conviene mencionar que Erben [7] no reporta *Gleviceras*, pero en su lámina 37 figuras 1 a 7 da indicios de que podrían serlo; sin embargo, los interpreta como género *Oxynoticeras* Hyatt, 1875; pero, aun cuando los hubiese determinado como *Gleviceras*, no es relevante porque estos ejemplares provienen de una facies distinta a la Temascalapa en la localidad tipo de la Formación Huayacocotla donde esa facies no fue descrita. El afloramiento de la localidad tipo, muestra facies más bien correlacionables con la Facies Despi de la Formación Huayacocotla (*sensu*; Schmidt-Effing [1]), en la región Otomí-Tepehua, similar a lo que Erben [7] denominó Formación Divisadero en Huayacocotla, Veracruz. En dicha localidad esta última aflora con abundante fauna acompañante de Sinemuriano Superior (Figura 7).

Hay dos especies de *Gleviceras*: *G. choffati* y *G. aztecorum*, que se reportan en la Formación Huayacocotla para las subzonas *densinodulum*, *raricostatium*, *macdonelli* y *aplanatum* (parte superior de las zonas *Oxynotum* y la *Raricostatium* completas) [27], lamentablemente el presente

ejemplar no muestra los rasgos necesarios para asignar su especie; aunque, *Gleviceras* sí es un género claramente perteneciente al conjunto faunístico del Sinemuriano de la Formación Huayacocotla y basta por sí solo para la asignación bioestratigráfica de la unidad Temascalapa. Más allá de esta discusión dicho reporte se da para una facies correlacionable con el miembro/facies Despi, lo que excluye por supuesto al miembro/facies Temascalapa. Así que la afirmación de ausencia total de fósiles hasta ahora en la unidad Temascalapa es vigente y el presente es el primer reporte de fósil que la unifica plenamente con biozonas tardías de la Formación Huayacocotla.

Aunque el taxón se reporta mundialmente desde la edad Pliensbaquiana hasta Sinemuriano superior, queda la posibilidad de que solo se extiende desde entonces en la localidad tipo de Somerset en Inglaterra porque en la Formación Huayacocotla aún no se reporta en estratos de Sinemuriano Inferior o medio (Figura 7) y en consecuencia este taxón representaría un evento de dispersión diferencial desde su origen (homotaxial), habiendo llegado a la paleocuenca Huayacocotla hasta el Sinemuriano superior. Las especies que se indican para el Sinemuriano inferior en la Figura 7 diagnostican a la unidad “Las Juntas” y ya han dado pie a una disertación sobre el provincialismo de los amonitas de la Formación Huayacocotla [6] que implicó a esta como el origen de varias de tales especies y no todas desde Europa como históricamente se había postulado; lo que cambiaría algunas apreciaciones sobre la zonación estándar de los taxa del supuesto Sinemuriano inferior, pero no afecta a *Gleviceras*, porque ahí no se ha localizado.

Morfología funcional y paleoambiente

Esta fuente de información es determinante para sugerir el paleoambiente, en particular rasgos oceanográficos de la masa de agua que el fósil representa [30]. En primer lugar su naturaleza de oxycono es indicativa de cuencas epicontinentales en fondos neríticos medios a marginalmente proximales [30], a diferencia de los equiocerátidos que dominan la fauna de la Formación Huayacocotla que son fuertemente proximales y pocas veces se encuentran juntos. Eso explica en parte su hallazgo aislado; si se acepta que los oxyconos se asocian ambientalmente en hábitos neotónicos [30] y probablemente depredador de otros amonitas pequeños ya que esta morfología de concha esta descrita con esos hábitos de vida en [30]. Por otra parte su desgaste tafonómico, en particular su compresión y trituración implica hundimiento [4] y sepultamiento bruscos, posiblemente a varios cientos de metros por el deslizamiento de sedimentos de plataforma nerítica a pie de talud moderado, fenómeno cíclico del que es indicativa la Facies Temascalapa.

En este contexto es un fósil *proxy* que sugiere el paleoambiente y es consistente con la naturaleza del protolito de composición ígnea intermedia en cuenca intraarco [3], en cuanto a que es el mismo que el resto de las facies de la Formación Huayacocotla en un ambiente de plataforma nerítica epicontinental con profundidad moderada y fondos disóxicos [31]. La petrología de las muestras en dichos trabajos indica transporte horizontal de areniscas hasta plataforma nerítica media, redepositadas en pie de talud [4]. Su descalcificación y autigénesis sugieren bajos valores pH y condiciones disóxicas [2-3].

No obstante la unificación petrológica y geoquímica para las cuatro unidades sedimentarias con base en análisis de roca total con elementos traza y mayoritarios [2] de la unidad Temascalapa estaba pendiente de asignación cronoestratigráfica certera ya que no había fósiles y por lo tanto su bioestratigrafía era especulativa. Solo habían sido respaldadas así Las Juntas, Despí y Potrero, lo que significa que las últimas tres pertenecen formalmente al Sinemuriano junto a la unidad Temascalapa [27].

Esfuerzo de búsqueda

En cuanto a la “casualidad de un hallazgo paleontológico”, como suelen decir detractores de nuestra ciencia, queda claro que depende en mucho del esfuerzo de búsqueda. La viabilidad de una búsqueda paleontológica, desde un punto de vista de “costo/beneficio”, depende de los objetivos y plazos de una investigación en particular. En los tiempos actuales ningún trabajo prospectivo se emprende más allá de uno o dos años, dados los criterios de financiamiento y productividad académica que rigen; para ilustrar el punto de acuerdo con la teoría del muestreo [16, 32], el valor de Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (*sensu* [33]) que obtiene un 1 producto por cada 500 horas de trabajo no es viable de acuerdo a un criterio utilitario (v.gr, ninguna pesquería se llevaría a cabo si el valor de la CPUE indicara 1 producto / 500 unidades de esfuerzo), en el caso que nos ocupa el resultado es rentable como producto colateral de una investigación más amplia. En este trabajo se recoge algo del fruto de 20 años de búsqueda de fósiles en el Estado de Hidalgo; que -vistos en retrospectiva-, cuando se conduce a un grupo de paleontólogos o estratígrafos por el campo no quita demasiado tiempo ni obstaculiza cumplir otros objetivos más inmediatos en cada una de aquellas excursiones. Cabe insistir en que, con mucho menos esfuerzo de CPUE se abandonan con frecuencia búsquedas de campo y prospecciones geológicas y se concluye la ausencia de material fósil, renunciando con ello a la posibilidad de asignar edad cronoestratigráfica precisa a los cuerpos de roca. La ventaja de combinar trabajo de investigación con trabajo docente bien programado a lo largo de los años es evidente y

va más allá del fósil presentado en esta ocasión, lo cual -dicho de paso-, es una poderosa razón para que los planes educativos de nivel superior inviertan en apoyo a las prácticas de campo docentes dirigidas por profesores/investigadores.

Agradecimientos

Se agradece especialmente al jefe del Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (UAEH) Dr. Márius Ramírez Cardona por la confianza irrestricta y apoyo brindados al primer autor durante su gestión. A la Doctora Susana Damborenea del Museo Nacional de la Plata (Argentina) cuyo apoyo en el afloramiento fue determinante. A los jóvenes Pedro Alejandro y Santiago Alfonso, quienes han acompañado numerosos trabajos de campo con entusiasmo desinteresado a la Formación Huayacocotla, a cambio se les desea que esta línea de investigación les proporcione un ejemplo vocacional. A tres revisores anónimos, quien al inquirir sobre los métodos del trabajo, nos impulsó a explicitar el valor de la prospección paleontológica a largo plazo y a valorar mejor el esfuerzo que hubo detrás del presente hallazgo. A todos aquellos estudiantes de la UAEH, que a lo largo de 20 años han acudido a las prácticas de campo dirigidas por uno de nosotros.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- [1] Schmidt-Effing R. The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic), and the origin of the Gulf of México. En: Pilger, R H Jr, editor. Symposium on The Origin of the Gulf of Mexico and the early opening of the central North Atlantic, Proceedings: Baton Rouge, Louisiana State University, 1980; 79-86.
- [2] Flores K, Armstrong-Altrin JS, Esquivel-Macías C, Ángeles-Cruz CA, Ortiz LE, Selvaraj K. Geoquímica inorgánica de rocas sedimentarias liásicas de una porción de la sierra madre oriental, estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz (México). Determinación de procedencia, contexto tectónico dominante y grado de intemperismo. Memoria del XII Congreso Latinoamericano de geología, ministerio de minas de Quito. Ecuador. 2005, 5 pp
- [3] Flores-Castro K, Ángeles-Cruz CA, Hernández-Hernández A, Gibson R, Ramírez-Cardona M, Armstrong-Altrin JS, Esquivel-Macías C. Condiciones de Hipersalinidad, Anoxia y Naturaleza del Protolito en Rocas Jurásicas de la Región de Molango, Hidalgo (México): Interpretación con Biomarcadores. Latin American Association of Organic Geochemistry. 2008 5 pp.
- [4] Esquivel-Macías C, Flores-Castro K, León-Olvera RG, Bravo-Cuevas V. Paleoambiente de un afloramiento del Sinemuriano Superior en la Formación Huayacocotla con base en atributos Tafonómicos. Paleontología Mexicana, Nueva Época 2012; 1(1), 73-91.
- [5] Salvador, A. 1994. Guía Estratigráfica Internacional. Geological Society of America, Second Edition. 1994: 214.
- [6] Esquivel-Macías C, León-Olvera RG, Flores-Castro K. Paleoenvironment and biostratigraphy of the Upper Sinemurian (Lower Jurassic) of the Huayacocotla Formation in East-Central Mexico. 2017. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana; 69(3):739 – 770

- [7] Erben HK. El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas. En: XX Congreso Geológico Internacional: México, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 1956; 393.
- [8] Imlay RW, Cepeda E, Álvarez M, Díaz-González T. Stratigraphic relations of certain Jurassic formations in eastern Mexico: American Association of Petroleum Geologist Bulletin. 1948; 32(9), 1750-1761.
- [9] Esquivel-Macías C, Arenas-Islas D, Flores-Castro K, Pérez-Mendoza G. Caracterización de tafofacies en la Formación Huayacocotla, Jurásico Inferior (Sinemuriano Superior), Centro Oriente de México. *Revista Brasileira de Paleontologia* 2014; 17(2):249-272
- [10] Heim A. The front ranges of the Sierra Madre Oriental, México From Ciudad Victoria to Tamanzunchale. *Eclogae Geologicae Helveticae*. 1940; 33: 3131-352.
- [11] Ferrusquía-VillaFranca I. Geología de México: Una sinopsis. En: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot-Helguera A. (editores), *Diversidad Biológica de México Orígenes y Distribución: México*, Instituto de Biología, UNAM. 1998: 3-107.
- [12] Suter M, Contreras-Pérez J, Ochoa-Camarillo H. Structure of the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt in east-central Mexico, En: Gómez Caballero, A., Alcayde Orraca, M. (editores), II Convención sobre la Evolución Geológica de México, Pachuca, Hidalgo, Libro-guía de las excursiones geológicas, Excursión 2: Pachuca, Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo and Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. 1997; 45-63.
- [13] Ortega-Gutiérrez F, Mitre-Salazar ML, Roldan-Quintana J. *et al. Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1: 2 000 000*. Instituto de Geología-UNAM/Secretaría de Minas e Industria Paraestatal México. 1992.
- [14] Segerström K. Geology of South-central Hidalgo and Northeastern Mexico, geologic investigations in México geological survey bulletin 1962; 1104-C.
- [15] López-Ramos E. Geología de México. México. 1979; III: 446.
- [16] FAO www.fao.org/3/x5685s/x568504.htm.
- [17] Nikolaeva S. V. 1999. Morphological diversity of ammonoids from the lower Namurian of Central Asia. Cap. 22 pp. 295-313 in Olóriz F. and Rodríguez-Tovar F. J. (edits) 1999. *Advancing research on living and fossil cephalopods*. Kluwer academic/Plenum publishers. New York.
- [18] Cuvier G. *Tableau elementaire de l'histoire naturelle des animaux*. Professeur del institute national de france. Badouin impremeur du corps legislatibet de institute national, place du carrousell. 1797; No. 622 an.6
- [19] Zittel. *Andbuch der Palaeontologie*. 1884: Abt.1 Band 2 p., 1109 fig. (Cephalopods, p. 329-522).
- [20] Hyatt A. *Genesis of the Arietitidae*. Smithsonian Contribution. Knowledge (Washington). 1889; 673, xi plus 228 p., 14.
- [21] Hyatt A. The Jurassic and cretaceous ammonites, collected in South America by Prof. James Orton. With and appendix upon the cretaceous Ammonites of Prof. Harth's collection; Boston Society Natural History Proceedings, 1875; 17: 365-372.
- [22] Buckman SS. Yorkshire Type ammonites. Weldon and Wesley, London 1918 (1913-1919); 2, lám.68-130 C.
- [23] Pia JV. Über eine mittelliasische Cephalopodensfauna aus dem nordöstlichen Kleinasien; Ann. k. k. Naturh. Hofmus. Wien. 1914; Band 27, p335-388, pl.13-15, fig.1-7.
- [24] Wright T. Monograph on the lias ammonites. Paleontography Society of London. 1878-1886: 503 pags. 202 figs. 88 láms., atlas).
- [25] Buckman SS. 190-30 Type ammonites London. 1924: v. 1-7.
- [26] Arkell WF, Furnish WM, Bernhard K, Miller AK, Moore RC, Schindewolf OH, Sylvester-Bradley PC, Wrigth CW. Cephalopoda Ammonoidea. En: Moore, R.C. (Editor), *Treatise on invertebrate paleontology Part L, Mollusca 4: Kansas, U.S.A.*, Geological Society of America and University of Kansas Press. 1956: 490 p.
- [27] Blau J, Meister C. Upper Sinemurian Ammonite Successions Based on 41 Faunal Horizons: an attempt at worldwide correlation: *Geo-Research Forum*, 2000; 6, 3-12.
- [28] Meister C, Blau J, Schlatter R, Schmidt-Effing E. 2002. Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian), of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part II: Phylloceratoidea, Lytoceratoidea, Schloteimiidae, Arietitinae, Oxinoticeratidae, and Eoderoceratidae: *Revue Paleobiologie*. 2002; 21(1), 391-409.
- [29] Blau J, Meister C, Schmidt-Effing R, Villaseñor A B. A new fossiliferous site of Lower Liassic (Upper Sinemurian), marine sediments from the Southern Sierra Madre Oriental (Puebla, México), ammonite fauna, biostratigraphy, and description of *Ectocentrites hillebrandti* new species: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 2008; 25 (3):402-407.
- [30] Westermann: En: Landman N H, Tanabe K, Davis R A. (Editores). *Ammonoid Paleobiology*, Plenum Press, New York. 1996: 857 pp.
- [31] Ángeles-Cruz CA, Flores-Castro K, Esquivel-Macías C, Armstrong-Altrin JS, Torres-Valencia JM. Presencia de Carotenoides aromáticos en rocas silicilclásticas de la Formación Huayacocotla (Jurásico Inferior), estados de Hidalgo y Puebla (México): Implicaciones paleoambientales utilizando biomarcadores. En: Armstrong Altrim, K. Flores-Castro y N. Liliana Cruz Ortiz (Eds). 2007. XVII Congreso Nacional de Geoquímica, 1-6 Oct. ACTAS INAGEQ. 2007; 13(1):164. ISBN: 970-769-116-6.
- [32] Montgomery, D.C., 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo editorial Iberoamericano: México. 589 pp.
- [33] DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN DOF, 2015. Plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Golfo de México. 11 de mayo de 2015. Segunda sección. Poder Ejecutivo, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.