

## Reporte de *Crioceratites* (Gerth, 1925) con la descripción de *C. tepehuaensis* n. sp. en el centro oriente de México y algunas consideraciones bioestratigráficas y paleobiogeográficas

### *Crioceratites* (Gerth, 1925) report with a description of *C. tepehuaensis* n. sp. from East-Central México and some biostratigraphic appoints

Carlos Esquivel-Macías <sup>a,\*</sup>, Rita Gabriela León-Olvera <sup>b</sup>, Màrius Ramírez-Cardona <sup>a</sup>, Kinardo Flores-Castro <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

<sup>b</sup>Posgrado del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Coyoacán, CDMX, México.

#### Resumen

Se documenta un afloramiento en el centro-oriente de México con un ejemplar de amonite cuyos rasgos morfológicos indican una nueva especie del Género *Crioceratites* denominada *C. tepehuaensis*. Aunque la morfología de *C. andinus* Gerth, 1925, es la que mejor coincide con los rasgos del presente ejemplar de entre todos los crioceratítidos conocidos, también presenta suficiente diferencia específica en las costillas y espinas para apoyar la nueva especie. El fósil se asigna al intervalo Berriasiano/Valanginiano con apoyo cronoestratigráfico de reportes previos de los calpionélidos: *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *Calpionellites darderi* y *Calpionellopsis oblonga*; contrastando con reportes de nivel subfamilia que lo limitan desde el Hauteriviano inferior al Aptiano superior. El intervalo Berriasiano/Valanginiano es correlacionable con la Formación Taraises en Zacatecas, México y se discute contra el informe de pozos de exploración de la empresa Petróleos Mexicanos / Instituto Mexicano del Petróleo (Pemex/IMP) en la planicie costera del Golfo de México con base en el género *Crioceratites*, asignados a la Fm. Tamaulipas inferior. No obstante, la cercanía taxonómica con *C. andinus*, el hallazgo de *C. tepehuaensis* discrepa en la correlación frente al Hauteriviano temprano de la costa cretácea pacífica sudamericana por la asignación Valanginiana inferior de los estratos mexicanos, lo que da lugar a sugerir la dispersión diferencial de la Familia y el Género. Ya que los estratos de la Fm. Taraises transitan cronoestratigráficamente desde el Jurásico (Titoniano) y por tanto aún aguardan delimitación precisa, este hallazgo aporta en la búsqueda de dicho límite en la Sierra Madre Oriental. Más importante aún es que la riqueza de nuevos géneros y especies del intervalo Berriasiano y Valanginiano reportado por Cantú-Chapa (2009), a la que evidentemente se suma el presente taxón, sugiere un alto endemismo con una entera fauna nueva para este intervalo y por lo tanto suscita posibilidades sobre el provincialismo de la Paleoprovincia Caribeña.

#### Palabras Clave:

México, Valanginiano, Ammonoidea, *Crioceratites*, Calpionélidos.

#### Abstract

This manuscript reflects some efforts on the Otomí-Tepehua range, by reporting an outcrop in the east-central of Mexico with a new *Crioceratites* named *C. tepehuaensis*. Although *C. andinus* Gerth, 1925, is similar to this new species among all of the known *Crioceratites*, it also presents enough specific differences in the ribs and spines to support *C. tepehuaensis*. The fossil is assigned to the Berriasian/Valanginian with support of chronostratigraphic calpionellids previously reported: *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *Calpionellites darderi* and *Calpionellopsis oblonga*, in contrast with reports of subfamily level that limit it from Lower Hauteriviano to Upper Aptian. The Berriasian/Valanginian lapse can be correlated with the Taraises Formation in Zacatecas, Mexico and it is discussed in the report of oil exploration wells of Pemex/IMP from the coastal planes of the Gulf of Mexico with regard to the *Crioceratites*, assigned to the Lower Tamaulipas Fm. Nevertheless, the taxonomic proximity with *C. andinus*, the finding of *C. tepehuaensis* assigned to Lower Valanginian of the Mexican strata, opposes to the correlation with the Early Hauterivian of the cretaceous pacific South American coast. This suggests a differential dispersion of the Family and Genus. The chronostratigraphy boundary of Taraises Formation's strata transit from the Jurassic (Tithonian) and therefore still need precise delimitation; this finding contributes to the afore mentioned limit. Even more important, the richness of new genus and species of the interval Berriasian/Valanginian, presented before by Cantú-Chapa (2009), and now this new taxa, suggest high endemism with an entire new fauna for this interval and therefore open possibilities for the provincialism on the Caribbean Paleoprovince.

**Keywords:** México, Lower Cretaceous, Ammonoidea, *Crioceratites*.

\*Autor para la correspondencia: [esquivel@uaeh.edu.mx](mailto:esquivel@uaeh.edu.mx)

Correo electrónico: [esquivel@uaeh.edu.mx](mailto:esquivel@uaeh.edu.mx) (Carlos Esquivel Macías), [galeon10@hotmail.com](mailto:galeon10@hotmail.com) (Rita Gabriela León Olvera), [mariusr@uaeh.edu.mx](mailto:mariusr@uaeh.edu.mx) (Màrius Ramírez Cardona), [kinardo\\_flores@hotmail.com](mailto:kinardo_flores@hotmail.com) (Kinardo Flores Castro)

## 1. Introducción

Este trabajo resulta de un proyecto sobre paleontología de invertebrados del centro-oriente de México en el estado de Hidalgo, región Otomí-Tephua, con base en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). En él se pretende ampliar el conocimiento de las paleofaunas asociadas a los diferentes períodos y formaciones litológicas de la región en apoyo a la paleoecología, y bioestratigrafía de las paleocuevas representadas en el cinturón plegado SMO.

Entre las muchas secuencias cretáceas con micro y microfósiles en la Sierra Madre Oriental (SMO), particularmente en los estados mexicanos de Hidalgo, Puebla y Veracruz (Ferrusquia-VillaFranca, 1998), abundan carbonatitas tanto del Albiano-Cenomaniano de las formaciones El Abra-El Doctor y Tamaulipas del Cretácico inferior como del Jurásico superior asignadas a la Fm. Pimienta (López-Ramos, 1979; Segeström, 1961a; Carrillo Bravo, 1965). Sin embargo, las edades neocomianas permanecen poco estudiadas o bien sin reportar, por lo que es relevante que en este trabajo se utilizan cuatro afloramientos de tales características, aún no reportados, de los cuales “Dos Capillas” (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6) produjo la presente nueva especie y que en conjunto con los otros tres demuestra la existencia clara de cuerpos de roca neocomianos claramente diferenciados de la Fm. Tamaulipas en la zona.

Las calizas del afloramiento descrito se manifiestan y asignan también como en la región, con alternancia de Calcilitas/Calcarenitas (Figura 1), que ya se han cartografiado (SGM, 2004; INEGI, 1983; Carrillo-Bravo, 1965; Segeström, 1961a). Ya que se trata de secuencias altamente condensadas sin límites litológicos evidentes entre edades y períodos, la bioestratigrafía con base en microfósiles es lo indicado para precisar cronozonas; en particular son útiles para este fin los calpionélidos (Remane, 1989; Canudo, 2002) y los amonites.



**Figura 1:** Afloramiento de estudio consistente en calcarenitas bioclásticas decimétricas en alternancia con margas centimétricas. Se puede ver el espesor y la inclinación comparativos de la parte alta de la sección (ver también Figura 6), a la derecha de la fotografía se puede ver una flecha indicando el sitio de donde se extrajo el ejemplar.

Por ello la presente contribución recupera las determinaciones de calpionélidos hechas por Santiago-Bautista (2010) y Pérez-Iturbide (2013) (Figuras 6 y 2), en apoyo a la determinación

cronoestratigráfica en el afloramiento denominado “Dos capillas”, con el objetivo de dar a conocer una nueva especie de amonite encontrada ahí, a la cual se propone denominar *Crioceratites tepehuensis* para su aplicación como índice estratigráfico en los sucesivos trabajos de la región.

### 1.1. Antecedentes

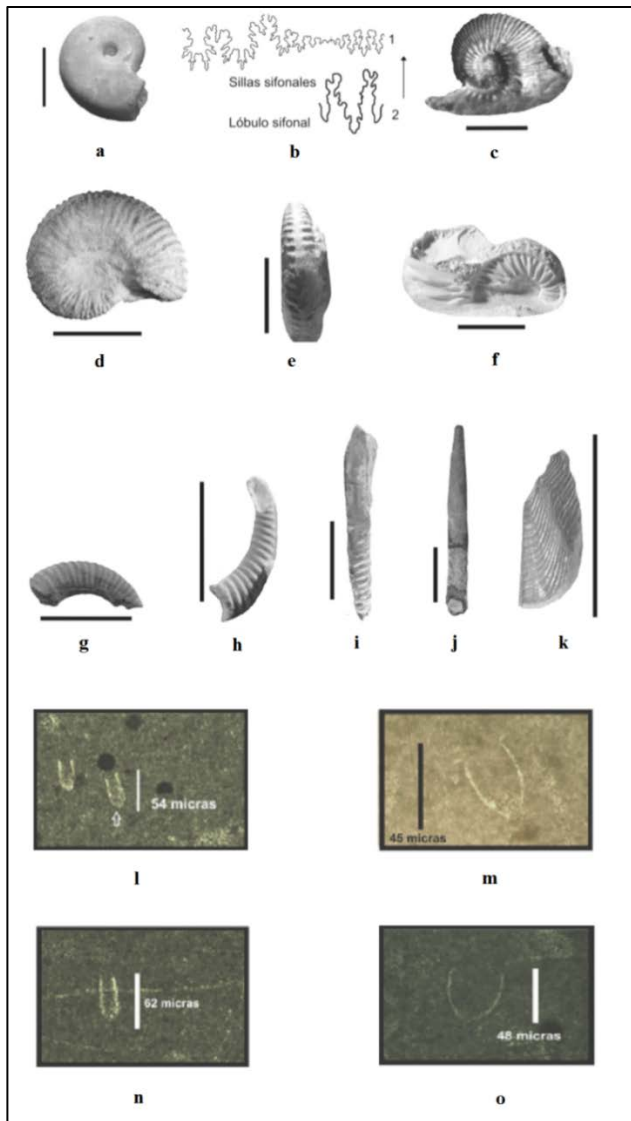
Reportar *Crioceratites* para centro Oriente de México es de interés entre todos los trabajos sobre el Neocomiano, ya que después de Imlay (1936) en la Formación Tamaulipas sólo Cantú-Chapa (2009), en un pozo de exploración petrolera profunda del estado de Veracruz, había mencionado al género e indicado una nueva especie innominada de éste; no obstante el mismo trabajo reporta varios nuevos géneros y especies que llaman la atención en el presente contexto de formaciones del Cretácico inferior.

La primera mención sobre Neocomiano en México fue hecha por Burkhardt (1906, 1910) y dio el primer reporte para los estados de Zacatecas y Durango con los amonites *Kilianella*, *Neocomites* y *Olcostephanus* entre otro, mientras Böse (1923) hizo el primer trabajo detallado sobre amonites del K<sub>i</sub> en México. En cuanto al Valanginiano mexicano el primer trabajo también es de Imlay (1937) en Miquihuana, Tamaulipas. Otro notable estudio en Cuencamé, Durango (González-Arreola y Barragán 2006), reporta *Oosterella* entre otros amonites.

El Valanginiano superior fue reportado por Cantú-Chapa (1976) para un pozo de exploración petrolera, donde delimitó Jurásico de Cretácico haciendo separación del Valanginiano en el intervalo de 1919-1928 metros de profundidad; aunque lo asignó a Fm. Tamaulipas de donde, probablemente, se generalizó la asignación de Fm. Tamaulipas para los estratos del K<sub>i</sub> de la SMO en la cartografía vigente.

En el sur de México sólo existen los trabajos de González-Arreola y Comas-Rodríguez (1981) con amonites del Valanginiano y el de Oviedo-García et al. (2008) mencionando *Distoloceras*, *Kilianella* y *Bochianites* entre otros. En cuanto al estado de Hidalgo la presencia de amonites valanginienses constaban en la mención de la Fm. Santuario con el reporte no publicado de *Olcostephanus* sp. por Segeström (1961). También para Hidalgo existe la mención para el Valanginiano-Barremiano de Carrillo-Bravo (1965) para la SMO sin precisión sobre los taxa empleados. Y más recientemente se incluyen la presencia de *Neolissoceras* aff. *grasianum*; *Olcostephanus* cf. *drumensis*; *Thurmanniceras* cf. *thurmanni*; *Kilianella* sp.; *Protancyloceras* sp.; *Bochianites neocomiensis*; y de ápticos de *Mortilletilamellaptychus* cf. *mortilleti* (todos asociados con el Valanginiano), a partir de dos informes de tesis profesional no publicados (Santiago-Bautista, 2010 y Pérez-Iturbide, 2013) (Figuras 6 y 2), dirigidos por uno de nosotros.

Respecto a los calpionélidos, son una herramienta estratigráfica ampliamente utilizada en México con resultados sólidos; por ejemplo, Bodenlos (1956) caracterizó la formación Chapulhuacán en los límites de Hidalgo con el estado de San Luis Potosí utilizando *Colomiella* para demostrar el intervalo de Valanginiano-Aptiano; o Gamper (1977) en el anticlinorio Huizachal-Peregrina, quien identificó la Fm. Taraises con los calpionélidos *Tintinopsella oblonga* y *T. carpathica*; además estudió la Fm. Tamaulipas inferior con *Tintinopsella longa* y *Calpionellites darderi* (Figura 2). Un último caso, se ejemplifica en Minas Viejas, Nuevo León (Ángeles-Villeda, 2004) donde se identificó junto al amonite *Olcostephanus* a los calpionélidos *Tintinopsella longa* y *Calpionellopsis oblonga* del Valanginiano.



**Figura 2:** Fotografías con ejemplos de los taxones índice utilizados de apoyo cronoestratigráfico: a) *Neolissoceras aff. grasianum*; b) detalle de las líneas de sutura de *N. grasianum*, 1) *N. grasianum* del Valanginiano de Francia, 2) líneas de sutura del ejemplar UAHMP-3418 (residente en el museo de paleontología de la UAEH); c) *Olcostephanus cf. drumensis*; d y e) *Thurmannericeras cf. thurmanni*;

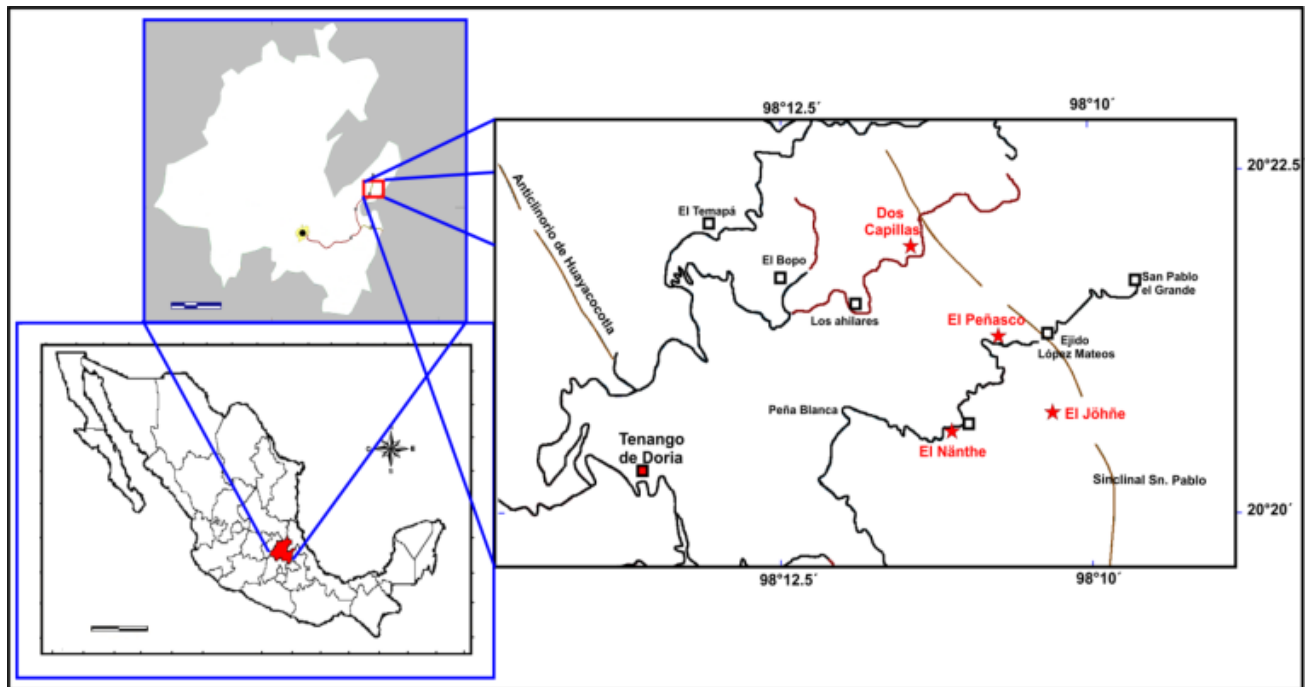
f) *Kilianella sp.*; g y h) *Protancyloceras sp.*; i y j) *Bochianites neocomiensis*; k) *Mortilletilamellaptychus cf. mortilleti*; l) *Tintinnopsella longa*; m) *T. carpathica*; n) *Calpionellopsis oblonga*; o) *Calpionellites darderi*. La barra en todas las figuras equivale a 1cm, excepto en d y e donde equivale a 3cm., mientras que para los calpionélidos la escala se indica en micras dentro de cada fotografía.

Otros ejemplos son López-Doncel *et al.* (2005) identificando a *Calpionellites darderi* y *C. oblonga* del Berriasiano superior y Valanginiano inferior en la Sierra del Cartucho Chihuahua y Addatte *et al.* (1994) quienes estudiando el límite Jurásico/Cretácico dieron con *Crasicollaria intremedia*, *Calpionella alpina* y *C. elliptica* entre otras especies. A su vez Longoria (1977) en Molango (Hidalgo), Sierra Norte (Puebla) y Tamanzunchale (San Luís Potosí) utilizó calpionélidos y el mismo autor en 1978 utilizó el pozo de exploración “Bejuco 6” en el intervalo Berriasiano-Hauteriviano.

## 2. Área de estudio

### 2.1 Localización y acceso

En la Figura 3 se aprecia el acceso desde la carretera Tulancingo-Tuxpan donde entronca la carretera No. 53 hacia Huehuetla. Pasando por la cabecera municipal de Tenango de Doria, hacia el municipio de San Bartolo Tutotepec donde se halla una desviación hacia la comunidad “El Bopo”, tras el cual hay una ruta de terracería que conduce al caserío “El Aguacate”, el afloramiento se revela al encumbrar una serie de curvas ascendentes, donde dos pequeñas capillas de culto religioso están erigidas sobre una calcarenita masiva fosilífera estilo wackestone arrecifal. Tras las capillas inicia una rampa descendente del camino con un contacto de falla inversa y la secuencia de interés al costado derecho evidente como calizas rítmicas decimétricas inclinadas 27 grados, con abundante cobertura de vegetación (Figura 1).



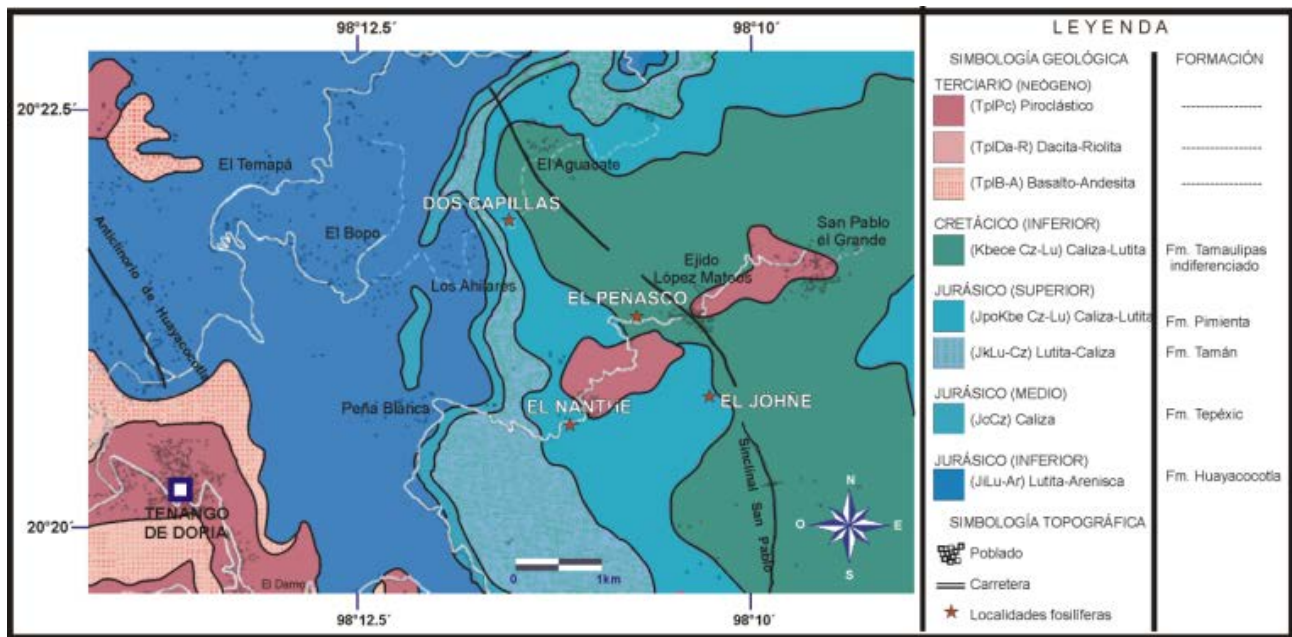
**Figura 3:** Acceso y localización de los afloramientos. Ubicada en la parte oriental del estado de Hidalgo (México), arriba a la derecha, la sierra Otomí-Tepehua tiene acceso por la carretera No. 53 partiendo de la desviación a San Alejo desde la carretera Pachuca- Tuxpan. Con rumbo al municipio de Tenango de Doria y previo a su entrada se encuentra la desviación al caserío de San Pablo en cuya periferia inmediata están: El Nãnthé, El Peñasco y El Jóhñe, afloramientos de apoyo bioestratigráfico. Mientras que circulando por la carretera desde Tenango de Doria hacia Temapá, se toma la desviación a “El Bopo,” después del cual se localiza el afloramiento “Dos Capillas”, donde se extrajo el ejemplar de estudio. Mas detalles de la llegada a este último sitio se pueden ver en el texto.

## 2.2 Geología regional

La Sierra Madre Oriental (SMO) es un cinturón plegado con rumbo general NO-SE a lo largo de los estados de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz. En el primer estado cambia de rumbo en sentido E-O. En México centro oriental, incluido Puebla, Veracruz e Hidalgo se manifiesta como valles y cordones estrechamente espaciados que obligan a aflorar a rocas de diversas edades mediante fallamientos normales e inversos (Ferrusquía-Villafranca, 1998). Su origen se asocia con la subducción de las placas Pacífica, Cocos y Caribeña contra la Placa Norteamericana, yuxtapuesta al basamento Neo-proterozoico que colisionó con Norteamérica hace unos 1,200 millones de años durante la orogenia Grenville (Ortega-Gutiérrez et al., 1992).

En el área de estudio (Figura 4) la Fm. Taraises (Tamaulipas *partim*) hace contacto con tan diversas formaciones del Jurásico

como son la Pimienta, Tepexic y Huayacocotla (Figura 5) por lo que se evidencia que la orogenia Laramide plegó estos cuerpos de roca hasta ponerlos en contacto y posteriormente, durante el Paleógeno-Cuaternario la intensa erosión las expuso por medio valles y barrancas en sentido NE-SO (Esquivel et al., 2017). Así es como también esta Fm. Taraises de edad valanginiana se visualiza en contacto transicional con rocas del Jurásico superior de la Fm. Pimienta por lo que muy probablemente se encuentran ahí estratos berriasianos. La presencia verificada de Valanginiano hace en consecuencia, que las rocas de este segmento sean correlacionables con la Fm. Taraises (*partim*) de Zacatecas (Santuario: *sensu* Segeström, *op.cit.*). En la figura 4 también destacan los contactos con el Cretácico inferior de la Formación Tamaulipas inferior porque en realidad la Formación Taraises ocupa parcialmente su espesor (significado de *partim*).



**Figura 4:** Se muestran las relaciones de contacto entre el Cretácico inferior (Formación Tarieses/Fm Tamaulipas *partim*) y otras formaciones Jurásicas Cretácicas y Paleógenas como el Jurásico superior (Titoniano de la Formación Pimienta) y el Paleógeno del grupo ígneo Tlanchinol. Se muestra la ruta de acceso y la ubicación del afloramiento “Dos Capillas”; así como la localización de otros tres sitios litológica y cronoestratigráficamente equivalentes (El Johné, El peñasco y El Nanthé) estudiados por Santiago-Bautista (2010) y por Pérez-Irtubide (2013).- El mapa es tomado y modificado de SGM (2004).

En el área de estudio (Figura 4) la Fm. Tarieses Tamaulipas *partim* hace contacto con la formación Pimienta, Tepexic y Huayacocotla de Jurásico (figura 5), evidenciando que después de la orogenia Laramide hubo intensa erosión que se manifiesta como valles y barrancas en sentido NE-SW (Esquivel *et al.*, 2017). También en rocas del Jurásico superior de la Fm., Pimienta que transitan gradualmente hacia el Berriasiano y Valanginiano y son correlacionables con la Fm. Tarieses (*partim*) de Zacatecas (Santuario: *sensu* Segeström, *op.cit.*) También destacan los contactos con el Cretácico inferior de la Formación Caliza Tamaulipas inferior.

### 3. Desarrollo

#### 3.1 Trabajo de campo

Recorriendo la zona con apoyo equino buscando afloramientos naturales (Figura 5), se georreferenciaron los sitios con probabilidad fosilífera y se procedió a explorarlos selectivamente, en función de la facilidad de acceso; una vez en el sitio se numeraron los estratos en orden de antigüedad y se aplicó un esfuerzo uniforme de búsqueda martillo y cincel sobre aquellos accesibles. El material extraído se empacó como muestra con el número del estrato para trabajarse en laboratorio. La taxonomía de los amonites y los calpionélidos se realizó conforme a los procedimientos morfométricos ortodoxos.

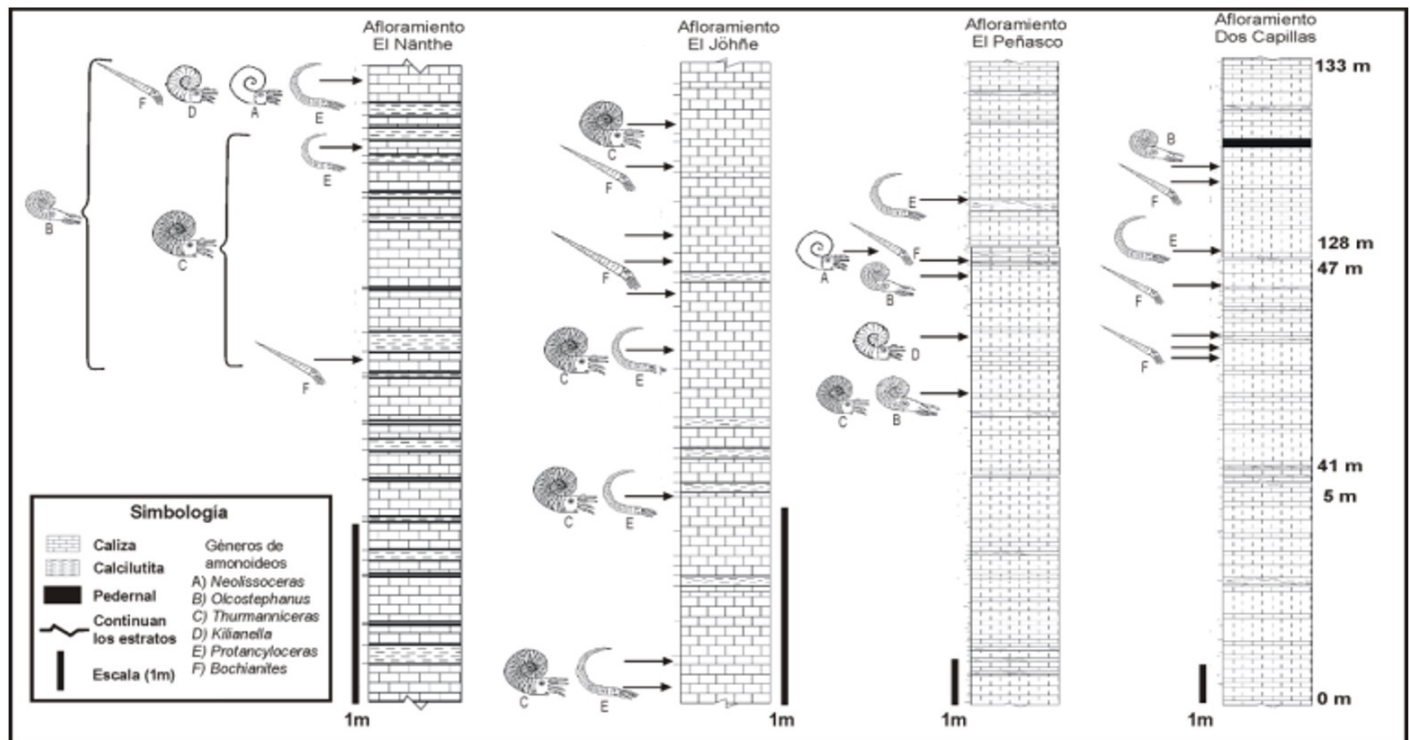


**Figura 5:** Método de búsqueda incluye cabalgatas y demolición sistemática de estratos. Fotografías Carlos Esquivel-Macías.

#### 4. Resultados

El ejemplar fósil presentado es producto del levantamiento del perfil “Dos Capillas”, elaborado con base en los principios estándar (Tucker, 2003), no obstante se levantaron otros tres perfiles en la zona cuya ubicación se muestra en la Figura 3, y se describen en detalle en la Figura 6 con fines de correlación local con base en la litología y fauna de amonites y merecerán un reporte detallado posterior.

De particular interés es que este ejemplar es de un amonite heteromorfo que revela rasgos nuevos dentro del género *Crioceratites*; además, éste sugiere el intervalo Berriasiano/Valanginiano, ya que se asocia los calpionélidos *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *Calpionellites darderi* y *Calpionellopsis oblonga*, de acuerdo con los reportes preliminares no publicados de Santiago-Bautista, 2010 y Pérez-Iturbide, 2013.



**Figura 6:** Columna bioestratigráfica “Dos Capillas” comparada con los afloramientos “El Nánthe” de Santiago-Bautista (2010), El Peñasco” y “El Jhõne de Pérez-Iturbide (2013), donde se aprecia una secuencia de calcarenitas estratificadas de nivel decimétrico con alternancia de margas centimétricas y ocasional intercalación de nódulos de pedernal bandeado. La secuencia evidencia una plataforma nerítica con clastos mal seleccionados de grueso a muy finos y bioclastos concordantes con el plano de estratificación. Los calpionélidos hallados y las bandas de pedernal denotan la incursión y fuerte influencia de aguas pelágicas. La secuencia es tan larga que se segmentó en: baja, media y alta para abreviar su representación. En el segmento alto entre 128 y 133 metros se localizó al amonite que se reporta (ver también Figura 1).

##### 4.1 Paleontología sistemática

**Clase Cephalopoda**  
**Subclase Ammonoidea Zittel, 1884**  
**Orden Lytoceratida**  
**Suborden Lytoceratinae Hyatt, 1889**  
**Superfamilia Ancyloceratacea Meek, 1876**

##### **Subfamilia Crioceratitinae Wrigth, 1952 [Gill (1871)]**

Concha normalmente enrollada tipo planispiral abierta, sin secciones rectas. Tasa de enrollamiento según Cantú-Chapa, (2009), la Concha es “simple, radial, con costillas no tuberculadas que normalmente cruzan perpendicularmente el vientre, algunos ejemplos de esas condición son *Aegocrioceras* y *Parancyloceras* Spath (1924), *Simancyloceras* Kemper (1973), y *Bejucoceras* de

acuerdo con Cantú-Chapa (1976). Las costillas pueden ser simples radiales y trituberculadas como en el caso de *Spinocrioceras* Kemper (1973) citado por Cantú-Chapa (2009); o suavemente flexuosas; hay costillas primarias que están separadas por series de costillas menores más finas; como en *Menuthiocrioceras* Collignon (1949), *Eocrioceratites*, Wiedemann (1973), *Crioceratites* Le Veille’ (1837), y *Acantholytoceras* Spath (1923)”; todos los ejemplos citados por Cantú-Chapa (2009).

##### ***Crioceratites* Leveille, 1837**

##### **Sinonimias:**

Especie tipo *Crioceratites* Leveille, 1837 [*C. duvalli*] especie tipo Por designación subsecuente de Diener (1925). [*Crioceras*, *Toxoceras* D’Orbigny, 1842] ?*Emericiceras* Sarkar, 1955].

##### **Diagnosis:**

De acuerdo con Arkell (1957) y Wrigth *et al.* (1996) la concha del género es típicamente enrollada en una espiral abierta. La sección de la vuelta va de oval a subcuadrada. Las costillas suelen ser densas, redondeadas, rectas o ligeramente curvadas y sin tubérculos, con ciclos de costillas más gruesas acarreado espinas umbilicales, laterales o ventrolaterales (Medidas en Tabla 1 y 2).

De acuerdo con Cantú-Chapa (2009) la clasificación sistemática de *Crioceratites* se estableció con base en vueltas cerradas o no, su ornamentación y suturas (Sarkar, 1955; Thomel, 1964; Wiedmann, 1973; Immel, 1978). El género se divide en subgéneros por Wright *et al.* (1996) “pero es a partir de las vueltas desenrolladas con costillas principales trituberculadas alternando con costillas menores”. Cantú-Chapa (2009) considera que su ejemplar es el subgénero *Crioceratites* con base en Reboulet (1996) y Ettachfini (2004), lo cual coincide con el presente ejemplar y refuerza la presencia en México del género, caracterizado para Hauteriviano en California entre otras localidades.

### *Crioceratites tepehuaensis* n. sp.

#### Descripción

Las costillas anchas primarias en el costado derecho (Fig. 7 a; Tabla 2)) parecen ser producto de bifurcación dando la impresión de que la base de la espina se origina en el punto de apertura de la bifurcación; en algunas de esas costillas parece que el espacio intercostal de las bifurcadas se llena como una meseta que da el aspecto de una sola costilla ancha y plana que origina los mencionados ciclos. La concha es comprimida lateralmente generando una sección de vuelta oval, con borde ventral y dorsal ligeramente afilado, típico de *Crioceratites*.

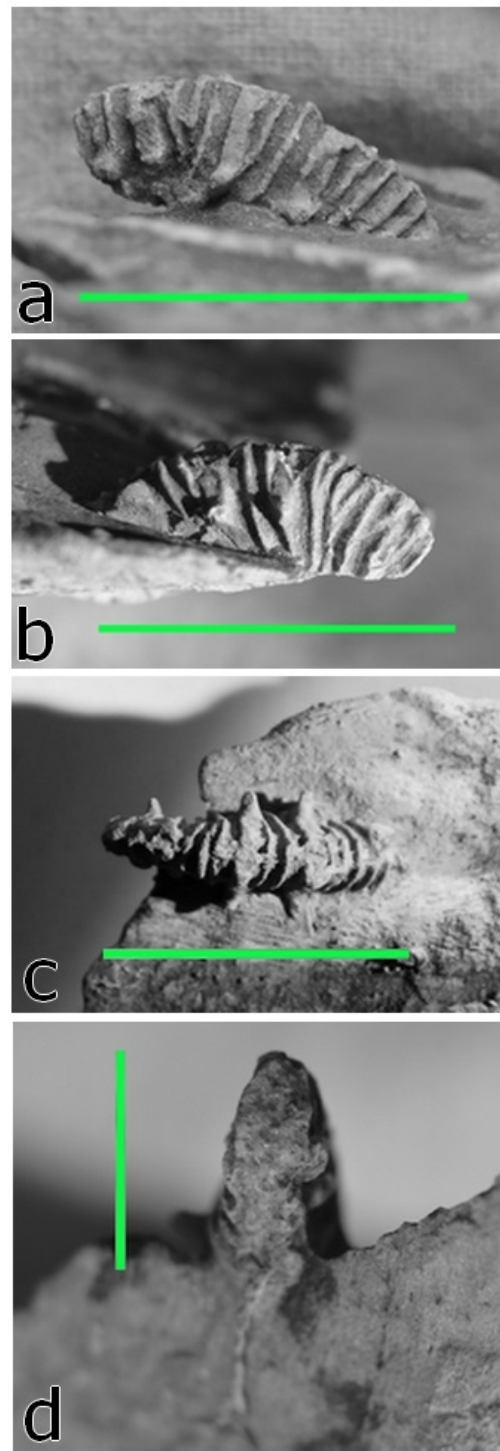
Sección de la vuelta oval, es como en la diagnosis en el rango genérico. Hay indicios de que la concha es una espiral abierta típica del género, ya que se ve en la Figura 7 c en la quilla dorsal liberada de contacto con vueltas subsiguientes. Hay costillas primarias densas, redondeadas casi planas, rectas, con tubérculos costales y espinas en el hombro generando ciclos de costillas más finas, algunas bifurcadas, que van en número de tres o cuatro y prosirradiadas. En ambos costados se aprecian costillas antes y después de las primarias densas, pero estas no son bifurcadas, si son rectas y finas atravesando sin interrupción por el vientre las cuales marcan el inicio entre dos ciclos de costillas. Los bordes de todas las costillas incluidas las secundarias y las bifurcadas son finos y uniformes así como el espacio intercostal constante. Todas las costillas atraviesan el vientre sin interrupción ni variación en grosor. Sus medidas precisas se ven en Tabla 2.

#### Etimología

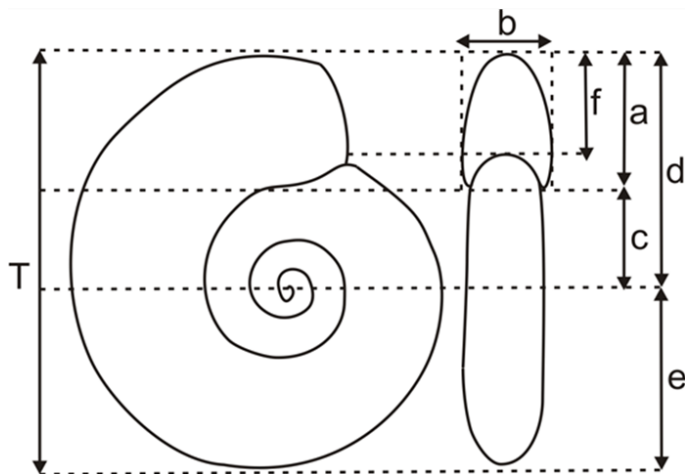
El gentilicio aplicado a la especie es *tepehuaensis*, que implica que es oriundo de las comunidades de la sierra Otomí/Tepehua de la Huasteca Hidalguense, en los municipios de Tenango de Doria y San Bartolo Tutotepec.

#### Material

Un ejemplar parcial, depositado en la colección del Museo de Mineralogía de la UAEH proveniente del perfil “Dos Capillas” parte alta (Figura 1; Figura 6). Medidas estándar del ejemplar en Tabla 1.



**Figura 7:** Figura. 7 a) Perfil izquierdo b) derecho, c) ventral, d) sección de vuelta. Ejemplar de estudio de *Crioceratites tepehuaensis* n. sp., se observan los rasgos descritos en la paleontología sistemática, destacando el rasgo más peculiar que es la disposición de costillas primarias densas, redondeadas, casi planas, rectas, con tubérculos costales y espinas en el hombro que generan ciclos de costillas más finas, algunas bifurcadas, que van en número de tres o cuatro. La escala mide 3 cm (a-c) y 1cm (d).



**Figura 8:** 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. Modificada de Nikolaeva (1999). En el presente caso sólo se tiene las medidas a y b, de ello se descarta establecimiento de los parámetros WDS, recomendados por Raup (1967) para describir la taza de enrollamiento.

**Tabla 1:** Cuadro de medidas estándar aplicadas al ejemplar

T	a	b	c	d	e	f
-	8.16 mm	5.11 mm	-	-	-	-

**Tabla 2:** Medidas complementarias del ejemplar, con énfasis en las costillas.

Largo máximo total del ejemplar	Ancho máximo del ejemplar	Ancho mínimo del ejemplar	Ancho de la costilla primaria	Ancho de las espinas en la base	Espacio intercostal medio
<b>35.38</b>	<b>8.42</b>	<b>4.36</b>	<b>2.01</b>	<b>2.01</b>	<b>1.6</b>

## 5. Discusión y conclusiones

### 5.1 Taxonomía

Cantú-Chapa (2009) menciona que su ejemplar es fragmentario con las características distintivas de un amonite heteromorfo con la concha desenrollada por mostrar su región dorsal; que la sección de vuelta es comprimida con borde umbilical subredondeado y vientre estrecho con región dorsal gradualmente deprimida y costillas principales prosirradiadas y trituberculadas.

Con ello lo asigna a *Crioceratites* sp. como primer reporte documentado para México. No obstante, representantes del género fueron sólo mencionados por Burckhardt (1930) para el Hauteriviano inferior de México centro norte; y su presencia en México fue mencionada posteriormente por Imlay (1944), Arkell et al. (1957), Wright et al. (1996) y Ettachfini (2004).

También ejemplares de *Crioceratites* sp. indet. fueron mencionados para el oeste de los EE.UU. por Imlay, (1960, p. 196, pl. 26, figuras 1, 5) asemejándose al espécimen de Cantú-Chapa (2009) en la condición trituberculada y con costillas primarias

alternantes con 8 o 9 costillas simples y flexuosas, pero algunas bifurcadas en la parte externa del flanco.

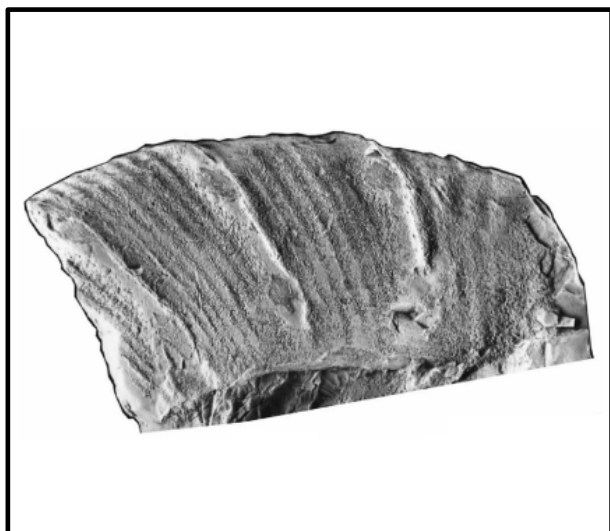
Recapitulando reportes para el continente de acuerdo con el mismo Cantú-Chapa (2009) hay especímenes asignados en Cuba al género *Crioceratites* en el Cretácico inferior por Myczynski (1977), p. 158, pl. 5, figuras 7, 8), con costillas constantes densas y finas alternas que difieren de los ejemplares mexicanos. Este autor dice que los especímenes cubanos se asemejan a los del Hauteriviano superior descritos por *C. duvalii* Leveillé de Alemania (Kemper, 1992, pl. 57, figuras 1, 7), dadas las costillas flexuosas. Mientras que los especímenes mexicanos de Cantú-Chapa (2009) se asemejan a *C. andinus* (Gerth, 1925) del Hauteriviano superior de Argentina y Chile por sus costillas primarias.

Cantú-Chapa (2009) discute que los especímenes sudamericanos tienen menos costillas y son más chicas y alternantes entre pares de costillas mayores que los ejemplares mexicanos de Imlay (1944) y de él mismo. Los tubérculos laterales externos de *C. andinus* no se aprecian bien, así que no se pueden comparar completamente. No obstante, todo lo que se puede apreciar es diferente en el ejemplar *C. tepehuaensis*. Por lo tanto es oportuno mencionar que el presente ejemplar tiene semejanzas a nivel de género respecto de estas descripciones, pero el patrón del costillaje también es suficiente para considerarse distinto en nivel de especie bajo el género *Crioceratites*, esta afirmación con base en la diagnosis del género y de la nueva especie que presenta Cantú-Chapa (2009) que queda indicada como n. sp. sin proponerse nombre formal. Tanto es así que el ejemplar aquí presente como el de Cantú-Chapa (2009) tienen las costillas principales menos densas que *C. andinus* de Gerth (1925). Así que el de Cantú-Chapa (2009) podría ser una nueva especie innominada como postula, pero no se trata de la especie aquí presentada como *C. tepehuaensis* y por lo tanto es descrita por primera vez en México. Se espera que este argumento y las figuras 7, 9 y 10 eliminen la posibilidad de confusión con la especie de Cantú-Chapa. Hay diferencias claras de nivel específico con el ejemplar aquí presentado tanto en la densidad como en la bifurcación de costillas como se aprecia si se compara la figura 7 con la figura 9 lo cual es suficiente para denominar aquí, al ejemplar tepehua como una especie aún no descrita.

Toda esta condición descriptiva del presente ejemplar (Figura 7) lo vuelve inusual porque no es como los reportados para Cuba, ni los de Norteamérica o de Sudamérica (Figura 10), tampoco los que hay hasta el momento en México (Figura 9). Por ello es lo suficientemente característico para dar pie a proponer la especie *C. tepehuaensis* en la presente comunicación.

Esta, desde luego, tiene la semejanza más próxima con el ejemplar *C. andinus* de Gerth (1925; en Mourgues, 2003) en cuanto a costillas primarias planas, anchas, rectas y que recorren todo el costado originando una espina en el hombro. Después de la semejanza en ese rasgo, la mayor diferencia con *C. andinus* es el aparente origen bifurcado de las costillas primarias y las intermedias o secundarias bifurcadas prosirradiadas, a diferencia de las rectas de *C. andinus* y el resto de los *Crioceratites*.





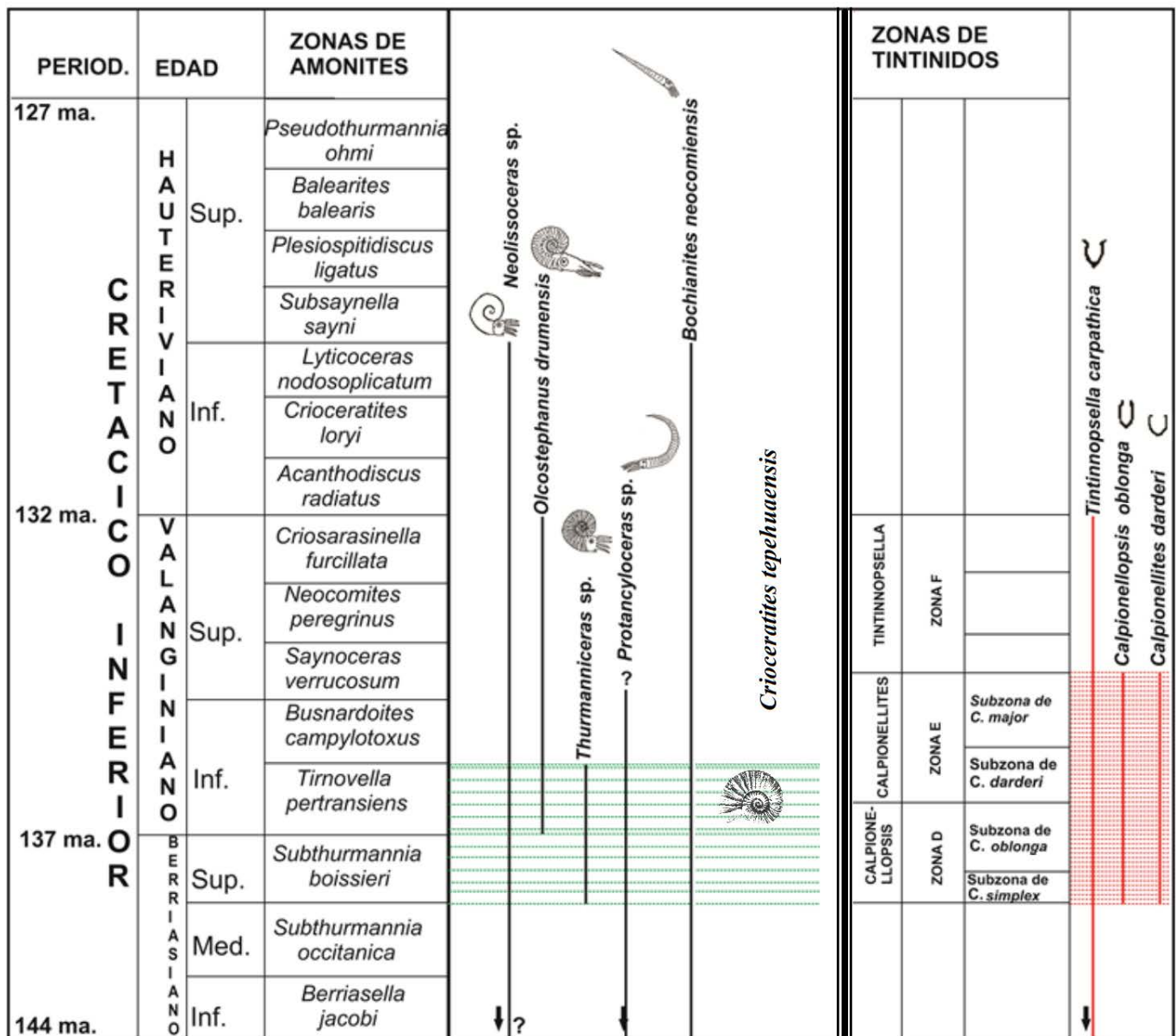
**Figura 9:** Ejemplar de *Crioceratites* n. sp Tomado y modificado de Cantú-Chapa (2009) Fig. 5 a; ejemplar IPN-1099.



**Figura 10:** Ejemplar de *C. andinus*. Tomado y modificado de Mourges, (1999) Fig. 2 b.

**Tabla 3:** Conjunto faunístico de calpionélidos recuperados del afloramiento “Dos Capillas”. Modificado de Pérez-Iturbide (2013).

TAXÓN	CARACTERIZACIÓN	ALCANCE GEOCRONOLÓGICO
<i>Tintinnopsella longa</i>	Lóriga calcárea recta, además, se extiende en la zona aboral, formando la corona, sin observar pedúnculo caudal.	Berriasiano superior - Valanginiano inferior
<i>T. carpathica</i>	Lóriga acampanada, sub-cilíndrica con extremo aboral redondeado. Espícula apical larga, tal que solo se observa en corte axial. Boca amplia, poco más estrecha que la anchura máxima del cuerpo y la parte distal de la lóriga con repentina desviación hacia fuera, formando un collar	Titoniano superior-Valanginiano inferior
<i>Calpionellopsis oblonga</i>	Lóriga cilíndrica con porción aboral redondeada, paredes ligeramente convergentes hacia la boca; está es cerrada, con diámetro menor al ancho máximo del cuerpo, carece de corona. De 45 a 70 micras de longitud.	Berriasiano superior-Valanginiano inferior
<i>Calpionellites darderi</i>	Lóriga acampanada, porción aboral puntiaguda, boca tan ancha como la máxima del cuerpo, provista de un collar dirigido hacia la apertura oral. Las dimensiones van de las 40 a 50 micras de longitud.	Valanginiano inferior



**Figura 11:** Cuadro comparativo entre los alcances estratigráficos de amonites (tomados de Santiago-Bautista, 2010) y los de calpionélidos (Remane, 1989). Cuando se comparan ambos criterios se obtiene una zona de rango concurrente (zona de Oppel), que da buena idea del intervalo representado por esta secuencia. La zona de intervalo pertransiens de amonites, centrada por los intervalos de *Olcostephanus* y *Thurmanniceras* resulta ser la de pertenencia de *Crioceratites tepehuensis*, mientras que las subzonas D y E (Calpionellites y Calpionellopsis, *partim*, de Remane (1989) son las que mejor representan el intervalo del mismo con base en calpionélidos.

### 5.2 Bioestratigrafía

El presente es el segundo hallazgo del género *Crioceratites* documentado en México y el primero en formar parte de un cuerpo de roca  $K_{ival}$  que transita gradualmente desde el Jurásico en la región Otomí/Tepehua de estudio y que aún está pendiente de delimitación litológica precisa; no obstante, de acuerdo trabajos en pozos profundos de PEMEX e Instituto Mexicano del Petróleo (Cantú-Chapa, 1976) muestra clara delimitación bioestratigráfica entre Titoniano y Berriasiano en la región, por lo que este hallazgo de

superficie tiene valor como elemento de apoyo en el estudio de dicho límite en la Sierra Madre Oriental.

Cabe señalar que Longoria en 1977 en Molango (Hidalgo), Sierra Norte (Puebla) y Tamazunchale (San Luis Potosí), y en 1978 utilizó a *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa*, *Calpionellites darderi* y *Calpionellopsis oblonga*, en el pozo de exploración “Bejuco 6” donde determinó el intervalo Berriasiano-Hauteriviano. Esta última es la misma fauna encontrada en el presente trabajo, por lo que hacer la correlación es una consecuencia inevitable de la estratigrafía de calpionélidos (Santiago-Bautista, 2010).

Con base en la determinación genérica, el hallazgo es correlacionable al Hauteriviano de Sudamérica; no obstante, la discrepancia con la asignación valanginiana de los estratos mexicanos sugiere la homotaxialidad del género entre ambas regiones, implicando presencia previa en México Central y posterior llegada durante Hauteriviano a Sudamérica (Figura 11). Las cuatro especies de calpionélidos documentan el Valanginiano inferior en zona *pertransiens* (amonites) -subzona *darderi* (calpionelidos) (Tabla 3; Figura 11), con ello es relevante que el intervalo de todos los calpionélidos hallados tiene su límite superior en Valanginiano inferior, lo que elimina la posibilidad de que se trate de Hauteriviano; dado el principio de acrozona concurrente, si se consideran tanto a los Calpionelidos como a los amonites (Figura 11).

El afloramiento “Dos Capillas” (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6) produjo la presente nueva especie y en conjunto con los otros tres perfiles (Johñé, Peñasco y Nánthé) (Figuras 2, 3 y 6) demuestran claramente la existencia de cuerpos de roca neocomianos por primera vez en la zona, probablemente valanginianos con base en la presencia de: *Neolissoceras aff. grasianum*; *Olcostephanus cf. drumensis*; *Thurmanniceras cf. thurmanni*; *Kilianella sp.*; *Protancyloceras sp.*; *Bochianites neocomiensis*, y de ápticos *Mortilletilamellaptychus cf. mortilleti* (Figura 11) de acuerdo con Santiago-Bautista (2010) y Pérez-Iturbide (2013), permitiendo deslindar estas rocas de la “genérica” Formación Tamaulipas inferior sugeridas en la cartografía del SGM (2004).

### 5.3 Biogeografía

La presencia de *Crioceratites* es reportada en el Pacífico de California y Chile para Hauteriviano, pero en México oriental (Paleoprovincia Caribeña) por Cantú-Chapa (1976) durante Valanginiano, hace pensar en una dispersión desde el proto-Atlántico hacia el Pacífico por vía del “corredor hispánico” en la sierra Otomí-Tepehua (Esquivel et al., 2017).

Por otra parte la nueva riqueza específica en el centro de México durante Valanginiano/Hauteriviano de cuatro géneros (*Misantlites*, *Wiedmannites*, *Parvaites*, y *Parrasites*) y las nuevas especies (*Misantlites reyesi*, *Aegocrioceras eguiluzi*, *Capeloites lajense*, *Capeloites peyroullesense*, *Thurmanniceras kleini*, *Neohoploceras bartolinii*, *Parvaites aguirrei*, *Parvaites leanzai*) incluidos en Ancyloceratoidea y Perisphinctoidea por Cantú-Chapa (2009), además de los reportados por Santiago-Bautista (2010) evidentemente incluyen ahora a *C. tephuanense*; si se admite que la edad unificada correlaciona los pozos “Bejuco 6” y “Laja 8”, con estos afloramientos. Esta nueva fauna, al menos por ahora sugiere endemismo en el ámbito de la Paleoprovincia tetis occidental (para algunos mejor nombrada como atlántico central) y permite sugerir condiciones de provincialismo que tienen que ver con comunicación atlántico/pacífica, la cual por interrupciones intermitentes pudo haber generado este pulso de endemismo durante el Cretácico inferior, haciendo más compleja la determinación Jurásico/Cretácico en la zona ya que se trataría de una subcuenca dentro del ámbito de la propuesta paleobiogeográfica alternativa de la provincia Atlántico Central (Buitrón-Sánchez, 1981) y el último pulso de existencia del Paleocorredor Mesozoico Hispánico que permitió intercambios faunísticos desde el Jurásico inferior.

### Agradecimientos

A las autoridades del área académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (UAEH) por el espacio de trabajo, en especial al Dr. Marius Ramírez-Cardona, jefe del área académica 2017-2021 cuando se realizaron las búsquedas y recolectas del presente material paleontológico. A los jóvenes Santiago Alfonso y Pedro Alejandro Esquivel-León, entusiastas participantes de las campañas de este proyecto. A Jorge Santiago y Albino por su diligencia, creatividad y voluntad para aprovechar la información estratigráfica que culminó en sendas tesis de licenciatura. Se agradece a dos revisores anónimos que permitieron enriquecer el documento.

### Referencias

- Adatte, T., Stinnesbeck, W., Hubberten, H., Remane, J., 1994. Correlaciones multiestratigráficas en el límite Jurásico-Cretácico en el Noreste de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LI, 1-2 (1991-1992): 2351.
- Ángeles-Villeda, M. E., 2004. Paleocología y bioestratigrafía del contacto entre las formaciones la Casita y Taraises en la Sierra de Minas Viejas, al noroeste de Nuevo León, México: Nuevo León, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, tesis de maestría, 90 pp.
- Arkell, W. J., Kummel, B., Wright, C. W., 1957. Mesozoic ammonoidea In: Moore, R. C. (eds.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4 Cephalopoda Ammonoidea, Boulder, Colorado, and Lawrence, Kansas, The Geological Society of America and The University of Kansas, L80-L219
- Bondelos, A. J., 1956. Notas sobre la geología de la Sierra Madre en la sección Zimapán- Tamanzunchale (libro guía), en XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F.: México, D.F., Excursiones A-14 y C-6, 323 pp.
- Böse, E., 1923. Vestiges of an ancient continent in northeast Mexico. American Journal Science, (5), 6:127-136, 196-214, 310-337.4 figs.
- Buitrón -Sánchez B.E., 1981 Gasterópodos del Cretácico Temprano de México Occidental y sus implicaciones paleobiogeográficas. Puerto Alegre, Brasil, Cong. Latin. Paleontología 11, Anais. p. 43-357, 1 fig., 12 tab.
- Burkhardt, C., 1906. La faune jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du crétacé inferieur: Boletín del Instituto de Geología de México, 23 p. 269, 43 lám.
- Burkhardt, C. 1910. Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico de México. Instituto de Geología de México, 3, 281-301.
- Cantú-Chapa, A., 1976. El contacto Jurásico-Cretácico, la estratigrafía del Neocomiano, el hiato Hauteriviano superior-Eoceno inferior y las amonites del Pozo “Bejuco 6” (Centro-Este de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, (37), 60-83.
- Cantú-Chapa, A., 2009, Ammonites of the Cretaceous Taraises and lower Tamaulipas formations in eastern Mexico, In: C. Bartolini y J. R. Román Ramos, eds., Petroleum systems in the southern Gulf of Mexico: AAPG Memoir 90, p. 191–216.
- Canudo, J. I., 2002. Tintínidos en Molina, E., (ed.), Micropaleontología: España, Colección Textos Docentes, 265-280.
- Carrillo-Bravo, J., 1965. Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla: Boletín de la asociación mexicana de geólogos petroleros, 17, (5-6), 23 p., 1 plano, 2 secc., 1 tabla, 5 figs.
- D’Orbigny, A., 1842, Paléontologie française: Terrains crétacés: I. Céphalopodes: Paris, Masson, 662 p.
- Diener, C., 1925. Ammonoïdes neocretacea, In: C. Diener, ed., Fossilium catalogus: I. Animalia: Berlin, W. Junk, v. 29, 244 p.
- Esquivel-Macías C., León-Olvera, R. G., Flores-Castro, K. 2017. Paleoenvironment and Biostratigraphy of the Upper Sinemurian (Lower Jurassic) of the Huayacocotla Formation in East-Central México. BOL. SOC. GEOL. MEX. 2017 VOL. 69 No. 3 P. 739 – 770.
- Ettachfini, M., 2004. Les ammonites Néocomiennes dans l’Atlas atlantique (Maroc). Biostratigraphie, Paléontologie, Paléobiogéographie et Paléocologie: Actes du Laboratoire de Géologie Sédimentaire et Paléontologie de l’Université Paul-Sabatier Toulouse, Strata, v. 43, no. 2, 225 p.
- Ferrusquía-Villafranca, I., 1998. Geología de México: Una sinopsis, en Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot., A., Fa, J. (Comps.), Diversidad Biológica

- de México: Orígenes y distribución, México, D.F., Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, 3-40.
- Camper, M. A., 1977. Estratigrafía y microfácies cretácicas del anticlinorio Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental): Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 38(2), 1-17.
- Gerth, E., 1925. La fauna neocomiana de la cordillera Argentina en la parte meridional de la Provincia de Mendoza, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Actas, Vol., 9, entrega 2, p 57-132.
- Gerth, H., 1925. La fauna neocomiana de la Cordillera Argentina en la parte meridional de la Provincia de Mendoza: Actas de la Academia Nacional de Ciencias, Argentina, v. 9, p. 57-132.
- Gill, T., 1871. Arrangement of the families of mollusks: Smithsonian Miscellaneous Collections, v. 227, 49 p.
- González-Arreola, C. y Comas-Rodríguez, O., 1981. Una nueva Localidad del Cretácico inferior (Neocomiano) en el estado de Oaxaca: Boletín de la sociedad geológica mexicana, 42 (1), 69-80.
- González-Arreola, C. y Barragán, R., 2006. Oosterella (Amonoidea) from the Taraises Formation (Upper Valanginian), Durango, Northeast México: Cretaceous Research, 28 (3) , 419-427.
- Hyatt, A., 1889. Genesis of the Arietitidae: Smithsonian contributions to knowledge: Washington, D.C., 67:XI+238 p.
- Imlay, R. W., 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part IV Geology of the Western part of the Sierra de Parras: Geological Society of America Bulletin, 47, 1091-1152.
- Imlay R.W., 1937. Lower Neocomian fossils from the Miquihuana region, México: Journal of Paleontology. 11 (7),552-574, 70-83 pls., 8 figures.
- Imlay, R. W., 1944. Cretaceous formations of central America and Mexico: AAPG Bulletin, v. 29, p. 1416- 1469.
- Imlay, R. W., 1960. Ammonites of Early Cretaceous age (Valanginian and Hauterivian) from the Pacific Coast states: U.S. Geological Survey Professional Paper 334-F, p. 167-228.
- Instituto nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1983. Carta geológica Pachuca F14-11. Escala 1:250000. México, D.F. Secretaría de programación y presupuesto. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1 mapa.
- Kemper, E., 1973. Die Unerkreide im Untergrund der Gehrdenen Berge und in der Deister-Mulde: Bericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover, v. 117, p. 29-54.
- Kemper, E., 1992. Die tiefe Unterkreide im Vechte-Dinkel-Gebiet (westliches Niedersächsisches Becken) Dobler-Druck; Alfeld: 1992.
- Le Veillé, C., 1837. Description de quelques nouvelles coquilles fossiles du département des Basses-Alpes: Mémoires de la Société Géologique de France 2, p.313-315.
- Longoria, J., 1977. Bioestratigrafía del Cretácico inferior basada en microfósiles planctónicos: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana: 38(1), 2-17.
- López Doncel, R., Labarthe-Hernández, G. y Mata-Segura, J. L., 2005. Estudio sedimentológico de la sierra Las Lilas (Paleozoico) y Sierra El Cartucho (Mesozoico) en la porción noroccidental del Estado de Chihuahua, México (Distrito minero de Bismark: Revista Mexicana de Ciencias geológicas, 22 (3), 298-314.
- López-Ramos, E., 1979. Geología de México, Tomo II, 2da. Edición, Escolar, México, D.F., 454 pp.
- Meek, F. B., 1876. A report of invertebrate cretaceous and tertiary fossil of Upper Missouri County. F.V Hayden: Report of the United States Geological and Geographical Surveys of the Territories, 9 629 p., 64 figs., 45 pls..
- Mourgues, F. A., 2003. 10<sup>o</sup> Congreso Geológico Chileno, Validez de las asignaciones a *Crioceratites andinus* en la Cuenca de Atacama, (Cretácico inferior, Norte de Chile.)
- Myczynski, R., 1977. Lower Cretaceous ammonites from Sierra del Rosario (western Cuba): Acta Palaeontologica Polonica, v. 22, no. 2, p. 139-173
- Nikolaeva, S. V., 1999. Morphological diversity of ammonoids from the Lower Namurian of Central Asia, in Oloriz, F. and Rodríguez-Tovar, F. J. (eds.), Advancing research and fossil cephalopods: New York. Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 295-314.
- Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L. M., Roldán-Quintana J., Aranda-Gómez, J. J., Morán-Zenteno, D., Alanís-Álvarez, S. A, Nieto-Samaniego, Á. F., 1992. Texto Explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la república mexicana, escala 1: 2 000 000, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Oviedo-García A. Gómez-Anguiano, M. y Ramírez-Chávez, R. J., 2008. Fauna Fósil de la Caliza Papalutla de la localidad San Miguel Papalutla, del Distrito Huajuapán. Oaxaca. Temas de Ciencia y Tecnología. Vol. 12 (36), pp. 35-40.
- Pérez-Iturbide, A., 2013. Litoestratigrafía y Bioestratigrafía del Cretácico inferior (Berriasiano superior-Valanginiano inferior) en el Municipio de Tenango de Doria, Hidalgo. 107 pp. Coiling in Ammonoids , Journal of Paleontology 41: 43-65.
- Raup, D. M., 1967. Geometric Analysis of Shell Coiling: Coiling in Ammonoids, Journal of Paleontology 41(1): 43-65
- Remane, J., 1989. Calpionellids, In: Bolli, H. M., Saunders, J. B., K. Perch-Nielsen (eds.), Plankton stratigraphy: Volumen1, Planktic foraminifera, calcareous nannofossils and calpionellids, Cambridge University Press, 555-572.
- Santiago-Bautista, J., 2010. Primera secuencia marina valanginiana inferior (Cretácico inferior) documentada al oriente del estado de Hidalgo, México, mediante su fauna fósil: Mineral de la Reforma, Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, tesis de licenciatura. 103 pp.
- Sarkar, S. S., 1955. Révision des Ammonites déroulées du Crétacé inférieur du Sud-Est de la France: Mém. Soc. Géol. France, nouv. série 5, mém. 72 no. 72, 176 p.
- Segerström, K., 1961. Geología del suroeste del estado de Hidalgo y del noroeste de estado de México. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros 13(3): 147-168.
- SGM., 2004. Carta Geológico-Minera Pahuatlán F14-D73 Hgo.-Ver.-Pue. Escala 1: 50, 000. Servicio Geológico Mexicano. México. 1 mapa con texto.
- Spath, L. F., 1924. On the ammonites of the Speeton Clay and the subdivisions of the Neocomian: Geological Magazine, v. 61, p. 73-89.
- Spath, L. F., 1923. A monograph of the Ammonoidea of the Gault: Part I: Palaeontographical Society Monographs, London, 72 p.
- Wright, C. W., 1952. A Classification of the Cretaceous ammonites: Journal of Paleontology., v.26, p. 213-222, fig 1-2.
- Wright, C. W., Calloman, J. H., Howarth, M. K., 1996. Cretaceous Ammonoidea In: Kaesler, R. L. (eds.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4 Revised, Boulder, Colorado, and Lawrence, Kansas, The Geological Society of America and The University of Kansas, 1-362.
- Zittel, K. A., von, 1884. Cephalopoda, In: K. A. von Zittel, ed., Handbuch der Palaeontologie, Oldenbourg: Munich & Leipzig, v. 1, no. 2, 3, p. 329-522