



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**Ammonoideos del Pérmico medio (Guadalupiano) de las  
localidades Las Manuelas I y Las Difuntas-18 de Coahuila,  
México. Consideraciones estratigráficas.**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS  
(Geología marina)**

**PRESENTA:  
Alberto Alanis Pavón**

**TUTOR:  
Dr. Miguel Angel Torres Martínez  
(Instituto de Geología)**

**COMITÉ TUTOR:**  
Dra. Sara Alicia Quiroz Barroso (Facultad de Ciencias)  
Dr. Josep Anton Moreno Bedmar (Instituto de Geología)  
Dra. Ma. del Pilar Navas Parejo García (ERNO, Instituto de Geología)  
Dr. Juan Francisco Sánchez Beristain (Facultad de Ciencias)

**CD. MX., noviembre, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**Ammonoideos del Pérmico medio (Guadalupiano) de las localidades Las Manuelas I y Las Difuntas-18 de Coahuila, México. Consideraciones estratigráficas.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

(Geología marina)

PRESENTA:  
**Alberto Alanis Pavón**

**TUTOR:**  
Dr. Miguel Angel Torres Martínez  
(Instituto de Geología)

**COMITÉ TUTOR:**  
Dra. Sara Alicia Quiroz Barroso (Facultad de Ciencias)  
Dr. Josep Anton Moreno Bedmar (Instituto de Geología)  
Dra. Ma. del Pilar Navas Parejo García (ERNO, Instituto de Geología)  
Dr. Juan Francisco Sánchez Beristain (Facultad de Ciencias)

**MÉXICO, CD. MX., noviembre, 2020**

## **AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS.**

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología por permitirme continuar con mis estudios, ayudar a mi crecimiento profesional y seguir fomentando mi interés por la ciencia.

De igual manera se agradece el apoyo recibido por CONACYT quien me brindo una beca nacional con CVU 931193 a lo largo de mis estudios de maestría, así como también a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM por los proyectos PAPIIT IA102618 e IA103920, los cuales otorgaron los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

Se agradece la beca otorgada Charles Schuchert and Carl O. Dunbar Grants-in-Aid Program for Invertebrate Paleontological Research para la realización de una estancia de investigación en las colecciones del Yale Peabody Museum of Natural History durante el 2019. Asi como a la Ph.D. Susan Butts por las facilidades otorgadas durante la estancia.

A mi tutor de maestría Dr. Miguel Angel Torres Martínez, gracias, por la confianza durante dos años y su dirección en este trabajo.

Le agradezco a los miembros de mi comité tutorial, Dra. Sara A. Quiroz Barroso , Dr. Josep A. Moreno Bedmar , Dra. Ma. del Pilar Navas Parejo-García , Dr. J. Francisco Sánchez Beristain por los comentarios realizados en cada evaluación, los cuales enriquecieron el trabajo.

Al Instituto de Geología, UNAM, por las facilidades para el uso de sus laboratorios durante la elaboración de este trabajo.

Al Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias, UNAM, por el préstamo de parte del material usado en este proyecto.

Y también, al Dr. Jesus Quiroz Barragán por compartirnos su valioso tiempo pero sobre todo por su gran pasión por los fósiles.



## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.2 OBJETIVOS .....	12
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	12
1.4 HIPÓTESIS .....	13
1.5 ANTECEDENTES .....	14
1.5.1. REGIÓN DE LAS DELICIAS, COAHUILA .....	14
1.5.2. PALEONTOLOGÍA DE LOS AMMONOIDEOS .....	16
1.5.2.1. GENERALIDADES DE LOS AMMONOIDEOS .....	16
1.5.2.2. EVOLUCIÓN DE LOS AMMONOIDEOS PALEOZOICOS .....	20
1.5.2.3. BIOESTRATIGRAFÍA DE AMMONOIDEOS PÉRMICOS.....	22
1.5.2.4 ZONACIÓN DE AMMONOIDEOS PÉRMICOS.....	24
1.5.3. AMMONOIDEOS PÉRMICOS DE MÉXICO .....	27
<b>CAPÍTULO 2 MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
2.1. TRABAJO DE CAMPO .....	28
2.2. TRABAJO DE LABORATORIO .....	28
2.3. TRABAJO DE GABINETE.....	29
2.3.1. ESTUDIO DE LOS AMMONOIDEOS .....	29
2.3.2. PARÁMETROS DE LA CONCHA .....	30
2.3.3. COLECCIÓN YALE PEABODY MUSEUM.....	30
<b>CAPITULO 3 ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>32</b>
3.1. FORMACIÓN LAS DELICIAS .....	32
3.1.1. FLANCO LA DIFUNTA .....	32
3.2. SUCESIONES ESTRATIGRÁFICAS ESTUDIADAS .....	33
3.2.1. LAS MANUELAS I.....	34
3.2.2. LAS DIFUNTAS-18 .....	36
<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
4.1. TAXONOMÍA.....	39
4.2. BIOESTRATIGRAFÍA .....	53
<b>CAPITULO 5 DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
5.1. CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS .....	55
5.1.1 LAS MANUELAS I.....	55
5.1.2. LAS DIFUNTAS-18.....	56
5.1.3. ZONA <i>WAAGENOCERAS</i> .....	57
5.1.4. SUBZONA <i>WAAGENOCERAS-PSEUDAGATHICERAS</i> .....	59
5.2. PALEOBIOGEOGRAFÍA.....	62
<b>CAPITULO 6 CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>67</b>
<b>LÁMINAS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>92</b>

## Lista de figuras y tablas.

### Figuras.

**Figura 1.** Morfología de la concha de un ammonoideo.

**Figura 2.** Subdivisiones de la Subclase Ammonoidea.

**Figura 3.** Vista adoral del ammonoideo en el cual es observable la estructura sifuncular.

**Figura 4.** Estructuras subsféricas interpretadas como huevos de ammonoideos. Tomado de Etches *et al.*, 2009.

**Figura 5.** Diversidad de ammonoideos durante el Paleozoico (cantidad de géneros vs edad). Gráfica generada con datos de [Paleobiology Database Navigator](#).

**Figura 6.** Términos descriptivos para la morfología de la concha de los ammonoideos del Paleozoico. (Modificado de Korn, 2010).

**Figura 7.** Ilustración que muestra la clasificación de la concha de acuerdo con los parámetros morfológicos tal como el ancho de la concha (ww/dm) en el eje x y el ancho umbilical (uw/dm) sobre el eje y (Modificado de Korn, 2010).

**Figura 8.** Mapa geológico de la Formación Las Delicias, los números se refieren a los litosomas que se muestran en la columna estratigráfica. (Modificado de Mckee *et al.*, 1999).

**Figura 9.** Vista del Cerro La Difunta y Cerro San Pedro.

**Figura 10.** Modificado de la Carta Geológica Valle el Sobaco G12B77, Coahuila, México.

**Figura 11.** Vista panorámica de la localidad Las Manueles I (A) y Sierra Los Remedios (B).

**Figura 12.** Diferentes vistas de la arenisca correspondiente al estrato LMD.

**Figura 13.** Nivel LM33, estrato de calcarenita, intercalación de calcarenita y lutita.

**Figura 14.** Nivel LMN, lente de calcarenita, concreciones de lutita con ammonoideos.

**Figura 15.** Vista del Cerro La Difunta, desde la sección Las Difuntas-18.

**Figura 16.** Nivel LDA, bloque de arenisca con laminaciones paralelas y cruzadas, bloque de calcarenita donde se encuentran ammonoideos y nautiloideos embebidos en una matriz arenosa.

**Figura 17.** Nivel LDB, valvas de los braquiópodos se observan en la calcarenita, lente de caliza compuesta por fusulínidos.

**Figura 18.** Sutura del ejemplar FC 18 (lám.1 fig. A) de *Eumedlicottia burckhardti* (Böse, 1917).

**Figura 19.** Sutura madura de *Medlicottia burckhardti* (Böse, 1917). Ejemplar YPM 16703. Modificado de Miller, 1944, p. 84, fig. 7.

**Figura 20.** Sutura madura de *Pseudogastrioceras roadense* (Böse, 1917). Ejemplar YPM 16251. Modificado de Miller, 1944, p. 90, fig. 8.

**Figura 21.** Sutura madura de *Pseudagathiceras difuntense* (Miller, 1944). Ejemplar YPM 16306. Modificado de Miller, 1944, p. 102, fig. 15.

**Figura 22.** Sutura del ejemplar DP27 (lám. 1 fig. C), *Pseudagathiceras difuntense* Miller, 1944.

**Figura 23.** Sutura madura *Stacheoceras gemmellaroi* (Miller, 1944). Posiblemente del ejemplar YPM 16654. Modificado de Miller, 1944, p. 108, fig. 18.

**Figura 24.** Sutura del ejemplar DP03 (lám. 2 fig. A1-3), *Stacheoceras gemmellaroi* (Miller, 1944).

**Figura 25.** Sutura madura de *Waagenoceras guadalupense* (Girty, 1908), ejemplar YPM 16658. Modificado de Miller, 1944, p.110, fig.19.

**Figura 26.** Sutura del ejemplar DP11 (lám. 3 fig. A), *Mexioceras guadalupense* (Girty, 1908).

**Figura 27.** Sutura de un juvenil-maduro *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940). Modificado de Miller, 1944, p. 119, fig. 21.

**Figura 28.** Sutura del ejemplar DP01 (lám. 3 fig. C1-3), *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940).

**Figura 29.** Sutura madura de *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940). Del ejemplar YPM 16673, lám. 34, figs. 1-2. Modificado de Miller, 1944, p. 113, fig. 22.

**Figura 30.** Sutura del ejemplar FC07 (lám.4 fig. F), *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940).

**Figura 31.** Columnas estratigráficas representativas para las dos localidades estudiadas, donde se muestran la distribución y zonación de los ammonioideos descritos.

**Figura 32.** Distribución de Reinos de ammonioideos durante el Wordiano, I Reino del Paleotethys, II Reino Uraliano, III Reino Americano, IV Reino Ártico y V Reino Australiano. Modificado de Leonova (2011).

**Figura 33.** Principales localidades de ammonioideos para el Wordiano. Modificado de Leonova (2011).

#### **Tablas.**

**Tabla 1.** Zonación de ammonioideos pérmicos. Modificado de Leonova, (2018a).

**Tabla 2.** Comparación de las unidades propuestas por Wardlaw *et al.*, 1979 y Mckee *et al.*, 1999 para la Fm. Las Delicias.

**Tabla 3.** Lista de ammonioideos wordianos coétaneos para Norteamérica.



## RESUMEN

En Coahuila, México, se encuentran ampliamente expuestas rocas del Pérmico que han sido de gran interés paleobiogeográfico, paleontológico y estratigráfico durante el último siglo. De la fauna fósil reportada para la Formación Las Delicias, se destacan los ammonoideos, por su gran diversidad y buena conservación.

En este trabajo se describen seis especies de ammonoideos presentes en dos localidades recientemente estudiadas: Las Manuelas I (*Waagenoceras dieneri girtyi*, *Eumedlicottia burckhardti*, *Stacheoceras gemmellaroi*, *Roadoceras roadense* y *Mexioceras guadalupense*), y Las Difuntas-18 (*Waagenoceras dieneri girtyi*, *Eumedlicottia burckhardti*, *Pseudagathiceras difuntense* y *Mexioceras guadalupense*). El análisis bioestratigráfico realizado con base en la asociación de especies de ammonoideos permitió identificar la zona *Waagenoceras*, característica de edad wordiana, para las dos localidades, sin embargo se propone una nueva subzona *Waagenoceras-Pseudagathiceras*, dada la gran abundancia del género *Waagenoceras* y la aparición del género *Pseudagathiceras* reportado para el Reino Americano y Paleotethys.

Esta asociación de ammonoideos apoya la similitud que existe entre la fauna estudiada y otras coetáneas de la región de Texas, Estados Unidos; Columbia Británica, Canadá y Guerrero México, además de que corrobora la pertenencia de la biota de ammonoideos de la Formación Las Delicias al Reino Americano. Del mismo modo las afinidades paleobiogeográficas indican que hubo una conexión marina que favorecía el intercambio faunístico entre el Reino Americano y el Reino Paleotethys durante el Pérmico medio.

## ABSTRACT

In Coahuila, Mexico, are widely exposed Permian rocks that have been of interest great paleobiogeographic, paleontological, and stratigraphic during the last century. From the fossil fauna reported for the Las Delicias Formation, the ammonoids highlight by their great diversity and good conservation.

This work includes six species of ammonoids occurred in two recently studied localities are described: Las Manuelas I (*Waagenoceras dieneri girtyi*, *Eumedlicottia burckhardti*, *Stacheoceras gemmellaroi*, *Roadoceras roadense*, and *Mexioceras guadalupense*), and Las Difuntas-18 (*Waagenoceras dieneri girtyi*, *Eumedlicottia burckhardti*, *Pseudagathiceras difuntense*, and *Mexioceras guadalupense*). The biostratigraphic analysis was based on the association of ammonoid species, allowing to identify the *Waagenoceras* zone in both localities, considered as representative of Wordian age. However, a new *Waagenoceras-Pseudagathiceras* subzone is proposed, given the great abundance of the genus *Waagenoceras* and the genus presence, *Pseudagathiceras* reported for the American and Paleotethys Realms.

This association of ammonoids supports the similarity between the fauna studied and biotas of coeval units of the region, such as from Texas (USA), British Columbia (Canada), and Guerrero (Mexico). Besides, it supports the idea that the ammonoid biota from the Las Delicias Formation belongs to the American Realm. Similarly, paleobiogeographic affinities suggest the presence of a marine connection that favored the faunal overlapped between the American and Paleotethys Realms during the Middle Permian.

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Las rocas sedimentarias marinas paleozoicas afloran en distintas regiones a lo largo del territorio mexicano, siendo las de Sonora y Coahuila de las mejor expuestas en el norte del país. En particular, en el estado de Coahuila aflora una sucesión sedimentaria terrígeno-carbonatada de edad pérmica denominada Formación Las Delicias (McKee *et al.*, 1999), la cual es de suma importancia por su registro de rocas del Paleozoico superior, con edades del Pérmico temprano (Cisuraliano) y medio (Guadalupiano). La geología de esta región se conoce por los trabajos realizados por King (1934), Wardlaw *et al.*, (1979) y McKee *et al.*, (1988, 1999), sin embargo la configuración estratigráfica es relativamente compleja, la cual aún se encuentra en discusión.

En esta sucesión se ha reportado la presencia de diversos grupos de invertebrados marinos fósiles, tales como esponjas, corales, gasterópodos, bivalvos, ammonoideos, trilobites, briozoos, braquiópodos y crinoideos; al igual que algas y fusulínidos (King *et al.*, 1944; Sour-Tovar *et al.*, 2016; Torres-Martínez *et al.*, 2019). De esta biota, los ammonoideos constituyen uno de los grupos más diversos, con representantes de distintos géneros (Miller, 1944), cuyos taxones han permitido que esta región haya sido correlacionada con afloramientos pérmicos de Texas, Nuevo México y China (Zhou, 2017). El registro de estos cefalópodos para el Pérmico en México es relativamente escaso, existiendo solo unos cuantos trabajos vinculados con el grupo. Dada la carencia de estudios relacionados con estos invertebrados marinos es que se plantea el presente trabajo, con la finalidad de contribuir al conocimiento taxonómico de las faunas de ammonoideos pérmicos (Guadalupiano) de México, ya que aún existen numerosos taxones que no han sido descritos e incluso reportados para el país. Asimismo se prevé la actualización taxonómica de las diferentes especies estudiadas.

En este contexto, el estudio de los ammonoideos pérmicos será de gran importancia para la datación relativa de los estratos portadores, que junto con la descripción de las faunas de los ammonoideos, permitirá llevar a cabo correlaciones entre diferentes regiones geográficas de edades equivalentes.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1. GENERAL

Describir taxonómicamente los ammonioideos del Pérmico medio de dos localidades pertenecientes a la región de Las Delicias, Coahuila, con lo que se afinarán las edades relativas de los estratos con fósiles.

### 1.2.2. ESPECÍFICOS

- Realizar la identificación taxonómica de los ammonioideos depositados en las rocas procedentes de las localidades Las Manuelas I y Las Difuntas-18.
- Actualizar la taxonomía de los ammonioideos descritos del área de estudio.
- Revisar la zonación de las áreas estudiadas por medio de ammonioideos.
- Realizar la correlación estratigráfica y paleobiogeográfica de los taxones descritos con los de otras regiones geográficas de edades coetáneas.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

- El estudio de las unidades litoestratigráficas paleozoicas de México es de gran importancia, debido a que ayuda a comprender parte de la historia geológica de diferentes regiones del país. Una de las herramientas clave para el entendimiento de la estratigrafía del Paleozoico ha sido el estudio de los invertebrados, en particular de los ammonioideos, los cuales han sido utilizados para la obtención de datos paleoambientales, bioestratigráficos y paleogeográficos. Sin embargo, en México existe una clara escasez de localidades donde afloran sucesiones pérmicas que contengan estos fósiles, por lo que es de suma importancia estudiar a detalle las faunas de cefalópodos que se han registrado para el país.
- Los afloramientos pérmicos que presentan ammonioideos en la región de Las Delicias, Coahuila, son de los más reconocidos a nivel mundial; no obstante, prevalece una escasez de estudios acerca de esta biota, ya que los únicos trabajos que se han realizado datan del siglo pasado. Esto ha resultado en un sesgo importante para el conocimiento de este grupo del Paleozoico superior de México.

- Por lo tanto, este trabajo plantea la descripción taxonómica de los ammonoideos presentes en dos localidades de Las Delicias, Coahuila, lo que permitirá afinar las edades de las rocas portadoras de fósiles. Esto posibilitará correlacionar las faunas de Coahuila con las de otras regiones que presenten registros sedimentarios coetáneos, generando información relevante para determinar con mayor precisión las edades de las unidades estudiadas.

#### 1.4 HIPÓTESIS

- El reconocimiento de los taxones de ammonoideos de las dos localidades a estudiar permitirá afinar las edades relativas de una parte de la región de Las Delicias, Coahuila, lo cual a su vez coadyuvará a corroborar su similitud faunística con la biota de cefalópodos pérmicos de otras regiones, no solo de México sino también a nivel mundial.

## 1.5 ANTECEDENTES

### 1.5.1. REGIÓN DE LAS DELICIAS, COAHUILA

Las rocas paleozoicas de México se caracterizan por conservar valiosa información paleontológica y sedimentológica que ha permitido dilucidar parte de la historia geológica del país. En la región de la Sierra de Las Delicias, Coahuila, se han llevado a cabo diferentes trabajos enfocados en las características, ya sea geológicas o fosilíferas de la zona. Los primeros reportes de rocas del Pérmico en esta región fueron hechos por Böse en 1921 y 1923, quien describió estratos que infrayacían discordantemente a las rocas del Cretácico Temprano de Coahuila. Después, King (1934) generó el primer mapa geológico de la región, incluyendo las rocas paleozoicas, mencionando que afloraban en una sucesión, conformada en su mayoría por rocas carbonatadas marinas fosilíferas, intercaladas con depósitos de origen ígneo. Estas descripciones le sirvieron para comparar la estratigrafía de la zona con unidades equivalentes de Texas, Nuevo México y otros depósitos pérmicos de Norteamérica. Kelly (1936), registró la estratigrafía de las zonas aledañas al Valle de Las Delicias, señalando la presencia de depósitos marinos y un posible evento glacial acaecido en la región durante el Paleozoico. Por su parte, King *et al.*, (1944) reportaron que la presencia de conglomerados se debía a procesos inusuales, basándose en la mala clasificación de los clastos. Posteriormente, Humphrey (1955) y Wanless y Cannon (1966), observaron y discutieron la presencia de estrías, tillitas, conglomerados y estructuras de deformación en las rocas, provocadas por la posible presencia de hielo, tal como fue previamente citado por Kelly (1936). Sin embargo, Newell (1957) replanteó este panorama, mencionando que lo descrito en años anteriores como tillitas, realmente se trataba de flujos submarinos provocados por deslizamientos de gravedad. Posteriormente, Wardlaw *et al.*, (1979) describieron por primera vez las unidades litológicas informales, que a la fecha, siguen siendo utilizadas por diferentes autores: Las Sardinias, El Tordillo, Palo Quemado, La Difunta y La Colorada. Tellez-Girón y Nestell, en 1983, analizaron las microfacies de una sucesión pérmica que aflora en Las Delicias, realizando una zonificación con base en los fusulínidos. Para 1988, McKee *et al.*, registró la ocurrencia de residuos de rocas ígneas extrusivas, además de sedimentos hemipelágicos que estuvieron bajo la acción de movimientos post-deposicionales y fragmentos de caliza provenientes de la cuenca, con lo que propuso que

durante el Paleozoico superior (¿Pensilvánico?-Pérmico) existió un arco volcánico activo de aguas profundas en la región, el cual indujo la deposición de flujos de gravedad. Para el siguiente año, McKee *et al.*, (1989) bautizó esta sucesión de rocas paleozoicas como la Formación Las Delicias, proponiendo una composición de 11 unidades estratigráficas informales, denominadas litosomas. En el año 2000, Wardlaw *et al.*, publicaron los primeros fechamientos con conodontos para La Formación Las Delicias, estableciendo un rango de edades del Sakmario al Dzhulfiano (Wuchiapingiano) por las siguientes especies: *Hindeodus excavatus* (zona de ammonioideos *Perrinites*: ?Sakmario y *Waagenoceras*: ?Roadiano-Wordiano), *Hindeodus wordensis* (zona de *Timorites*: ?Wordiano-Capitaniano) e *Hindeodus julfensis* (post-Guadalupiano). Aunque los conodontos han sido de gran relevancia para la datación del Pérmico en los últimos años, es evidente que las edades obtenidas con este grupo no se han logrado calibrar con las dataciones brindadas por los ammonioideos, el proxy de edad más recurrido en la región de Las Delicias.

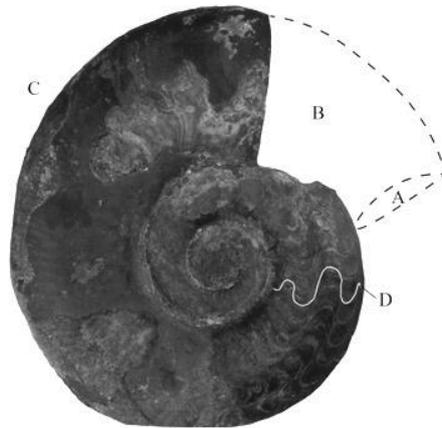
Publicaciones más recientes de la región son la de Sour-Tovar *et al.*, (2016), donde se destaca la presencia de dos especies de trilobites en la Formación Las Delicias, específicamente en la sección Las Difuntas, Galeana-Morán (2018) quién describió siete especies de braquiópodos richtofénidos para las secciones Las Difuntas y Las Manuelas I, y la de Torres-Martínez *et al.*, (2019), quienes reportaron la presencia de 30 especies pertenecientes a 25 géneros de braquiópodos de la sección Las Manuelas I, los cuales sugerían una edad capitaniana para el nivel superior de la unidad informal La Difunta. Posteriormente, Quiroz-Barroso *et al.*, (2019) reportaron el primer registro de conuláridos para esta Formación, obtenidos de diferentes localidades, con edades del Kunguriano-Roadiano y Wordiano-Capitaniano. En el mismo año, Heredia-Jiménez *et al.*, (2019) describieron cinco especies de bráquiopodos en una nueva localidad de la Sierra de Las Delicias, con una edad estimada del Wordiano, relacionada con la unidad informal La Difunta. Finalmente, Villanueva-Olea *et al.*, (2020) estudiaron algunas placas columnares de crinoideos de dos localidades de la región, asignándoles una edad del Wordiano-Capitaniano. En los últimos trabajos paleontológicos citados, los diferentes autores destacan la afinidad de la biota de Las Delicias con las reportadas para las regiones de Texas y Nuevo México en los Estados Unidos, con lo que se ha incluido a la fauna de Coahuila dentro la antigua Provincia

paleobiogeográfica Grandiana, perteneciente durante el Guadalupiano (Pérmico medio), al Reino Paleoecuatorial de aguas cálidas.

## 1.5.2. PALEONTOLOGÍA DE LOS AMMONOIDEOS

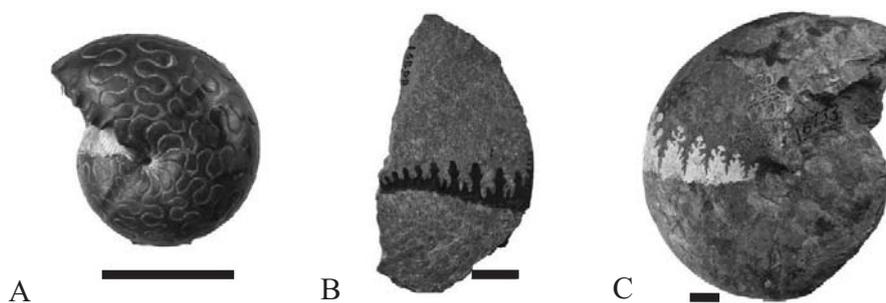
### 1.5.2.1. GENERALIDADES DE LOS AMMONOIDEOS

Los ammonoideos son un grupo de animales marinos extintos pertenecientes al Phylum Mollusca y a la Clase Cephalopoda, los cuales son reconocibles por sus características morfológicas y biológicas que no comparten con otros moluscos. Una de estas diferencias es su capacidad natatoria, llevada a cabo a través de un sistema de propulsión a chorro o por el uso de la musculatura del manto, que les permite desplazarse en toda la columna de agua. Otro rasgo importante son los tentáculos, que crecen alrededor de una cabeza con ojos desarrollados, presentando un cuerpo blando (difícil de preservar) el cual se encontraba resguardado dentro de una concha calcárea. Debido a que presentan una concha de aragonita, una de las formas cristalinas del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), el registro fósil de los ammonoideos es muy amplio, siendo de los representantes más importantes de cefalópodos del pasado junto con nautiloideos y orthocératidos. En la actualidad, solo dos géneros presentan una concha externa (*Nautilus* y *Argonauta*), reduciéndose o perdiéndose por completo en organismos como pulpos, calamares y sepias (Boyle y Rodhouse, 2005). Las conchas de los ammonoideos se pueden dividir en dos regiones anatómicas: la cámara de habitación, donde se encontraba el organismo, y el fragmocono, dividido en cámaras por la presencia de septos, las cuales tenían como principal objetivo regular su flotabilidad. Al contacto entre el septo y la pared del interior de la cámara se le denomina línea de sutura (fig. 1).



**Figura 1.** Morfología de la concha de un ammonoideo. (A) Abertura, (B) cámara de habitación, (C) fragmocono, (D) línea de sutura. (Ejemplar *Cibolites uddeni*, YPM 16294).

La estructura de la concha crece al agregar continuamente una capa de carbonato de calcio en la abertura, de modo que la historia ontogénica del organismo queda registrada, desde el estadio embrionario hasta el adulto. Estas etapas se pueden identificar por la forma de la concha, grosor y alguna ornamentación que pueda llegar a presentar. La línea de sutura es otra característica variable, ya que puede tener expresiones que van de las formas sencillas hasta las muy complejas, lo que ha permitido subdividir a los ammonoideos en tres grupos representativos a lo largo del eón Fanerozoico: Goniatítidos, que se desarrollaron en el Paleozoico, Ceratítidos, que proliferaron en el Paleozoico superior- Triásico y Ammoníticos los cuales radiaron durante el Jurásico y Cretácico (fig. 2) (Klug *et al.*, 2015)



**Figura 2.** Subdivisiones de la Subclase Ammonoidea. (A) Goniatítidos, *Agathiceras frechi* YPM 16766, (B) Ceratítidos, *Medlicottia burkhardti* YPM 16808, (C) Ammonítica, *Perrinites hilli* YPM 16733. Ejemplares del Pérmico de Texas, escala gráfica 1cm.

La configuración de la línea de sutura es muy variada y va a depender del estadio ontogénico en el que se encontraba el organismo. El arreglo de patrones de la línea depende principalmente de dos componentes: silla y lóbulo. La silla es una curvatura convexa, comúnmente bien redondeada, dirigida hacia la abertura del fósil; denominada así por su semejanza a una silla de montar. Por el contrario, los lóbulos tienen una curvatura cóncava y de formas generalmente aserradas (Klug y Hoffman, 2015). A la disposición que tienen los lóbulos a lo largo de la concha se les asigna un término para su identificación, siendo Wedekind (Arkell *et al.*, en Moore, 1957) quien propuso este sistema que es utilizado hasta la actualidad. La taxonomía de los ammonoideos del Paleozoico se hace con base en la morfología de la concha y su línea de sutura, a diferencia de ammonoideos de edades mesozoicas, donde la identificación a nivel de especie se realiza mediante el estudio de la ornamentación. La línea de sutura que presentan los ammonoideos del Paleozoico es principalmente del tipo goniático, en la cual las sillas y los lóbulos son siempre redondeados y sin subdividir, sin embargo, para el Pérmico también se pueden observar suturas del tipo cerático, en los cuales los lóbulos presentan denticulaciones, mientras que las sillas no tienen incisiones (Cantú-Chapa, 1997).

Otra característica anatómica importante en el grupo es el sifón, el cual es un órgano hidrostático que por sus características únicas es distintivo de los ammonoideos. El tubo sifuncular consiste en segmentos minerales y orgánicos denominados anillos de conexión, que van desde la protoconcha hasta la cámara habitación (fig. 3) (Lukeneder, 2001). Este aparato se ha utilizado para dividir al grupo en dos subordenes: los intrasifonados (sifúnculo dorsal) y los extrasifonados (sifúnculo ventral). El potencial de conservación de los tejidos blandos es bajo, algunos especímenes han podido conservar ciertas partes blandas de su cuerpo, por ejemplo, en rocas carboníferas de Uruguay se ha reportado la presencia de lo que pudiera ser parte de la mandíbula, junto con la rádula de ocho goniatites (Closs, 1967). También, Schweigert (2009) reportó un ammonite del Jurásico Superior (Kimmeridgiano) que en el interior conservaba el *aptychus* (mecanismo mandibular) del organismo.



**Figura 3.** Vista adoral del ammonoideo en el cual es observable la estructura sifuncular. Ejemplar *Medlicottia burkhardti*, YPM 16704.

La dieta de los ammonoideos se ha podido deducir principalmente a partir de ejemplares del Mesozoico, los cuales indican que eran carnívoros; esto por la presencia de restos de crinoideos, ostrácodos, esponjas, otros moluscos como gasterópodos y bivalvos, e inclusive restos de ammonoideos, indicando probablemente una conducta de canibalismo (Kruta *et al.*, 2011).

En cuanto a su reproducción, se ha reportado que pudieron haber depositado directamente en el sedimento marino agrupaciones de huevos, liberar masas de huevos flotantes a la columna de agua o incluso tener un cuidado parental como en los cefalópodos actuales, conducta que probablemente variaba de una especie a otra (Etches *et al.*, 2009) (fig. 4). Debido a la diversidad taxonómica, variedad morfológica, evolución constante y distribución global, los ammonoideos son de gran importancia en el registro fósil para asignar edades relativas a las rocas y desarrollar trabajos de patrones de evolución de dicho grupo.



**Figura 4.** Estructuras subsféricas interpretadas como huevos de ammonoideos. Tomado de Etches *et al.*, 2009.

#### 1.5.2.2. EVOLUCIÓN DE LOS AMMONOIDEOS PALEOZOICOS

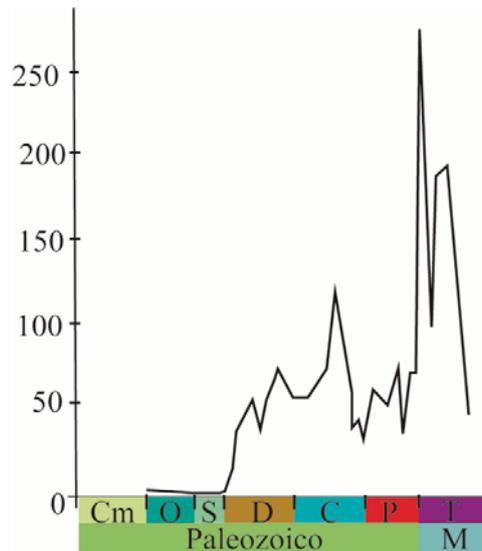
Durante el Paleozoico tardío ocurrieron cambios en la configuración tectónica de la Tierra, lo que provocó modificaciones en las antiguas cuencas oceánicas y mares epicontinentales. En el caso de los ammonoideos, se puede considerar que su rápida evolución ha ayudado a la comprensión sobre cómo los cambios en las condiciones ambientales y los eventos geológicos influyeron en las comunidades biológicas que conformaron dicho grupo (Wiedmann y Kullmann, 1996).

Las teorías que existen para explicar la evolución de los ammonoideos (House, 1983, 1989) con base en las grandes extinciones masivas que ocurrieron durante el Paleozoico tienen su origen en diferentes eventos, resaltando las que se relacionan con las fluctuaciones del nivel del mar, provocadas por eventos volcánicos, desencadenando episodios anóxicos oceánicos (House, 1989; Becker, 1993a; Becker, 1993b). También se ha sugerido que las influencias tectónicas globales se reflejan en los cambios en la diversidad (Kullmann, 1985; Korn y Kullmann, 1988), teniendo un mayor cambio durante el Devónico, a diferencia del Carbonífero y el Pérmico, periodos en los cuales se produjo la formación del supercontinente

Pangea. Debido a esto es que Kullmann (1994) propuso la idea de que la configuración de las placas tectónicas (hacia la formación de continentes y emergencia de corteza terrestre) haya sido la principal fuente de perturbación en el registro de los ammonoideos. Además, Ziegler y Lane (1987), consideraron que los factores ambientales (aún no identificados) y los factores genéticos también pudieron haber contribuido a los cambios en la diversidad de los ammonoideos.

Los ammonoideos paleozoicos tuvieron diversos episodios de radiación y disminución biótica. El registro más antiguo del grupo pertenece al Devónico, presentándose un declive en el registro fósil de estos animales hacia los límites del Devónico-Carbonífero, propiciado por el evento facies de lutita negra euxínicas (House, 1985). Durante el Misisípico estos organismos proliferaron continuamente, teniendo su mayor diversidad durante el Viseano (fig. 5), en donde se produjo una modificación en el ombligo y líneas de sutura (Kullman, 1985). Durante el Cisuraliano la línea de sutura tuvo una nueva modificación más compleja para los órdenes Goniatítida y Prolecanítida, además de una diversidad continua hasta el Pérmico medio (Glenister y Furnish, 1981). A lo largo del Guadalupiano se registraron episodios significativos para la evolución de los ammonoideos: en el Roadiano surgió un nuevo orden denominado Ceratítida; durante el Wordiano se produjo la mayor diversidad para el Pérmico medio, alcanzando una riqueza de más de 150 especies, siendo los goniatítidos los más abundantes; subsecuentemente para el Capitaniano hubo una nueva disminución en el número de formas. Ya para el Lopingiano, y en particular para el Wuchiapingiano la diversidad de especies decrece aún más (Leonova, 2009).

Se tiene un registro escaso de los órdenes Goniatítida y Prolecanítida para la crisis a finales del Pérmico, y aparentemente un solo género de cada grupo logró perdurar al límite Pérmico-Triásico. Para el Triásico Temprano ambos géneros se extinguieron, sin embargo el orden Ceratítida dio origen a los Otocerátidos durante el Triásico Temprano (Wiedmann y Kullmann, 1996).



**Figura 5.** Diversidad de ammonoideos durante el Paleozoico (cantidad de géneros vs edad). Gráfica modificada y generada con datos de [Paleobiology Database Navigator](#).

### 1.5.2.3. BIOESTRATIGRAFÍA DE AMMONOIDEOS PÉRMICOS

Los ammonoideos son de gran relevancia en la bioestratigrafía del Fanerozoico debido a su rápida evolución y amplia distribución. Esto ha permitido correlacionar diferentes localidades de México con otras de edades coetáneas a nivel global.

Aunque las edades que componen el Pérmico se establecieron con base en horizontes de primera aparición de conodontos (International Commission on Stratigraphy), microfósiles como los ammonoideos son una herramienta muy importante para establecer edades preliminares en los trabajos geológico-estratigráfico, o cuando existe ausencia de elementos conodontales en las sucesiones marinas estudiadas, ya que presentan edades semejantes a las de estos microvertebrados. Estas edades se corroboraron en diferentes regiones del planeta, por ejemplo, para el Pérmico temprano, correspondiente al Cisuraliano, las rocas se encuentran expuestas en Cisuralia y los Urales en Rusia; mientras que en la parte suroeste de Estados Unidos de América se ubican los afloramientos del Guadalupiano en Las Montañas Guadalupe (Pérmico medio); y para el Pérmico tardío, la región con los estratos que corresponden al Lopingiano se localizan al sur de China (Leonova, 2011, 2018a).

Durante el último siglo, diferentes autores (Böse, 1917; Ruzhencev, 1955; Glenister y Furnish, 1961; Furnish, 1966, 1973) propusieron una serie de clasificaciones para el Pérmico con base en la evolución de los ammonoideos, sin embargo, Ruzhencev (1976) hizo una redefinición a la escala global, proponiendo lo siguiente: Pérmico temprano; Asseliano, Sakmario, Artinskiano y Roadiano; Pérmico tardío; Wordiano, Capitaniano, Dzhulfiano y Changhsingiano. Posteriormente Jin *et al.*, (1997) limitaron las épocas y edades del Sistema Pérmico, los cuales fueron aprobados por la Subcomisión Pérmica, quedando como Cisuraliano, Guadalupiano y Lopingiano; Pérmico temprano, medio y tardío respectivamente.

Con respecto al Guadalupiano, el Wordiano, fue nombrado así por la Formación Word en Texas y que corresponde a la clásica zona de *Waagenoceras*. Las mejores localidades de esta edad se encuentran en América del Norte, China e Indonesia (Timor), con ocurrencias menores en México, Afganistán, Crimea, Irak (Kurdistán), Italia (Sicilia), Túnez y Australia. De esta edad se reportan 54 géneros de ammonoideos, de los cuales 18 géneros tienen su primera aparición, entre ellos: *Neogeoceras*, *Adrianites*, *Pseudagathiceras*, *Mexioceras*, *Cibolites* y *Waagenoceras*, entre otros, cabe destacar que los géneros enunciados anteriormente se han reportado para los afloramientos de Norteamérica y México. Debido a la aceptación de un nuevo estándar internacional basado en conodontos (*Jinogondollela aserrata*) los límites de la edad han sido modificados y actualmente no concuerdan con los datos de los ammonoideos previamente establecidos (Leonova, 2018a).

La edad capitaniana es menos común que la wordiana, ya que solo se conocen unas 70 localidades, ubicadas principalmente en América del Norte y China. Los afloramientos localizados al suroeste de Norteamérica corresponden a la zona *Timorites*, representados por localidades de Texas (formaciones Capitán y Bell Canyon) y México (formaciones Las Delicias y Olinalá), sin embargo nuevas ocurrencias se han reportado para Japón y China. Se han registrado 32 géneros, de los cuales 11 géneros provienen de edades más antiguas: *Eumedlicottia*, *Neogeoceras*, *Roadoceras*, *Stacheoceras*, *Waagenoceras*, *Paraceltites* y *Cibolites* por mencionar algunas; 17 géneros aparecen por primera vez para el Capitaniano entre ellos los géneros reportados para Norteamérica y México: *Strigogoniatites* y *Timorites*,

además para la parte superior del Capitaniano los géneros *Xenodiscus* y *Kingoceras* (Leonova, 2018a).

#### 1.5.2.4 ZONACIÓN DE AMMONOIDEOS PÉRMICOS

En la escala del tiempo geológico, las nueve edades que componen al Pérmico fueron relativamente establecidos por los ammonoideos. Para cada una de estos edades existe un conjunto de ammonoideos característicos conforme a la sucesión estratigráfica. Sin embargo, la principal dificultad de utilizar a este grupo como una escala zonal es que las localidades con ammonoideos pérmicos son escasas, aunado a los cambios de las especies y géneros entre las secciones que puedan caracterizar ciertos lapsos de tiempo. Es por esto que la zonación utilizada para la bioestratigrafía del Pérmico debe de considerar a las asociaciones de ammonoideos que suelen definir su afinidad con un Piso en particular (Leonova, 2018a).

Recientemente, Leonova (2011, 2018a) propuso una división para el Pérmico, considerando el intervalo de existencia corto, amplia distribución geográfica, y un desarrollo evolutivo que permita una correlación y reconocimiento del isocronismo en diferentes regiones biogeográficas (tabla 1).

Siendo así, Leonova (2018a) sugirió utilizar dos especies índice para la identificación de un Piso en cada región biogeográfica. Para el Wordiano, propuso la zona *Adrianites elegans* – *Waagenoceras dieneri*; siendo la primera especie conocida en varias regiones del Paleotethys y la segunda en el Reino Americano. Mientras que la zona correspondiente al Capitaniano se distinguiría por las especies *Timorites schucherti* – *Cibolites uddeni*, así como *Xenodiscus ruzhencevi* – *Kingoceras kingi* para la parte superior del Capitaniano, las cuales son conocidas para los reinos de America y el Paleotethys.

En el trabajo realizado por Miller (1944) para la región Las Delicias, se propuso una zonación que funcionó para las localidades pérmicas de Norteamérica en el siglo pasado. Este menciona que hay cuatro zonas faunales bien definidas; para el Cisuraliano (Leonardiano) se encuentra la zona *Perrinites*, la zona *Waagenoceras* se correlaciona con la Formación Word de Texas y con los horizontes medios de la Formación Delaware Mountain, mientras que para la edad capitaniana se encuentra la zona *Timorites* que se relaciona con los

horizontes superiores de la Formación Delaware Mountain, y la zona *Kingoceras* relacionada con faunas marinas de Texas y Nuevo México.

En la asociación de ammonoideos del Wordiano (zona *Waagenoceras*) de Las Delicias se encuentran los géneros *Waagenoceras*, *Medlicottia*, *Pseudogastrioceras*, *Adrianites*, *Agathiceras*, *Stacheoceras*, y *Paraceltites*. Mientras que la zona *Timorites* (Capitaniano) agrupa a *Timorites*, *Strigogoniatites*, *Cibolites* y probablemente *Waagenoceras*.

**Tabla 1.** Zonación de ammonoideos pérmicos. (Modificado de Leonova, 2018a).

		Miller, 1944		Leonova, 2018a		
		Edad	Zonación	Época	Edad	Zonación
Pérmico Tardío	Dzhunfiano	Changhsingiano		Lopingiano	Changhsingiano	<i>Pleuronodoceras multinodosum</i> - <i>Rotodiscoceras asiaticum</i>
		Dzhufiano	<i>Kingoceras</i>		Wuchiapingiano	<i>Araxoceras ventrosulcatum</i> <i>Araxoceras latissimum</i>
	Guadalupiano	Capitaniano	<i>Timorites</i>	Guadalupiano	Capitaniano	<i>Eoaxoceras ruzhencevi</i> - <i>Kingoceras kingi</i> ; <i>Timorites schucherti</i> - <i>Cibolites uddeni</i>
		Wordiano	<i>Waagenoceras</i>		Wordiano	<i>Adrianites elegans</i> - <i>Waagenoceras dieneri</i>
Roadiano		Roadiano	<i>Daubichites goochi</i> - <i>Demarezites oyensi</i>			
Pérmico Temprano	Artinskiano	Roadiano	<i>Perrinites</i>	Cisuraliano	Kunguriano	<i>Epijuresanites musalitini</i> - <i>Perrinites hilli</i>
		Artinskiano			Artinskiano	<i>Neocrimites fredericksi</i> - <i>Medlicottia orbignyana</i>
	Sakmariano	Sakmariano	Sakmariano		<i>Crimites subkrotowi</i> - <i>Properrinites cumminsi</i> <i>Propopanoceras simense</i> - <i>Properrinites boesei</i>	
		Asseliano	Asseliano		<i>Svetlanoceras strigosum</i> - <i>Emilites prosperus</i>	

### 1.5.3. AMMONOIDEOS PÉRMICOS DE MÉXICO

Los trabajos donde se han descrito faunas de cefalópodos mexicanos del Paleozoico superior son muy escasos. Dentro de las publicaciones relacionadas con el Pérmico se encuentran las contribuciones de Müllerried *et al.*, (1941), quienes describieron dos especies de ammonoideos de la especie *Perrinites hilli* y *Peritrochia mullerriedi* (= *Kargalites mullerriedi*) para la Formación Paso Hondo de Chiapas, lo que permitió establecer una edad del Kunguriano (Cisuraliano tardío) para los estratos portadores de la unidad. Para 1944, King *et al.*, describieron diversos grupos de biota marina, tal como fusulínidos, corales, esponjas, braquiópodos y ammonoideos del Pérmico de Coahuila; registrando 21 géneros y 34 especies de ammonoideos y nautiloideos, de los cuales un género y doce especies se describieron por primera vez; asimismo se reconocieron cuatro zonas faunales por cefalópodos, caracterizadas por los géneros, *Perrinites*, *Waagenoceras*, *Timorites* y *Kingoceras*. Existe también un registro para la Formación Los Monos de Sonora por Miller en Cooper *et al.*, (1953), el cual describe un ejemplar del género *Waagenoceras* (Pérmico medio), sin embargo, se encontró mal preservado debido a la silicificación de la unidad.

En 1987, Villaseñor-Martínez *et al.*, reportaron para la Formación Patlanoaya, ubicada en San Salvador Patlanoaya, Puebla, la especie *Perrinites hilli*, permitiendo establecer una edad del Leonardiano (Cisuraliano) para la Formación. González-Arreola *et al.*, (1994) describieron la fauna asociada a la Formación Olinalá de la región de Olinalá, Guerrero, la cual contiene taxones de ammonoideos, entre los que destacan los géneros *Waagenoceras* y *Stacheoceras* que permiten asignar una edad de Pérmico medio a la unidad. Cantú-Chapa (1997) hizo una compilación de los registros de ammonoideos descritos para México. Posteriormente, Garibay-Romero (2000) describió otros géneros para la Formación Olinalá tales como *Paraceltites*, *Pseudogastrioceras*, *Agathiceras* y *Adrianites* los cuales asignó a una edad del Guadalupiano. Uno de los trabajos más recientes en la región de Las Delicias, Coahuila es el realizado por Spinosa *et al.*, (1970) y Spinosa y Glenister (2000) en donde reportaron el género *Eoaraxoceras* dentro de la unidad informal La Colorada, estableciendo una edad post-Guadalupiana, agregando una quinta zona (*Eoaraxoceras*) a las ya establecidas por Miller (1944).

## CAPÍTULO 2 MÉTODOS

En este capítulo se plantean los métodos utilizados para la obtención de resultados, los cuales tuvieron como objetivo principal la descripción taxonómica de los ammonoideos.

### 2.1. TRABAJO DE CAMPO

Se estudiaron dos localidades dentro del área de la Formación Las Delicias con fines bioestratigráficos, las cuales ya habían sido previamente descritas en otros trabajos paleontológicos. La primera fue la localidad Las Difuntas (nominada en este trabajo como Las Difuntas-18), en la cual, de acuerdo con Sour-Tovar *et al.*, (2016), las rocas presentaban una aparente estratificación y se podían medir como sección, teniendo un espesor de aproximadamente 128 m. La otra localidad que se estudió fue Las Manuelas I, donde Sour-Tovar *et al.*, (2016) y Torres-Martínez *et al.*, (2019) identificaron una posible sección de 330 m. En las dos localidades antes mencionadas se reporta la presencia de ammonoideos.

Debido a la complejidad geológica-estratigráfica que presenta el área de estudio y con los antecedentes descritos en capítulos anteriores, se decidió volver a levantar y medir las secciones ya propuestas por Sour-Tovar *et al.* (2016) y Torres-Martínez *et al.* (2019).

Para las nuevas mediciones de las columnas estratigráficas se utilizó la vara de Jacob, analizando detalladamente el cambio de las facies litológicas, dada la diferencia en los espesores y continuidades laterales observadas en campo. Cabe resaltar que para la sección Las Manuelas I se muestrearon diferentes niveles estratigráficos previamente reportados por Torres-Martínez *et al.*, (2019), destacando entre éstos un banco de lutitas negras sin estratificación, el cual es rico en fósiles de ammonoideos. Mientras que para la sección Las Difuntas-18 se decidió asignar nuevas siglas a los estratos superiores de la sección analizada por Sour-Tovar *et al.*, (2016).

### 2.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Primeramente, se procedió a realizar el proceso curatorial de los ejemplares fósiles recolectados. Dado que la mayoría de los ejemplares de ammonoideos se encontraban embebidos en la roca fue necesario utilizar un lápiz neumático para retirar el exceso de

matriz. Una vez limpios del excedente de material rocoso, los ammonioideos con mejor grado de preservación fueron sometidos a un proceso de blanqueamiento con cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl), logrando un mayor contraste de luz; esto con la finalidad de obtener fotografías, mediante una cámara Nikon D5600 DSLR, que permitieron apreciar con mayor fidelidad los detalles de la ornamentación de las conchas (liras longitudinales o transversales, constricciones) entre otros rasgos importantes, por ejemplo la forma del ombligo y líneas de sutura. Las fotografías se realizaron con una escala gráfica para tener un control del tamaño de los ejemplares. Posteriormente, con el uso del programa Adobe Photoshop ® CC 2018, se procedió con la edición digital, lo que ayudó a desaturar la imagen (escala de grises) para una mejor apreciación de la línea de sutura, así como otras características de ornamentación de la concha. Estos procedimientos se realizaron en el Laboratorio de Paleontología de Invertebrados y el Laboratorio de fotografía del Instituto de Geología, UNAM, con la ayuda del técnico de laboratorio Marco Antonio Argáez Martínez y el Dr. Josep Anton Moreno Bedmar.

### 2.3. TRABAJO DE GABINETE

La principal labor durante esta etapa consistió en la clasificación, identificación y posterior interpretación de todo el material colectado en campo para el análisis de ammonioideos. Siendo así, se llevó a cabo una revisión bibliográfica relacionada con los ammonioideos del Pérmico y sus implicaciones estratigráficas y paleobiogeográficas, no solo de México sino también de otras regiones del mundo con registros coetáneos.

#### 2.3.1. ESTUDIO DE LOS AMMONOIDEOS

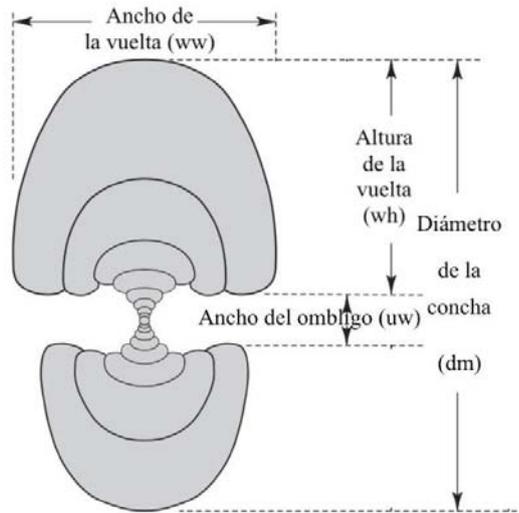
Éste consistió en identificar los rasgos morfológicos de la concha, así como las características que presentaba la línea de sutura. Los rasgos morfológicos y terminología fueron los propuestos por Arkell *et al.*, 1957 (en Moore, 1957) y Korn (2010). Posteriormente, se realizó una comparación con especies de ammonioideos previamente descritos para el Guadalupiano a nivel mundial; descritos en la literatura de Miller y Furnish (1940), Miller (1944), Arkell *et al.*, 1957 (en Moore, 1957), Cantú-Chapa (1997), Leonova (2002, 2010 y 2018b), Zhou (2017), Nassichuk (1977) y la consulta electrónica del sitio *Goniat online Paleozoic ammonoid database system* por citar algunos.

### 2.3.2. PARÁMETROS DE LA CONCHA

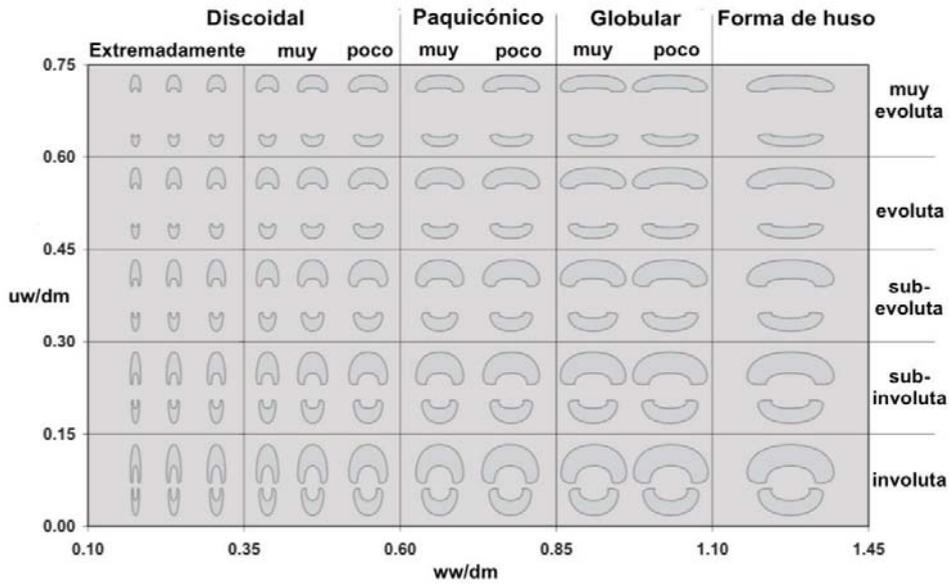
La determinación descriptiva de la concha esta en función de algunos parámetros que pueden ser obtenidos directamente de la última vuelta del ammonoideo, tales como: Diámetro de la concha (dm), ancho de la última vuelta (ww), altura de la última vuelta (wh) y anchura umbilical (uw) (fig. 6). Obtenidos los valores anteriores se realizó una relación simple para clasificar al ammonoideo (fig. 7).

### 2.3.3. COLECCIÓN YALE PEABODY MUSEUM

Dado que los ammonoideos reportados por Miller (1944) se encuentran resguardados en la colección del Yale Peabody Museum of Natural History, Estados Unidos, se realizó una estancia de investigación con la finalidad de revisar los taxones descritos para la Formación Las Delicias. Se tomaron las medidas de los parámetros de la concha (diámetro, ancho de la última vuelta, altura de la última vuelta y anchura del ombligo) de acuerdo con Korn (2010), y posteriormente se tomaron las fotografías de los diferentes especímenes. Esto sirvió para realizar comparaciones fehacientes entre las especies descritas por Miller (1944) y las reportadas para este trabajo (Anexo II).



**Figura 6.** Términos descriptivos para la morfología de la concha de los ammonoideos del Paleozoico. (Modificado de Korn, 2010).



**Figura 7.** Ilustración que muestra la clasificación de la concha de acuerdo con los parámetros como el ancho de la concha (ww/dm) en el eje x y el ancho umbilical (uw/dm) sobre el eje y. (Modificado de Korn, 2010).

## CAPITULO 3 ÁREA DE ESTUDIO

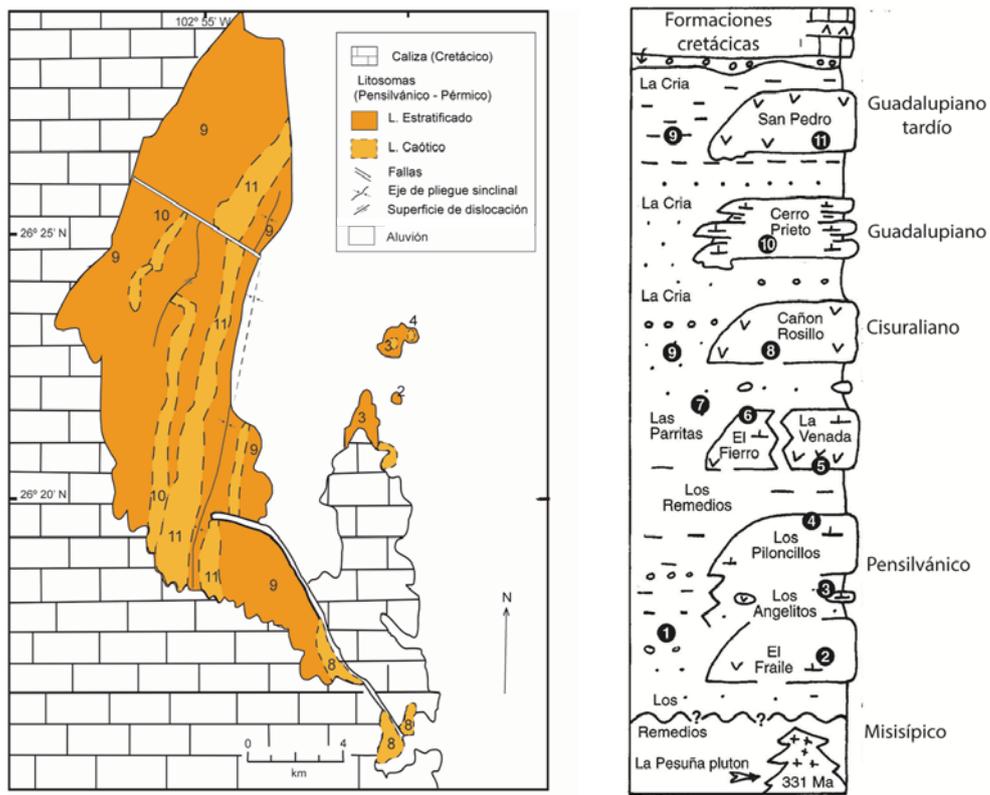
### 3.1. FORMACIÓN LAS DELICIAS

La Formación las Delicias es una unidad litoestratigráfica que presenta estratos con edades que van del Pérmico inferior al medio. Las rocas de esta formación fueron reportadas y descritas en un principio por Haarmann (1913), Haack (1914) y Böse (1921, 1923), pero no fue sino hasta el trabajo de King *et al.*, (1944) cuando se profundizó en el conocimiento geológico de la unidad. Dichos autores reportaron un eje sinclinal dividido en dos flancos principales; el oriental Malascachas y el occidental La Difunta, mencionando que las facies que componen estos dos flancos son diferentes y difíciles de correlacionar entre sí. Para su estudio se realizó una sección en el flanco La Difunta, la cual presentaba su base en el Arroyo la Difunta y finalizaba al oeste hasta el Puerto de Sardinias, limitando con las rocas cretácicas. Dentro de esta sección se reportó la presencia de ammonoideos, reconociendo una litología variable de espesores inconsistentes.

Posteriormente Wardlaw *et al.*, (1979), midieron una nueva sección comenzando en el Puerto de las Sardinias, estableciendo a los arroyos La Difunta y La Colorada como la cima. Esta nueva sucesión fue dividida en cinco unidades informales: Las Sardinias, El Tordillo, Palo Quemado, La Difunta y La Colorada, mencionando los autores que había una gran variabilidad lateral de las unidades y que probablemente esta sucesión sedimentaria fue depositada por corrientes de turbidez. En particular, proponen que las rocas carbonatadas, como las calizas, que se encuentran dentro de la sucesión fueron transportadas de áreas cercanas, tal como lo sugirió Newell (1957).

Sin embargo, Mckee *et al.*, (1988, 1999), coincidieron con los autores anteriores, señalando que la correlación litoestratigráfica de la Formación Las Delicias es difícil dado que los estratos muestran poca continuidad lateral. Además, las estructuras sedimentarias originales que pudieron servir para realizar una correlación se vieron modificadas por los movimientos post-deposicionales, lo cual junto con la cobertura de aluviones y rocas mesozoicas que se puedan encontrar adyacentes al área interfieren con el estudio más preciso. A diferencia de Wardlaw *et al.*, (1979), Mckee *et al.*, (1999) hicieron una división para la

Formación Las Delicias en otro tipo de subunidades informales, catalogándolas como litosomas (fig. 8). En este caso, la composición litológica sirvió para la distinción entre los litosomas, así como las edades relativas se realizaron con base en el contenido fósil. Dichos autores establecen dos categorías de litosomas: estratificado, producto de la sedimentación normal en un ambiente pelágico, y caóticos los cuales son el resultado del transporte a gran escala de escombros mediante procesos de gravedad. Con esto se definieron 12 litosomas con edades desde el Misisípico Tardío hasta el Guadalupiano tardío. Con respecto a los litosomas pertenecientes al Pérmico se detectaron como estratificados Las Parritas (Cisuraliano) y La Cría (Guadalupiano) mientras que los caóticos fueron La Venada y El Fierro (Cisuraliano), Cañón Rosillo (Cisuraliano), Cerro Prieto (Guadalupiano) y San Pedro (Guadalupiano tardío) (tabla 2).



**Figura 8.** (A) Mapa geológico de Formación Las Delicias, los números se refieren a los litosomas que se muestran en la columna estratigráfica (B). Modificado de Mckee *et al.*, 1999.

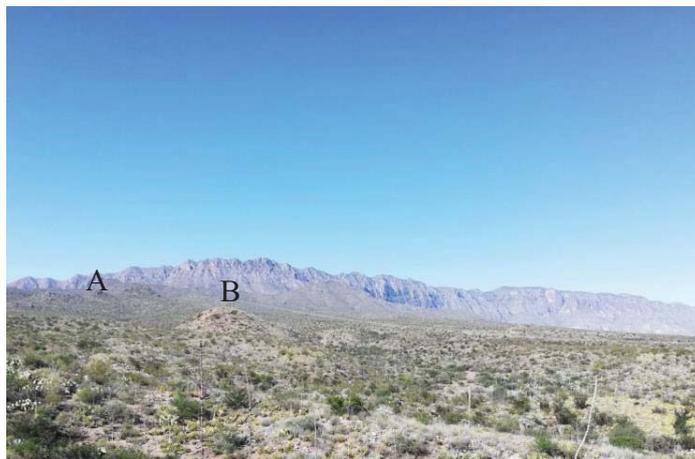
**Tabla 2.** Correlación entre las unidades propuestas por Wardlaw *et al.*, 1979 y Mckee *et al.*, 1999 para la Fm. Las Delicias.

Serie	Piso	Wardlaw <i>et al.</i> , 1979	Mckee <i>et al.</i> , 1999	
		Unidades informales	Litosomas estratificados	Litosomas caóticos
Guadalupiano	Wuchiapingiano	La Colorada	La Cría	?
	Capitaniano	La Difunta		San Pedro
	Wordiano			?
				Palo Quemado
	Roadiano	El Tordillo		?
Cisuraliano	Kunguriano		?	?
	Artinskiano	Las Sardinas	Las Parritas	El Fierro
				La Venada

### 3.1.1. FLANCO LA DIFUNTA

En la parte occidental de la Formación Las Delicias, en el flanco La Difunta nombrado así por King *et al.*, (1944) por la cercanía con el arroyo La Difunta, se encuentra expuesto el litosoma La Cría compuesto principalmente por rocas siliciclásticas con clastos de roca ígnea de diferentes tamaños. La caliza que se encuentra dentro de este litosoma es de color claro, portadora de diferentes fósiles marinos, probablemente proveniente del margen de la cuenca por pendientes submarinas a zonas más profundas. Sin embargo, dentro de La Cría se puede observar el afloramiento de litosomas caóticos como el de Cerro Prieto en donde afloran calizas con gran contenido de fusulínidos y esponjas. Por otro lado, se ha reportado una caliza de grano fino con cierta laminación de color marrón claro, expuesta discontinuamente, la cual hace suponer que fue transportada de un ambiente hemipelágico previo a la litificación. Un tercer tipo que se encuentra dentro de este litosoma son calizas de color azulado, altamente fosilíferas, las cuales podrían tratarse de rocas extracuenca.

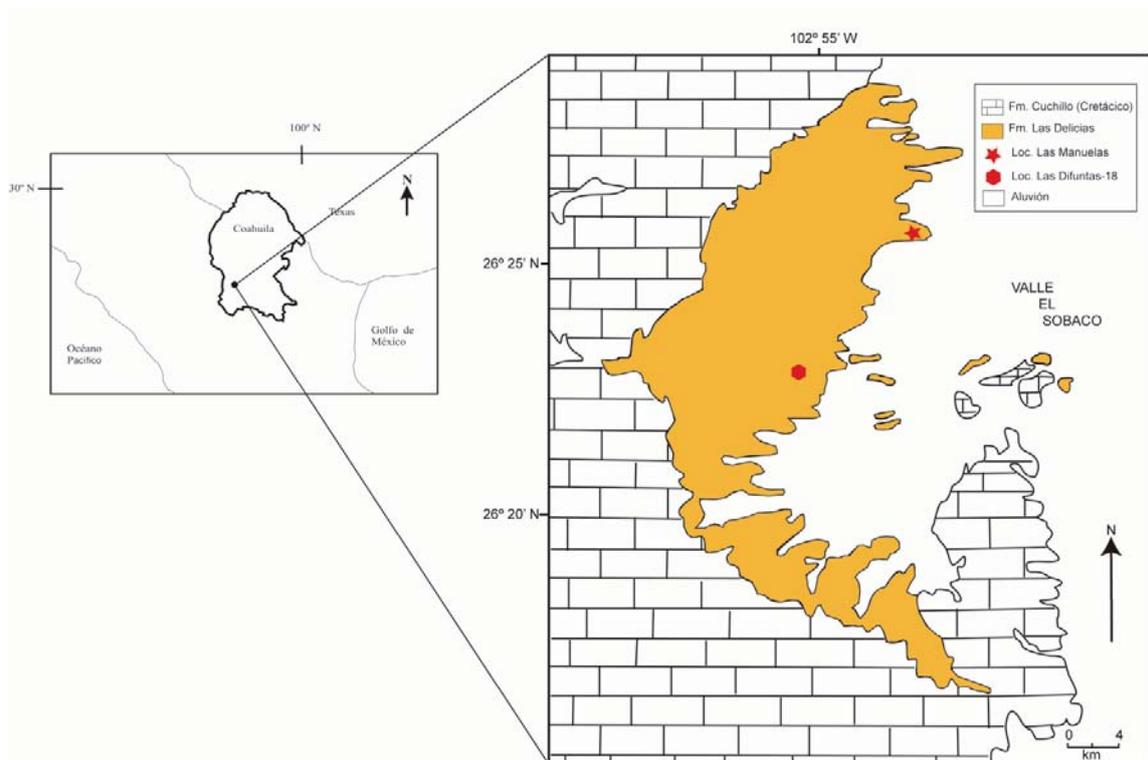
Igualmente, el litosoma San Pedro se encuentra depositado dentro de La Cría (fig. 9), siendo uno de los mejores expuestos en el área, con una longitud aproximada de 16 km. Aquí se puede observar la invasión de bloques gruesos dentro de facies de grano fino. Probablemente estos bloques tuvieron un transporte en un flanco de la cuenca con cierto ángulo de inclinación, y por lo tanto se deslizaron y hundieron en los sedimentos pelágicos (zona *Timorites*, Miller *et al.*, 1944) acumulados en esa parte de la cuenca.



**Figura 9.** Vista de (A) el Cerro La Difunta y (B) Cerro San Pedro.

### 3.2. SUCESIONES ESTRATIGRÁFICAS ESTUDIADAS

Dentro de la Formación Las Delicias se eligieron dos localidades, las cuales poseen abundante registro fósil; Las Manueles I que se encuentra entre las coordenadas  $26^{\circ} 25' 15''$  latitud Norte y  $102^{\circ} 52' 9.94''$  longitud Oeste y Las Difuntas-18 ubicada dentro de las coordenadas  $26^{\circ} 22' 7.31''$  latitud Norte y  $102^{\circ} 55' 9.86''$  de longitud Oeste (fig. 10).



**Figura 10.** Modificado de Carta Geológica Valle el Sobaco G12B77, Coahuila, México.

### 3.2.1. LAS MANUELAS I

La exposición de las rocas pérmicas pertenecientes a la localidad Las Manuelas I son de difícil acceso, ya que se encuentra alejada del camino de terracería. El análisis de esta localidad consistió en identificar la sección muestreada por Torres-Martínez *et al.*, (2019), posteriormente se midió una pequeña sección correspondiente a los niveles LMD y LM33, se estableció la base de la columna y se extendió 60 m hasta el techo (figura 11). Para el nivel LMN no se tiene un contacto con la sección mencionada anteriormente, sin embargo se identificaron ammonoideos, los cuales sirvieron de apoyo para una correlación bioestratigráfica entre dichos niveles pertenecientes a la misma localidad.



**Figura 11.** Vista panorámica de localidad Las Manuelas I (A) y Sierra Los Remedios (B).

LMD; este nivel se caracteriza por la gran abundancia de braquiópodos, en particular de la especie *Liosotella subquadrata* (Torres-Martínez *et al.*, 2019) y en menor medida fragmentos de ammonoideos mal conservados. Estos fósiles se encuentran embebidos en una arenisca de color gris claro, granosoportada, constituida por líticos ígneos de colores rojizos y feldespatos con tamaño de grano de medios a gruesos, con una matriz de origen calcáreo (fig. 12).

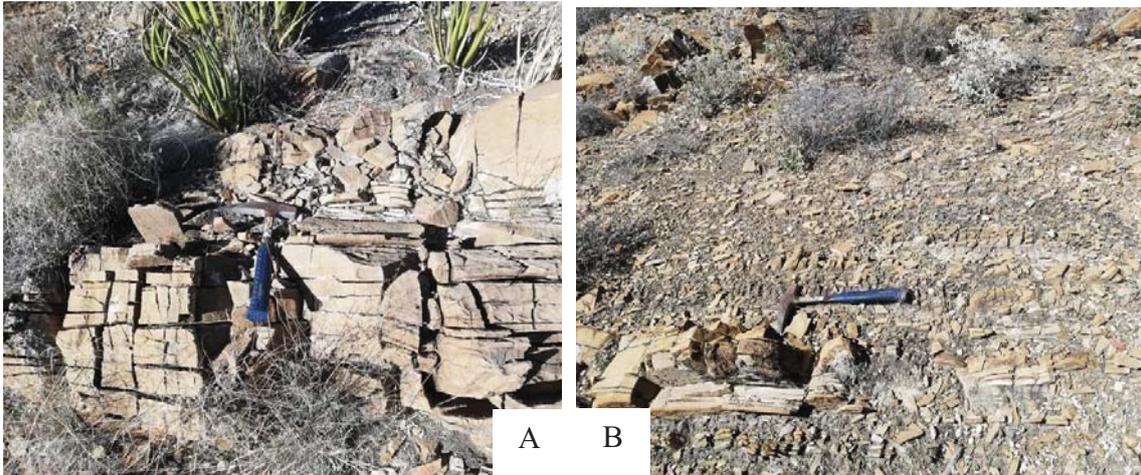
LM33; la litología de este nivel corresponde a calcarenitas que varían en su coloración de gris claro a gris azulado al fresco, con espesores inconsistentes a lo largo de todo el nivel, variando entre los cinco y los 50 cm (fig. 13A). Hacia la cima del nivel se pueden observar

laminaciones paralelas dentro de esta calcarenita. La intercalación consiste en una secuencia rítmica de calcarenita con lutita calcárea (fig. 13B). El contenido de fósiles en este nivel es muy pobre.

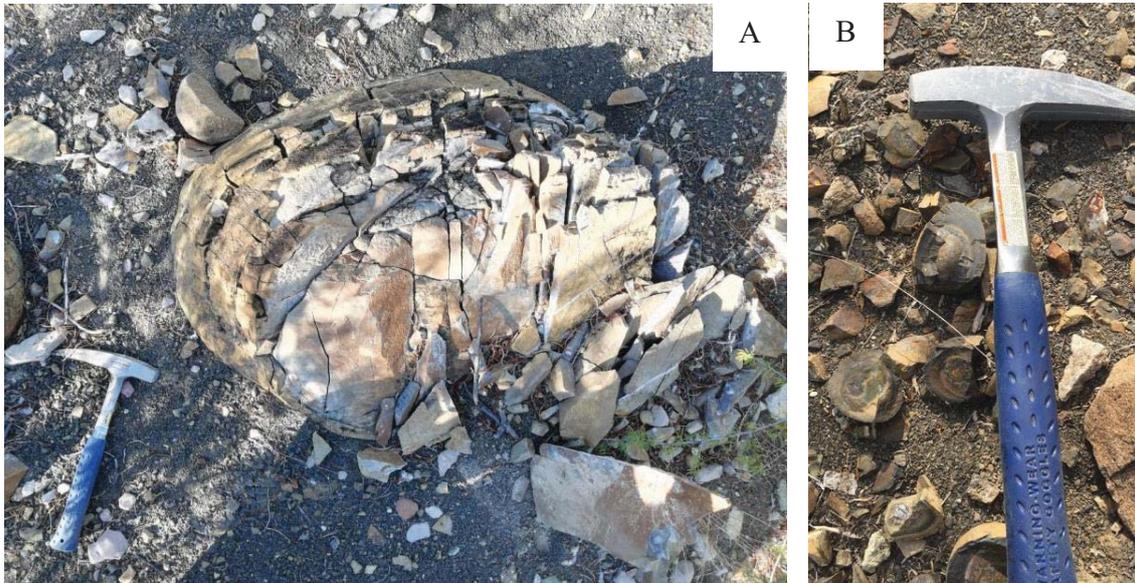
LMN; este nivel se encuentra a 20 m de distancia de los niveles anteriores, diferenciándose por su gran abundancia de ammonoideos. La litología en general esta compuesta por lutita calcárea, observándose la presencia de un lente de calcarenita que podría corresponder con la litología del nivel LM33 (fig. 14A). Los ammonoideos se encuentran en concreciones de diferentes tamaños (fig. 14B).



**Figura 12.** Diferentes vistas de la arenisca correspondiente al estrato LMD.



**Figura 13.** Nivel LM33, (A) estrato de calcarenita, (B) intercalación de calcarenita y lutita.



**Figura 14.** Nivel LMN, (A) lente de calcarenita, (B) concreciones de lutita con ammonoideos.

### 3.2.2. LAS DIFUNTAS-18

La localidad Las Difuntas-18 se localiza a un costado del camino de terracería y frente al cerro La Difunta (fig. 15). Las rocas pérmicas expuestas en esta localidad se correlacionan con las reportadas para la unidad informal La Difunta (Wardlaw *et al.*, 1979) y el litosoma La Cría (Mckee *et al.*, 1999). Se identificó la sección medida por Sour-Tovar *et al.*, (2016), sin embargo no se encontraron continuidades laterales entre los niveles mencionados para

dicho trabajo, por lo que se decidió hacer una nueva medición para los niveles de interés, se estableció un control de las relaciones estratigráficas y cambio de litología entre cada uno de los niveles, la cual representa una columna de 58 m.



**Figura 15.** Vista del Cerro La Difunta, desde la sección Las Difuntas-18.

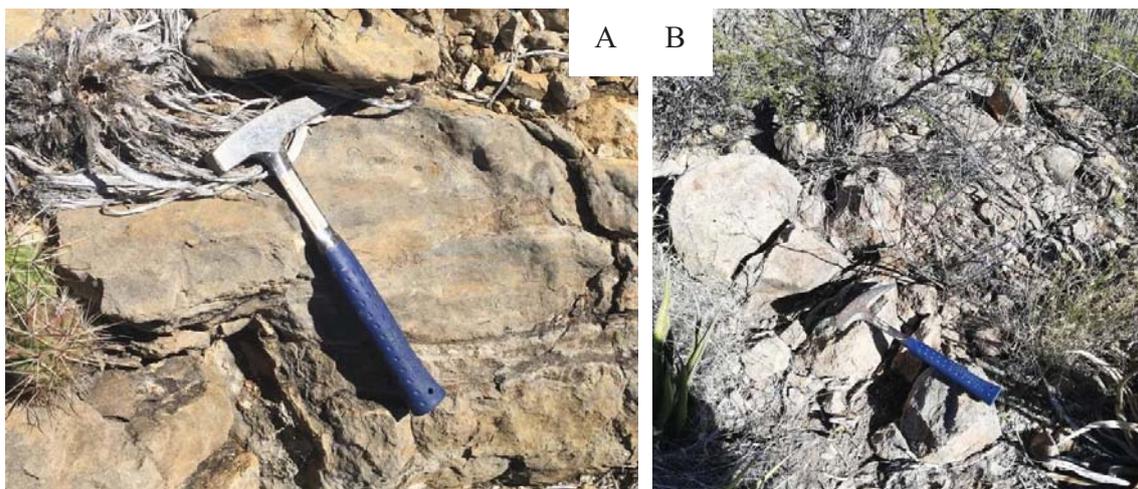
LDA = (LDC en Sour-Tovar *et al.*, 2016.); la litología de este nivel es compleja ya que a lo largo de este se observan bloques de areniscas de coloración gris oscuro de diversos tamaños, redondeados a sub-redondeados; en algunos de estos se puede observar laminación paralela y cruzada (fig.16A). Otros bloques expuestos corresponden a una calcarenita de color gris azulado, los cuales son fosilíferos en cuanto a la presencia de ammonoideos (fig. 16B). Los bloques se encuentran dentro de una matriz arenosa de grano fino donde también son reconocibles los fragmentos de ammonoideos.

LDB = (LDC en Sour-Tovar *et al.*, 2016.); esta roca de color anaranjado a la intemperie se trata de una calcarenita en la cual se observan fósiles de invertebrados marinos como braquiópodos, placas de equinodermos, fragmentos de trilobites y algunos ammonoideos que podrían tratarse de ammonitelas (estadio larvario de los ammonoideos). En particular, las

valvas de los braquiópodos se encuentran orientadas y con una posible laminación (fig. 17A). En la cima de este estrato es reconocible un lente de caliza de color gris claro, el cual se encuentra fragmentado por procesos de intemperismo, no obstante se distinguen fusulínidos y partículas no esqueléticas (oncoides) como los componentes principales (fig. 17B).



**Figura 16.** Nivel LDA, (A) bloque de arenisca con laminaciones paralelas y cruzadas, (B) bloque de calcarenita donde se encuentran ammonoideos y nautiloideos embebidos en una matriz arenosa.



**Figura 17.** Nivel LDB, (A) valvas de los braquiópodos se observan en la calcarenita, (B) lente de caliza compuesta por fusulínidos.

## CAPÍTULO 4 RESULTADOS

### 4.1.TAXONOMÍA

Dentro del área de la Formación las Delicias, donde se localizan ambas secciones estudiadas, se recolectaron un total de 62 muestras con la finalidad de registrar su ubicación bioestratigráfica, mismos que se enlistan en el Anexo I. El material está catalogado dependiendo de las siguientes abreviaturas; FC para el Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias, UNAM y DP utilizada en la siglación de campo. Estos números son informales y son válidos únicamente para este trabajo.

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758

Clase Cephalopoda Leach, 1817

Subclase Ammonoidea Agassiz, 1847

Orden Prolecanitida Miller y Furnish, 1954

Suborden Medlicottina Y. Zakharov, 1983

Superfamilia Medlicottiaceae Karpinsky, 1889

Familia Medlicottidae Karpinsky, 1889

Subfamilia Medlicottinae Karpinsky, 1889

Género *Eumedlicottia* Spath, 1934

**Especie tipo.** *Eumedlicottia bifrons* Gemellaro, 1887; del Wordiano de Sicilia (Sosio Beds) y Omán (Fm. Hamrat Duru).

*Eumedlicottia burckhardti* (Böse, 1917)

(Lám. 1 fig. A)

1917 *Medlicottia burckhardti* Böse, p. 18, 33, 35, 69, 75, 76-81, 201, lám. 1, figs. 46-52; lám. 2, figs. 1-3.

1921 *Medlicottia burckhardti* Diener, p. 11.

1932 *Medlicottia burckhardti* Sellards, p. 153.

1937 *Eumedlicottia burckhardti* Plummer y Scott, p. 24, 32, 82, 83, 85-86, 88, 89, 396, 397 [no p. 19, 20, 21, 397 (part)], lám. 5, figs. 10, 11.

1937 *Eumedlicottia guadalupensis* Plummer y Scott, p. 26, 27, 82, 86-89, lám. 40, figs. 15, 16.

1940 *Medlicottia burckhardti* Miller y Furnish, p. 52-55, lám. 3, figs. 4-6; lám. 7, fig. 1; lám. 8, figs. 1-3; lám. 9, figs. 1, 2, 4; lám. 10, fig. 3.

1943 *Medlicottia burckhardti* Miller y Unklesby, p. 9, figs. 4J, 6E, 6F.

v 1944 *Medlicottia burckhardti* Miller, p. 84, figs. 7a, b, lám. 22, figs. 1, 2; lám. 23, figs. 3-9.

1945 *Medlicottia burckhardti* Miller, fig. 15.

1949 *Eumedlicottia burckhardti* Ruzhentsev, p. 160, fig. 77b, 78; lám. 17 fig. 1-4.

1960 *Eumedlicottia burckhardti* Ruzhentsev, fig. 29m.

1979 *Eumedlicottia burckhardti* Zheng y Chen, p. 12, fig. 2; lám. 1 fig. 22.

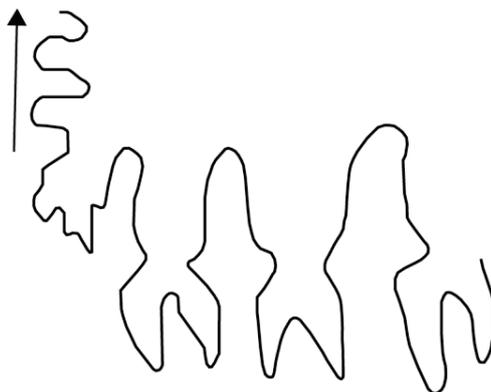
2000 *Eumedlicottia burckhardti* Lambert, Lehrmann y Harris, p. 163, lám. 8-3 fig. 14, 15.

**Material.** Se recolectaron 21 ejemplares fragmentarios; para la localidad Las Difuntas-18 estrato LDA DP30, estrato LDB DP31, FC11-26. Para la localidad Las Manuelas I estrato LMD DP23-25 (Anexo I).

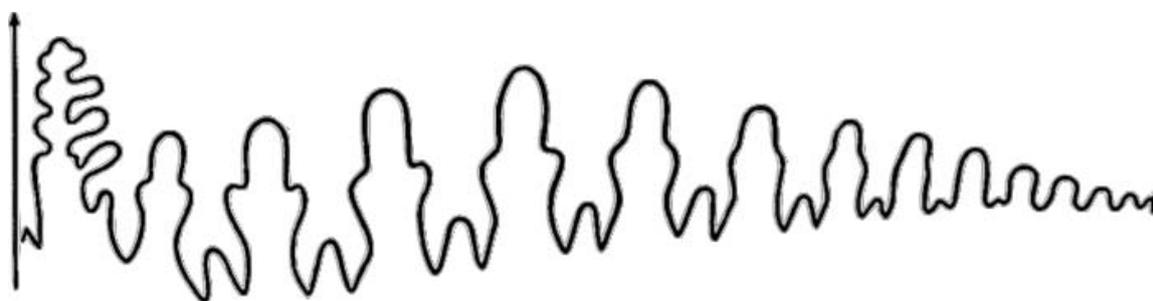
**Descripción.** La forma de la concha es discoidal e involuta, el vientre es cóncavo con paredes agudas, los flancos de la concha parecen ser aplanados. En cuanto a la línea de sutura, el lóbulo ventral no se ha conservado en ningún ejemplar, sin embargo los lóbulos subsecuentes si han sido contabilizados, el primer lóbulo es de mayor tamaño y con diversas digitaciones que los demás lóbulos laterales, estos se encuentran bifurcados y estrangulados en la parte media del lóbulo mediante una desviación de la silla, las cuales se encuentran redondeadas en la parte superior (fig 18).

**Discusión.** De acuerdo con los ejemplares descritos por Miller (1944) para la Formación Las Delicias, la especie *Medlicottia burckhardti* se caracteriza por su forma sublenticular

(=discoidal) y una zona ventral acanalada, así como un lóbulo ventral deprimido típico del género, con los siguientes lóbulos bífidos y las sillas espatuladas (fig. 19), la cual fue ubicada en zona de *Waagenoceras*. Dichas características, de acuerdo con Leonova (2002), han sido señaladas para la especie *Eumedlicottia burckhardti*, por lo que el material descrito por Miller (1944) en realidad sería sinónimo de la especie aquí reportada.



**Figura 18.** Sutura del ejemplar FC18 (lám. 1 fig. A) de *Eumedlicottia burckhardti* (Böse, 1917).



**Figura 19.** Sutura madura de *Medlicottia burckhardti* (Böse, 1917). Ejemplar YPM 16703 (Anexo II, lám. 1 fig. A1-A2). Modificado de Miller, 1944, p. 84 fig. 7.

**Distribución geográfica.** Esta especie se ha reportado para la Formación Word: Glass Mountain, Texas; Formación Delaware Mountain: Guadalupe Mountain, Texas, Estados Unidos; Formación Cache Creek: Columbia Británica, Canadá y Formación Las Delicias: Sierra Las Delicias, Coahuila, México.

**Distribución temporal.** Wordiano de Estados Unidos (Texas), Canadá (Columbia Británica) y México (Coahuila).

Orden Goniatitida Hyatt, 1884

Suborden Goniatitina Hyatt, 1884

Superfamilia Neiococerataceae Hyatt, 1900

Familia Pseudogastrioceratidae Ruzhencev, 1951

Género *Roadoceras* Zhou, 1985

**Especie tipo.** *Roadoceras roadense* Böse, 1917; del Wordiano-Capitaniano de Texas (formaciones Delaware Mountain, Word).

***Roadoceras roadense*** (Böse, 1917)

(Lám. 2 figs. B1-2)

1917 *Gastrioceras roadense* Böse, p. 18, 33, 85-88, 90, lám. 2, figs. 28-47.

1937 *Paragastrioceras roadense* Plummer y Scott, p. 24, 32, 222, 227-228, 397, 398, 399, lám. 22, figs. 15-17.

1937 *Pseudogastrioceras globulosissimum* Plummer y Scott, p. 279-280, lám. 18, fig. 10 [not fig. 18].

1940 *Pseudogastrioceras roadense* Miller y Furnish, p. 89-91, lám. 15, figs. 1-7; lám.17, fig. 5; lám. 18, figs. 10, 11; lám. 28, figs. 1-3.

v1944 *Pseudogastrioceras roadense* Miller, p. 89, fig. 8, lám. 24 fig. 2,3, lám. 25 fig. 1-6.

1945 *Pseudogastrioceras roadense* Miller, p. 16, lám. 6 fig. 3-5, lám. 7 fig. 1-3.

1946 *Pseudogastrioceras roadense* Clifton, p. 558, lám. 85 fig. 1-2.

1947 *Paragastrioceras roadense* Hayasaka, p. 27, fig. 4; lám. 1, fig. 4; lám. 2, fig. 3.

1960 *Altudoceras roadense* Ruzhencev, fig. 34a.

1982 *Altudoceras roadense* Liang, p. 649, fig. 4a-b, lám. 2; fig. 3-4; lám. 3, fig. 3-6.

1985 *Roadoceras roadense* Zhou, p. 196.

1994 *Pseudogastrioceras roadense* González-Arreola, Villaseñor-Martínez y Corona-Esquivel, p. 215-217, lám. 1, fig. i, j, k.

**Material.** Dos ejemplares recolectados para la localidad Las Manuelas I estrato LMD, FC09-10, correspondientes a moldes internos.

**Descripción.** De concha semievoluta, el ombligo es amplio y profundo con las paredes casi verticales, la zona ventral de la concha se considera semiredondeada, las costillas o liras longitudinales son típicas a nivel género y especie. En cuanto a la línea de sutura del tipo goniático, es distinguible la primer silla lateral alta, redondeada y ancha, el segundo lóbulo lateral parece ser profundo y hacia la zona del ombligo la silla es baja y ancha, con un lóbulo anguloso observable en la pared del ombligo.

**Discusión.** De acuerdo con Miller y Furnish (1940), las costillas longitudinales de la especie *Pseudogastrioceras roadense* (Böse, 1917) son más prominentes en ejemplares maduros tal es el caso del ejemplar YPM 16251 (Anexo II) y como es observable tales características para los ejemplares FC09 y FC10, además del tamaño evidente de la última vuelta parece indicar que se trata de ejemplares en un estadio de madurez. En cuanto a la línea de sutura el lóbulo ventral es bajo y ancho, la primer silla lateral es alta y en forma de U, hacia la zona del ombligo un lóbulo en forma de V (fig. 20), formas coincidentes con la línea de sutura para la especie *Pseudogastrioceras roadense*. No obstante, por actualizaciones en los últimos años, el género ahora es reconocido como *Roadoceras* (Leonova, 2002).



**Figura 20.** Sutura madura de *Pseudogastrioceras roadense* (Böse, 1917). Ejemplar YPM 16251. Modificado de Miller, 1944, p. 90 fig. 8.

**Distribución geográfica.** Esta especie se ha reportado para la Formación Word: Montañas Glass, Texas; Formación Delaware Mountain: región Guadalupe-Delaware; Formación

Sadlerchit: Alaska; Formación Tingchiashan: sur de China; Formación Fanjiatun: norte de China; Caliza Bellerophon, Tunéz; Formación Las Delicias: Sierra Las Delicias, Coahuila; ?Formación Olinalá: Guerrero, México.

**Distribución temporal.** Para el Wordiano de Estados Unidos (Texas) y de México (Coahuila, ?Guerrero), así como para el Capitaniano de Texas y Coahuila.

Suborden Adrianitina Schindewolf, 1931

Superfamilia Adrianitaceae Schindewolf, 1931

Familia Adrianitidae Schindewolf, 1931

Subfamilia Adrianitinae Schindewolf, 1931

Género *Pseudagathiceras* Schindewolf, 1931

**Especie tipo.** *Pseudagathiceras wichmanni* Haniel, 1915; del Wordiano de Timor.

*Pseudagathiceras difuntense* Miller, 1944

(Lám. 1 figs. B-C)

v1944 *Pseudagathiceras difuntense* Miller , p. 101, fig. 15A, C, lám. 29, figs. 6-12.

**Material.** Tres ejemplares que corresponden a las partes de la concha recristalizada en calcita, reportados para la localidad Las Difuntas-18, correspondientes al estrato LDA, DP26-28.

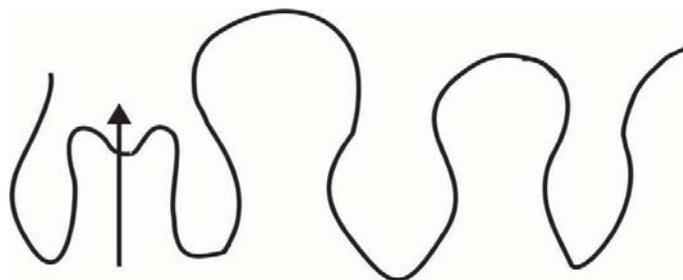
**Descripción.** La mayoría de los ejemplares tienen un tamaño de 15 a 50 mm, la forma es subpaquicónica e involuta, el ombligo es amplio de acuerdo a las dimensiones del organismo. El ejemplar DP27 (lám. 1 fig. C) presenta algunos fragmentos de la concha externa, son distinguibles costillas o liras longitudinales, también es observable constricciones

perpendiculares a la volución del fósil. La línea de sutura es del tipo goniatítico, con un lóbulo ventral bifurcado, el primer lóbulo es angosto y parece tener un sentido hacia el vientre, los lóbulos laterales asemejan a la figura de un diamante y las sillas están bien redondeadas.

**Discusión.** De acuerdo con la descripción de Miller (1944) la especie *Pseudagathiceras difuntense* presenta costillas longitudinales en su ontogenia adulta, tal como el ejemplar descrito para este trabajo, sin embargo en su máxima madurez parece formar espinas en la cámara de habitación, difíciles de conservar. Los ejemplares descritos en este trabajo no tienen una preservación completa de la concha por lo cual es difícil distinguir características como la ornamentación. La línea de sutura está compuesta por un lóbulo ventral bífido, y lóbulos laterales con terminación puntiaguda, las cuales van decreciendo hacia el ombligo (fig. 21), al igual como se observa en la figura 22 coincidente para la especie reportada en este trabajo.



**Figura 21.** Sutura madura de *Pseudagathiceras difuntense* (Miller, 1944), ejemplar YPM 16306. Modificado de Miller, 1944, p. 102, fig. 15.



**Figura 22.** Sutura del ejemplar DP27 (lám. 1 fig. C), *Pseudagathiceras difuntense* Miller, 1944.

**Distribución geográfica.** Esta especie se ha reportado para la Formación Las Delicias, Coahuila (Zona de *Waagenoceras*) y ?Formación Olinalá, Guerrero, México.

**Distribución temporal.** Para el Wordiano de México (Coahuila, ?Guerrero).

Superfamilia Cyclolobaceae Zittel, 1895

Familia Vidrioceratidae Plummer y Scott, 1937

Subfamilia Neostacheoceratinae Toumanskaya, 1939

Género *Stacheoceras* Gemmellaro, 1887

**Especie tipo.** *Stacheoceras mediterraneum* Gemmellaro, 1887; del Wordiano de Sicilia (Sosio beds).

***Stacheoceras gemmellaroii*** Miller, 1944

(Lám.1 figs. D1-2; Lám. 2 figs. A1-3)

v1944 *Stacheoceras gemmellaroii* Miller, p. 107, lám. 37 fig. 6-9, fig. 18.

1950 *Stacheoceras gemmellaroii* Ruzhencev, p. 184.

1972 *Stacheoceras gemmellaroii* Davis, p. 79.

1977 *Stacheoceras gemmellaroii* Nassichuk, p. 576, lám. 2, fig. 6,7,10; lám. 3, fig. 6, fig.10,11,12B.

**Material.** Nueve ejemplares colectados en la localidad Las Manuelas I, estrato LMN, conservados en nódulos de lutita, corresponden a moldes internos y partes de la concha recristalizada DP02-10.

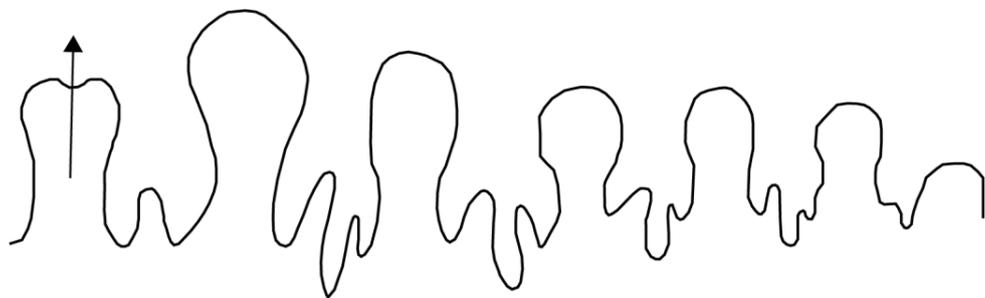
**Descripción.** La concha es subdiscoidal ligeramente alargada y fuertemente involuta, el ombligo es pequeño y estrecho. Los ejemplares solo cuentan con fragmocono, la apertura del organismo es estrecha, la última vuelta es más alta y amplia que las vueltas anteriores. Para el ejemplar DP02 se pueden observar restos de la concha original recristalizada en calcita,

una pequeña porción de la concha recristalizada (Lám 1 D1) permite observar que la ornamentación de la concha consiste en liras retroversas densamente distribuidas. La línea de sutura consta de un lóbulo ventral el cual es alargado y bífido, los lóbulos laterales son trifurcados sin guardar alguna simetría, hacia la zona umbilical estos comienzan a decrecer de igual manera que las sillitas redondeadas.

**Discusión.** El material estudiado es muy semejante en la forma general de la concha a la especie reportada por Miller (1944) *Stacheoceras gemmellaroi*; sin embargo, la ocurrencia de constricciones y líneas de crecimiento para los ejemplares maduros mencionadas por Miller (1944) no fueron observados en los ejemplares descritos en este trabajo. Esto posiblemente por el estado de conservación o al tamaño de los ejemplares, aunque la línea de sutura de siete a ocho lóbulos en estadio maduro reportada por Miller (1944) (fig. 23) coincide con la de los ejemplares del estrato LMN, los cuales presentan seis a siete lóbulos en estadios más juveniles (fig. 24).



**Figura 23.** Sutura madura *Stacheoceras gemmellaroi* (Miller, 1944), posiblemente del ejemplar YPM 16654. Modificado de Miller, 1944, p. 108, fig. 18.



**Figura 24.** Sutura del ejemplar DP03 (lám. 2 fig. A1-3), *Stacheoceras gemmellaroi* (Miller, 1944).

**Distribución geográfica.** Esta especie se ha reportado para la Formación Las Delicias, Coahuila, México (zona de *Waagenoceras*) y para la Formación Cache Creek, Columbia Británica, Canadá.

**Distribución temporal.** Para el Wordiano de México (Coahuila) y Canadá (Columbia Británica).

Familia Cyclolobidae Zittel, 1895

Subfamilia Cyclolobinae Zittel. 1895

Género *Mexioceras* Ruzhencev, 1955

**Especie tipo.** *Mexioceras guadalupense* Girty, 1908; del Wordiano de Texas (Formación Delaware Mountain).

*Mexioceras guadalupense* (Girty, 1908)

(Lám. 3 figs. A-B)

1908 *Waagenoceras cumminsi* var. *guadalupense* Girty, p. 25, 55, 491, 502, lám. 29, figs. 25-26.

1908 *Murchisonia* sp. Girty, p. 478-479, lám. 29, fig. 20.

1917 *Waagenoceras?* *guadalupense*, Böse, p. 170, 171, 175.

1917 *Waagenoceras* sp. Böse, p. 171.

1921 *Waagenoceras guadalupense* Diener, p. 26.

1934 *Waagenoceras guadalupense* King, p. 774.

1937 *Waagenoceras guadalupense* Plummer and Scott, p. 27, 31, 156, 158, 160, 161, 162-164, lám. 39, figs. 1-4.

1937 *Waagenoceras clavatum* Plummer and Scott, p. 156, 160-162, lám. 39, figs. 12-15.

1940 *Waagenoceras guadalupense* Miller and Furnish, p. 163-170, lám. 25, figs. 4-6; lám. 39, figs. 7, 8; lám. 40, figs. 1-7; lám. 41, figs. 1-7; lám. 42, figs. 1-6; lám. 43, figs. 1-3.

1943 *Waagenoceras guadalupense* Miller y Unklesbay, p. 24, lám. 5, fig. 1.

v1944 *Waagenoceras guadalupense guadalupense* Miller, p. 109, lám. 31 fig. 1-3, fig. 19A,B.

1955 *Mexioceras guadalupense* Ruzhencev, p. 702, fig. 1a.

1969 *Mexioceras guadalupense* Davis, p. 110, lám. 5, fig. 4, 5.

1972 *Mexioceras guadalupense guadalupense* Davis, p. 66, lám. 15, fig. 1-4, 7; lám. 17 fig.1-2.

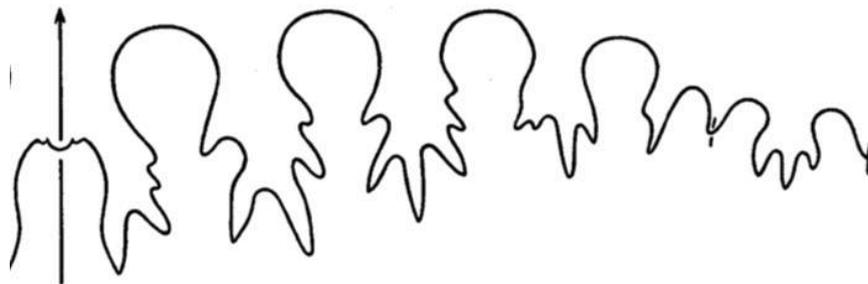
1990 *Mexioceras guadalupense* Bogoslovskaya, fig. 3.

1996 *Mexioceras guadalupensis guadalupensis* Davis, p. 466, fig. 1 F, G.

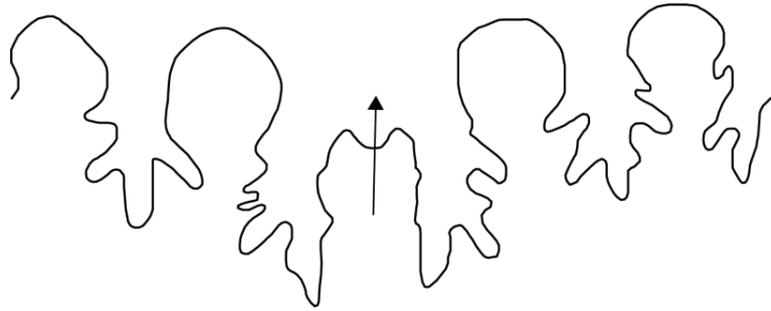
**Material.** Dos ejemplares conservados moldes internos, provenientes de la localidad Las Manuelas I, estrato LMN, DP11; Las Difuntas-18 estrato LDA, DP29.

**Descripción.** La concha es muy globular, fuertemente involuta y ombligo ancho abultado. Se pueden observar líneas de crecimiento perpendiculares al eje de crecimiento. La línea de sutura es ligeramente incurvada, con un lóbulo ventral alargado, angosto y bífido, los subsecuentes lóbulos son denticulados asimétricos, las sillitas son altas y bien redondeadas.

**Discusión.** La especie *Waagenoceras guadalupense* (fig. 25) fue revisada en 1955 por Ruzhencev quien propuso un género nuevo para alojar a este taxón; *Mexioceras guadalupense*, dado que las características son diferentes al género *Waagenoceras*, tal como la zona del ombligo para el género *Mexioceras*, el cual es ancho, además la concha presenta constricciones, la línea de sutura está compuesta por un lóbulo ventral alargado bífido, y presenta las sillitas alargadas (fig. 26). No obstante, ambos géneros aquí mencionados se pueden encontrar juntos en la zona *Waagenoceras*.



**Figura 25.** Sutura madura de *Waagenoceras guadalupense* (Girty, 1908), ejemplar YPM 16658. Modificado de Miller, 1944, p.110 fig.19.



**Figura 26.** Sutura del ejemplar DP11 (lám. 3 fig. A), *Mexioceras guadalupense* (Girty, 1908).

**Distribución geográfica.** Esta especie se ha reportado para la Formación Delaware Mountain y la caliza el Capitán en la región Guadalupe-Delaware al oeste de Texas; Formación Las Delicias, México (zona de *Waagenoceras*).

**Distribución temporal.** Para el Wordiano de Estados Unidos (Texas) y Wordiano de México (Coahuila).

#### Género *Waagenoceras* Gemmellaro, 1887

**Especie tipo.** *Waagenoceras mojsisovicsi* Gemellaro, 1887; del Wordiano de Sicilia (Sosio Beds).

#### *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish, 1940

(Lám. 3 figs. C1-3, D-E; Lám. 4 figs. A1-2, B-F)

1940 *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish, p. 158, lám. 6, fig. 35-39, fig. 46, 47C, 53A.

1943 *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Unklesbay: lám. 5, fig. 2, fig. 8F.

v1944 *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller, p. 112, lám. 25, fig. 7; lám. 31. fig. 6,7; lám.32 fig. 4-8; lám. 33, fig. 1-7; lám. 34, fig. 1-9, fig.21A,B, 22A,C,D, 23. A1-2

1945 *Waagenoceras dieneri* Miller, p. 22, lám. 8, fig. 1.

1947 *Waagenoceras* cf. *W. dieneri* Hayasaka, p. 25, lám. 2, fig. 5.

- 1953 *Waagenoceras dieneri* Miller, p. 81, lám. 24D, fig. 21-23.  
1954 *Waagenoceras* cf. *W. dieneri* Hayasaka, p. 352.  
1960 *Waagenoceras dieneri girtyi* Ruzhencev, fig. 11.  
1970 *Waagenoceras girtyi* Furnish y Glenister, p. 155.  
1972 *Waagenoceras girtyi* Waterhouse, p. 253.  
1972 *Waagenoceras dieneri girtyi* Davis, p. 70.  
1977 *Waagenoceras dieneri girtyi* Nassichuk, p. 581, lám. 3, fig. 7,8, fig. 17,18.  
2000 *Waagenoceras dieneri girtyi* White y Skorina, p. 66.

**Material.** 25 ejemplares recolectados, conservados como moldes internos, reportados para la sección Las Manuelas I, estratos LMN, DP01; LMD,DP12-22; y la sección Las Difuntas-18, estrato LDA, DP32-34;y estrato LDB, DP35-36, FC01-08.

**Descripción.** Las conchas son de paquicónica a globular e involuta. El ombligo es estrecho, todos los ejemplares conservan solamente el fragmocono, la apertura es angosta y ligeramente extendida, no presenta constricciones sin embargo un ejemplar conserva la concha externa en la cual se observan finas liras con crecimiento perpendicular al eje de crecimiento. La sutura tiene un ligero arqueamiento, teniendo al menos siete lóbulos, el lóbulo ventral es ancho y bifido con ciertas protuberancias laterales en la cima, los lóbulos laterales presentan al menos cinco digitaciones y con cierta simetría, la primer silla tiene un cierto arqueamiento hacia la zona ventral, las sillas son redondeadas y estrechas en la base, hacia la zona umbilical, los elementos de la línea de sutura comienzan a decrecer.

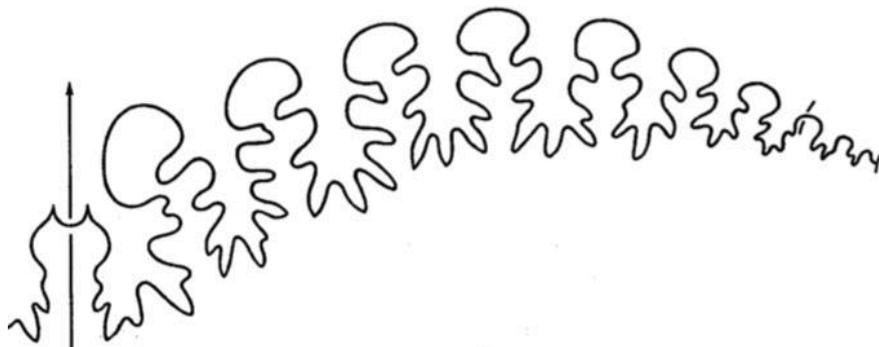
**Discusión.** De acuerdo a los ejemplares descritos por Miller y Furnish (1940), durante el desarrollo ontogénico de esta especie la línea de sutura tiene cambios en las formas de la silla y lóbulos, tal como se puede observar en las figuras 27 (Miller, 1944) y 28 de este trabajo, ambos ejemplares muestran organismos maduros; pero en el caso de las figuras 29 (Miller, 1944) y 30 de este trabajo, representan a individuos maduros de la especie *Waagenoceras dieneri girtyi*. Se puede observar que el lóbulo ventral se estrecha conservando la estructura bifida, los lóbulos laterales aumentan en digitaciones asimétricas, las sillas se observan elongadas con forma de S y presenta una estrangulación en la base. Los ejemplares juveniles y maduros se reportan para la zona de *Waagenoceras*.



**Figura 27.** Sutura de un ejemplar maduro *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940). Modificado de Miller, 1944, p. 119 fig. 21.



**Figura 28.** Sutura del ejemplar DP01 (lám. 3 fig. C1-3), *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940).



**Figura 29.** Sutura madura de *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940). Del ejemplar YPM 16673, lám. 34, figs. 1-2. Modificado de Miller, 1944, p. 113, fig. 22.



**Figura 30.** Sutura del ejemplar FC07 (lám. 4 fig. F), *Waagenoceras dieneri girtyi* (Miller y Furnish, 1940).

**Distribución geográfica.** Formación Word: Texas, Estados Unidos; Formación Las Delicias: Coahuila (zona de *Waagenoceras*), Formación Olinalá: Guerrero y Formación Los Monos: Sonora, México; Formación Cache Creek: Columbia Británica, Canadá.

**Distribución temporal.** Wordiano de Estados Unidos (Texas), México (Coahuila, ?Guerrero, ?Sonora) y Canadá (Columbia Británica).

## 4.2. BIOESTRATIGRAFÍA

El análisis bioestratigráfico se realizó con 62 ejemplares procedentes de las localidades estudiadas: Las Manuelas I y Las Difuntas-18. Con los ammonoideos reportados para ambas localidades se pudo asignar su pertenencia a la zona *Waagenoceras* del Wordiano, Pérmico medio (figura 41).

La localidad Las Manuelas I se caracteriza por la ocurrencia de especies pertenecientes al género *Waagenoceras*. En esta localidad se encontraron los taxones: *Waagenoceras dieneri girtyi*, *Eumedlicottia burckhardti*, *Roadoceras roadense*, *Stacheoceras gemmellaroi* y *Mexioceras guadalupense*. Mientras que para la localidad Las Difuntas-18 se reportan los taxones: *Waagenoceras dieneri girtyi*, *Eumedlicottia burckhardti*, *Pseudagathiceras difuntense* y *Mexioceras guadalupense*.

Desde el trabajo de Miller en King *et al.*, (1944), la Formación de Las Delicias sirvió de comparación con las formaciones de edades pérmicas en Estados Unidos, debido a la cercanía y posición geográfica actual, pero los organismos fósiles son una de las evidencias más notables de la correlación bioestratigráfica entre las regiones antes mencionadas. Miller (1944) reporta el conjunto de los taxones *Bitauioceras* y *Titanoceras*, géneros de nautiloideos; los géneros de ammonoideos: *Medlicottia* (= *Eumedlicottia*), *Pseudogastrioceras* (= *Roadoceras*), *Epithalassoceras*, *Adrianites*, *Pseudagathiceras*, *Stacheoceras*, *Paraceltites*, *Waagenoceras*, y *Mexioceras*, para la zona *Waagenoceras* de edad Wordiana. De igual manera Miller y Furnish (1940) realizaron diversos trabajos con los fósiles provenientes de la región Guadalupe Mountain, la cual representa la zona clásica pérmica para Norteamérica, describiendo a las especies de ammonoideos *Medlicottia burckhardti* (= *Eumedlicottia burckhardti*), *Paraceltites ornatus*, *Pseudogastrioceras roadense* (= *Roadoceras roadense*), *Waagenoceras dieneri* y *Waagenoceras guadalupense* (= *Mexioceras guadalupense*) para la parte media de la Formación Delaware Mountain. Dichas especies se encuentran representadas también para la Formación Word (Wordiano), Glass Mountain, Texas; junto con los géneros *Adrianites* y *Agathiceras*.

Por lo tanto el conjunto de especies reportadas para las localidades wordianas de Estados Unidos son coincidentes con las reportadas por Miller (1944) y para las descritas en este trabajo en Las Formación Las Delicias, Coahuila, México.

## CAPITULO 5 DISCUSIÓN

### 5.1. CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS

#### 5.1.1 LAS MANUELAS I

Dentro de la localidad Las Manuelas I se pueden ubicar dos afloramientos con abundantes ammonoideos del Pérmico medio, los cuales fueron considerados por Galeana-Morán (2018) y Torres-Martínez *et al.*, (2019), como una sola sucesión de 330 m de espesor. Sin embargo, para el presente trabajo se propone que esta localidad, en realidad, está dividida en dos sucesiones estratigráficas diferentes, pertenecientes a la misma unidad. Esto se fundamenta, en que se volvió a medir la sección mencionada previamente y se detectaron diferencias litológicas y fosilíferas importantes entre los dos afloramientos. El primero, presenta un espesor de 60 m, desde la base de areniscas hasta la cima, donde hay intercalación de calcarenitas y lutitas. Los autores mencionados describieron diversos órdenes de braquiópodos para la misma localidad, los cuales son representantes del Pérmico medio (Wordiano-Capitaniano). De acuerdo con Galeana-Morán (2018), los braquiópodos rictofénidos son característicos de facies arrecifales de aguas someras, lo cual no coincide con el siguiente afloramiento, perteneciente también a la localidad Las Manuelas I. Este se compone principalmente de lutita negra fosilífera, en donde se han reportado únicamente ammonoideos. Esta localidad, tiene similitud con lo descrito por Mckee *et al.*, (1999) para el litosoma San Pedro, descrito como un bloque perteneciente a ambientes más someros de grano grueso, en donde se encuentran depósitos pelágicos compuestos por lutita negra rica en ammonoideos. Posiblemente, la unidad en la cual se encuentra el estrato LMD tuvo un deslizamiento hacia zonas más profundas, correspondientes al banco de lutita LMN.

El análisis bioestratigráfico de la localidad Las Manuelas I arrojó resultados confiables a partir de la asociación de ammonoideos presentes. Previamente, Galeana-Morán (2018) reportó que los braquiópodos descritos en esta localidad presentaban un alcance estratigráfico del Wordiano-Capitaniano, sin embargo, menciona que debido a la ocurrencia del ammonoideo del género *Timorites*, es que a esta unidad se le asignó una edad capitaniana. Posteriormente, Torres-Martínez *et al.*, (2019) también describieron otros braquiópodos de la misma unidad, los cuales se ubicaron entre el Wordiano y el Capitaniano, mencionando

que existía una correlación temporal de los taxones con el Capitaniano, apoyando el resultado con el reporte previo del ammonoideo mencionado. No obstante, el hallazgo de una asociación de ammonoideos en el estrato LMD, compuesta de diferentes especies típicas del Guadalupiano medio, tal como *Eumedlicottia burckhardti*, *Roadoceras roadense* y *Waagenoceras dieneri girtyi*, permitió establecer una edad wordiana (zona de *Waagenoceras*) para las rocas portadoras. Con respecto al banco de lutita negra (LMN), se detectó la presencia de otras especies, como *Waagenoceras dieneri girtyi*, *Stacheoceras gemmellaroi* y *Mexioceras guadalupense*, las cuales, de acuerdo con las asociaciones descritas por Miller y Furnish (1940) para las cuencas pérmicas de Norteamérica y lo reportado por Miller (1944) para el flanco La Difunta, se sugiere que también puede asociarse al Wordiano (zona de *Waagenoceras*).

Siendo así, se plantea reconsiderar la edad de las Manueles I mencionada en trabajos anteriores, ya que la asociación de ammonoideos ha permitido afinar el intervalo de tiempo en que se depositaron los estratos de la unidad, ubicándolos en el Guadalupiano medio. Sin embargo, dadas las dificultades para observar una continuidad lateral de los estratos portadores, el autor considera asignar un rango de edad del Wordiano-Capitaniano para dicha localidad. Además, el registro del género *Timorites* en las rocas de la localidad pudo deberse a diferentes situaciones: 1) que el ejemplar perteneciera en realidad al género *Waagenoceras*, ya que ambos, presentan una línea de sutura parecida (en cuanto al lóbulo ventral y lóbulos con diversas digitaciones) durante el estadio de madurez, 2) una identificación imprecisa por la conservación del ejemplar o 3) que el ejemplar fuera transportado del afloramiento original.

### 5.1.2. LAS DIFUNTAS-18

Para la localidad Las Difuntas-18 se consideró que cada estrato fue originado por eventos de deslizamiento, atribuyéndolo a diferentes características presentes en campo; para el estrato LDA, los bloques de calcarenita en los que únicamente se han podido reportar ammonoideos y nautiloideos (organismos neotónicos) son de una litología diferente a los cantos de arenisca en los que se observa estratificación cruzada y diferente granulometría. Ambas litologías se

encuentran dentro de una matriz arenosa, por tal motivo se considera que los bloques que conforman al estrato LDA pertenecen a diferentes fuentes. Respecto al estrato LDB, se reportan dos litogías diferentes, la más abundante se trata de una calcarenita con abundantes valvas de braquiópodos y fragmentos de ammonioideos, además de que se ha reportado la presencia de un pigidio de trilobite. Dentro de este estrato se observan lentes de caliza con abundantes fusulínidos, que de acuerdo con las descripciones realizadas por Dunbar (1944) para dichos organismos registrados en la Formación Las Delicias y posteriormente con los registros paleoambientales y ubicación espacial por Flügel (2010), estos organismos son típicos de una zona lagunar de aguas someras restringidas. Por lo anterior se considera que el lente de caliza tiene un origen paleoambiental diferente a la calcarenita; además, la continuidad lateral no es apreciable en el afloramiento.

Los estudios previos realizados por Sour-Tovar *et al.*, (2016) y Galeana-Morán (2018) para la localidad Las Difuntas-18, reportaron la presencia de trilobites y braquiópodos richtofénidos, los cuales se pudieron encontrar en paleoambientes arrecifales, tal como en el estrato LMD para Las Manuelas I. Sour-Tovar *et al.*, (2016) reportaron la presencia de *Anisopyge perannulata* y *Ditomopyge* cf. *D. whitei* en esta unidad, proponiendo una edad del Wordiano-Capitaniano (Guadalupiano medio-tardío) para la localidad de Las Difuntas-18.

Sin embargo, la asociación de ammonioideos encontrados en esta localidad, se compone de las especies *Eumedlicottia burckhardti*, *Waagenoceras dieneri girtyi*, *Mexioceras guadalupense* y *Pseudagathiceras difuntense* para los bloques de calcarenita del estrato LDA, así como *Waagenoceras dieneri girtyi* y *Eumedlicottia burckhardti* para el estrato LDB. El hallazgo de estos taxones permite sugerir que la asociación pertenece a la zona de *Waagenoceras* con una afinidad al Wordiano, de acuerdo con lo señalado por los autores Miller y Furnish (1940) y Miller (1944).

### 5.1.3. ZONA WAAGENOCERAS

Como se mencionó en los apartados anteriores, el análisis bioestratigráfico de los 62 ejemplares de ammonioideos reportados para las dos localidades estudiadas (Las Manuelas I

y Las Difuntas-18) permitió identificar una relación con la zona *Waagenoceras* del Pérmico medio. Cabe señalar que para las 12 especies reportadas para el género *Waagenoceras* (Leonova, 2002), nueve de estas se reportan para el Wordiano y solo tres para el Capitaniano, incluido *Waagenoceras karpinskyi* descrito por Miller (1944) para la zona de *Timorites*, localizado en La Formación Las Delicias. Esta zonación se estableció con base en la alta abundancia y amplia distribución de los diferentes taxones estudiados, además de que ha sido utilizada en trabajos anteriores tanto en México como en otras partes del mundo.

Junto con el género *Waagenoceras*, se reportan otros ammonoideos asociados, los cuales permitieron asignar una edad wordiana a los estratos portadores (tabla 3). Cabe recordar, que otros grupos de fósiles índice (p.e. fusulínidos, conodontos y braquiópodos) han sido utilizados previamente para poder afinar la edad de las localidades de la Formación Las Delicias; sin embargo, estos taxones han presentado alcances estratigráficos ligeramente más amplios a los esperados, principalmente entre el Wordiano y el Capitaniano.

**Tabla 3.** Lista de ammonioideos Wordianos coétaneos para Norteamérica.

		México			Estados Unidos		Canadá
		Coahuila	Guerrero	Sonora	Texas		Columbia Británica
Wordiano	Especies	Fm. Las Delicias	Fm. Olinálá	Fm. Los Monos	Fm. Word	Fm. Delaware Mountain	Fm. Cache Creek
	<i>Waagenoceras dieneri</i>	—	?	?	—		—
	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>	—			—	—	—
	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>	—					—
	<i>Roadoceras roadense</i>	—	?		—	—	
	<i>Pseudagathiceras difuntense</i>	—	?				
	<i>Mexioceras guadalupense</i>	—				—	
		Guadalupiano					

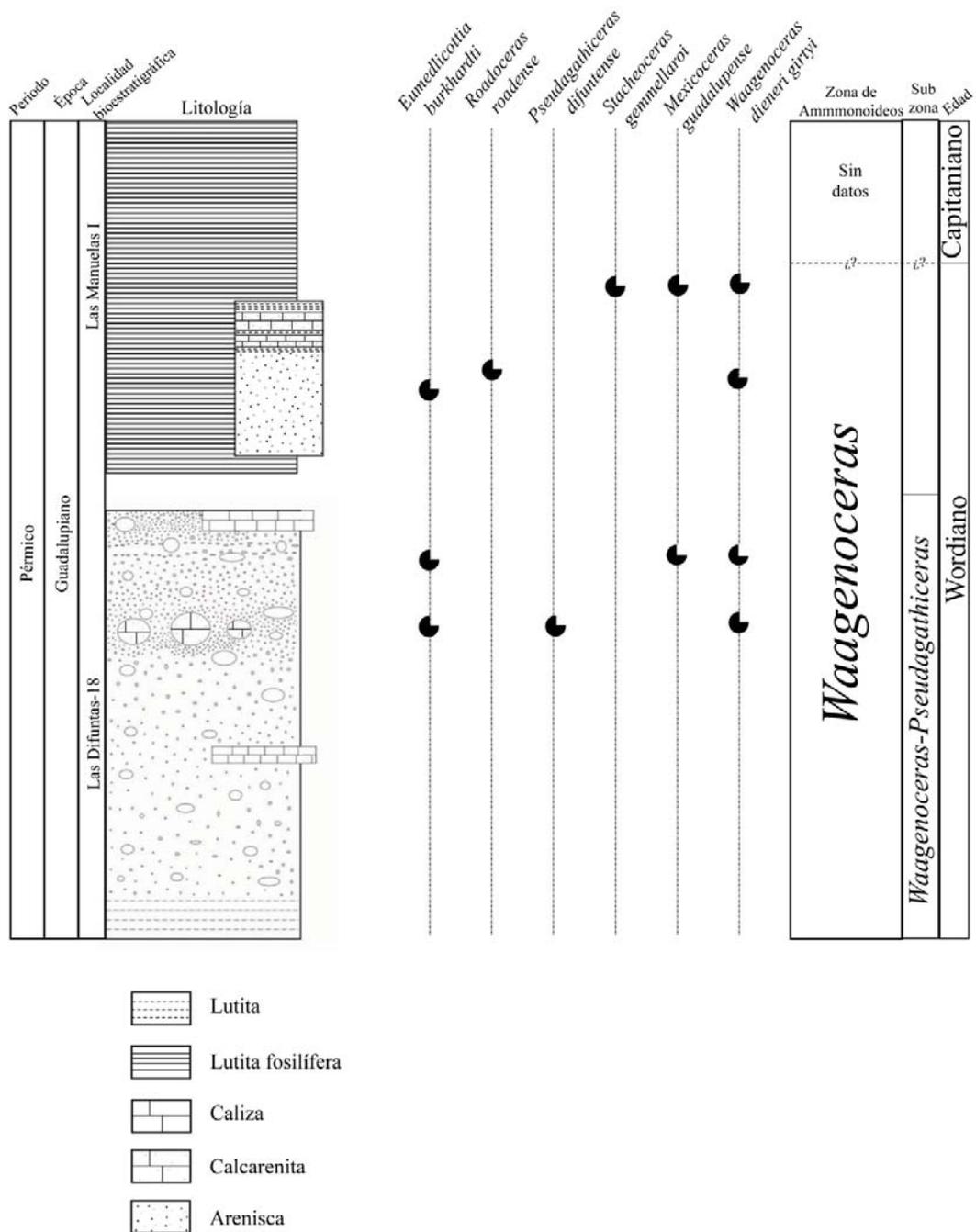
#### 5.1.4. SUBZONA *WAAGENOCERAS-PSEUDAGATHICERAS*

Para la localidad Las Difuntas-18, el conjunto de ammonioideos tiene gran similitud con localidades del oeste de Texas pertenecientes al Wordiano, es por eso que este trabajo propone una subzona para dicha localidad: Subzona *Waagenoceras-Pseudagathiceras*. Dentro de esta subzona se reconocen cuatro taxones: *Eumedlicottia burckhardti*, *Waagenoceras dieneri girtyi*, *Mexioceras guadalupense* y *Pseudagathiceras difuntense* (fig. 31).

Con respecto a esto, *Pseudagathiceras wichmanni* es reconocida como la especie tipo de los estratos wordianos de Timor, al igual que las especies *P. difuntense* y *P. spinosum* de edad wordiana que ocurren en los afloramientos de Coahuila (datos por Miller, 1944); no obstante solo una especie del género *Pseudagathiceras* (*P. omatum*) proviene de una edad capitaniense, presente en la Formación Ochiai de Japón (Leonova, 2002). Aunque la localidad de Las Difuntas-18 se encuentra dominada por el género *Waagenoceras*, es evidente la ocurrencia de la especie *Pseudagathiceras difuntense* el nivel LDA, reportada anteriormente para el Wordiano de Las Delicias (Miller, 1944).

Por lo tanto, se considera que el uso de este género, junto con *Waagenoceras* permiten señalar que los estratos portadores presentarían una edad wordiana. Otros proxies (p.e. fusulínidos) también podrían ayudar a corroborar esta subzonación, ya que, la zonación de fusulínidos realizada por Tellez-Girón y Nestell (1983) propone para la zona de *Parafusulina* un rango de edad del Wordiano-Capitaniense; esto para las unidades informales Palo Quemado y La Difunta.

Para la localidad Las Manuelas I, debido a la complejidad de su estratigrafía, el uso de la subzona *Waagenoceras-Pseudagathiceras* quedaría restringido únicamente a la zona *Waagenoceras*. La ausencia del género *Pseudagathiceras* en Las Manuelas I pudo deberse a 1) poca distribución y pobre abundancia de la especie *Pseudagathiceras difuntense* en la región, o 2) dificultades para su identificación debido a la mala conservación o pequeña talla de acuerdo a su diámetro (fig. 31).



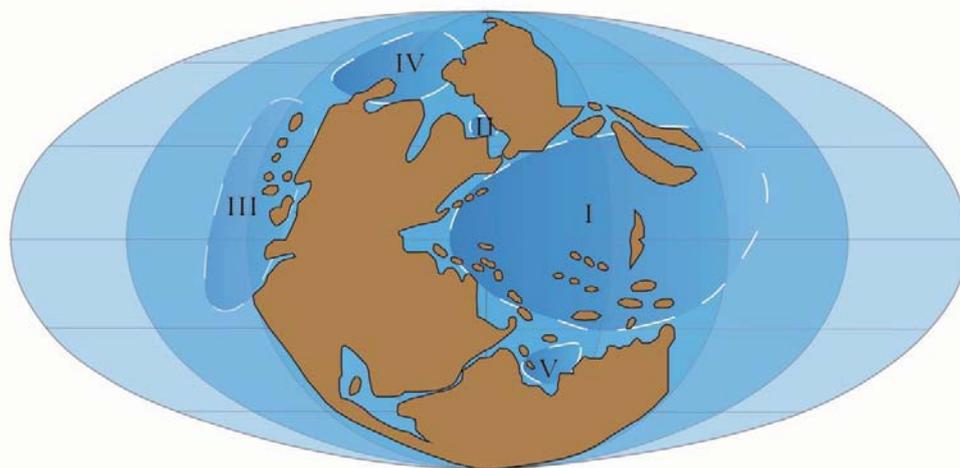
**Figura 31.** Columnas estratigráficas representativas para las dos localidades estudiadas, donde se muestran la distribución y zonación de los ammonioideos descritos.

## 5.2. PALEOBIOGEOGRAFÍA

Los ammonoideos tuvieron una amplia distribución a finales del Paleozoico, siendo mucho más relevante a lo largo del Pérmico. De acuerdo con Leonova (1999, 2005, 2011), los ammonoideos wordianos están mejor representados en la parte occidental del antiguo Océano Tethys, ubicados en las costas del norte de Gondwana, en lo que actualmente son las cuencas de Sicilia, Túnez, Oman, Kurdistán, Crimea, Croacia, Grecia y Timor. Por lo que se ha propuesto que al comienzo del Pérmico medio, entre el 78 y el 96% de todos los géneros conocidos provenían del Reino Paleotethys (fig. 32). Con respecto a esto, Blendinger *et al.*, (1992) reportaron que había una vía marítima a lo largo de la costa norte de Gondwana, la cual conectaba las regiones mencionadas y permitía el intercambio de faunas. Con relación a las biotas del oeste de Pangea, Zhou, (1985, 2007, 2017) reconoció la presencia de ammonoideos norteamericanos en las cuencas del sur de China, representados por los géneros *Mexioceras* y *Eoaraxoceras*, con lo que propuso la zona de *Waagenoceras* para los estratos de edad wordiana. Con esta ocurrencia, Zhou (2017) sugirió que durante el Pérmico se desarrollaron vías orientales marítimas que permitieron el intercambio faunístico entre las cuencas de América del Norte (Texas y México) y el Paleotethys a través del Océano Panthalassa. Estos intercambios de biota entre ambas regiones podrían explicar la gran diversidad y el pobre endemismo de ammonoideos para el Pérmico medio, tal como se ha propuesto para otros invertebrados, como los braquiópodos (Shen *et al.*, 2009, 2011; Tazawa *et al.*, 2016; Torres-Martínez *et al.*, 2019).

El género *Waagenoceras* es un elemento característico del Guadalupiano (Pérmico medio), con reportes de África (Túnez), América (EUA, México), Asia (Oman, Kurdistán, China, Timor Oriental) y Europa (Italia). El taxón está abundantemente representado en las localidades Las Manuelas I y Las Difuntas-18, el cual fue reportado por primera vez por Miller (1944) para la Formación Las Delicias, posteriormente, fue registrado por Cooper *et al.*, (1953) para la Formación Monos, y después por González-Arreola *et al.*, (1994) y Garibay-Romero, (2000) para la Formación Olinalá. Considerando al género *Eumedlicottia*, este se ha reportado en África (Túnez), América (EUA, México), Asia (Oman, Kurdistán, China) y Europa (Italia). En México, se ha registrado para las localidades Las Manuelas I y

Las Difuntas-18, reportado por primera vez para Coahuila por Miller (1944), y más adelante por González-Arreola *et al.*, (1994) en Guerrero.



**Figura 32.** Distribución de Reinos de ammonoideos durante la paleogeografía del Wordiano, I Reino del Paleotethys, II Reino Uraliano, III Reino Americano, IV Reino Artico y V Reino Australiano. Modificado de Leonova (2011).

El género *Stacheoceras* se distribuye en África (Tunéz), América (Columbia Británica, EUA, México), Asia (Oman, Kurdistan, China, Timor Oriental) y Europa (Italia). En México, ocurre en las localidades Las Manuelas I y Las Difuntas-18, reportado por primera vez para la Formación Las Delicias por Miller (1944), y después mencionado por González-Arreola *et al.*, (1994) para la Formación Olinalá. Con respecto al género *Pseudagathiceras*, descrito para la región de América, en México se describe para la localidad Las Difuntas-18 y fue reportado por primera vez para la Formación Las Delicias por Miller (1944). En cuanto al género *Mexioceras*, sucede una situación similar con la sinonimia, ya que los taxones reportados en Asia (Kurdistán) se asignan al género *Kurdiceras*, mientras que en la región de Timor se emplea *Cyclolobus*, sin embargo, para China si es utilizado el término *Mexioceras*, pero en Europa (Italia) es reconocido como *Waagenoceras*. Este género se describió por primera vez con ejemplares de México por Miller (1944), y es reportado en este trabajo para la localidad Las Manuelas I. Un caso particular es el del género *Roadoceras*, ya que solo se encuentra reportado para la región de Norteamérica, pudiendo ser un género endémico del Reino Americano; no obstante, faltaría corroborar que la taxonomía no sea errónea o esté desactualizada (Leonova, 2002). En México se reporta por primera vez para la Formación

Las Delicias por Miller (1944), denominándolo como *Pseudogastrioceras*, el cual también fue registrado en Guerrero, México, por González-Arreola *et al.*, (1994); sin embargo, de acuerdo con las últimas actualizaciones taxonómicas (Leonova, 2002) es reconocido como *Roadoceras* para la localidad Las Manuelas I (fig. 33).

Con lo anterior se confirma la hipótesis propuesta por Leonova (2005), la cual indica que dadas las similitudes taxonómicas de las comunidades de ammonoideos de las cuencas de Norteamérica pertenecientes al Reino Americano, y las cuencas del Reino Paleotethys es posible señalar que hubo una conexión razonablemente estrecha entre ambas regiones. Esta pudo haber estado influenciada por diversos factores climáticos y geográficos, resaltando la comunicación marítima a través del Océano Panthalassa como un importante pasaje que comunicaba las biotas de las dos regiones.



**Figura 33.** Principales localidades de ammonoideos para el Wordiano. Modificado de Leonova (2011).

## CAPITULO 6 CONCLUSIONES

- La descripción taxonómica de los ammonioideos, perteneciente a la localidad Las Manueles I permitió identificar a las especies *Eumedlicottia burckhardti*, *Waagenoceras dieneri girtyi*, *Mexioceras guadalupense*, *Stacheoceras gemmellaroi* y *Roadoceras roadense*. Mientras que para la localidad Las Difuntas-18 se identificaron las especies *Eumedlicottia burckhardti*, *Waagenoceras dieneri girtyi*, *Mexioceras guadalupense* y *Pseudagathiceras difuntense*. Dichas descripciones y actualizaciones representan un avance en el conocimiento de los ammonioideos del Pérmico medio de México.
- De acuerdo a los estudios filogenéticos hechos en las últimas décadas por otros autores, se decide actualizar el nombre a nivel genérico y específico de los taxones *Eumedlicottia burckhardti*, *Mexioceras guadalupense* y *Roadoceras roadense*, que se describieron para el área Las Delicias durante el siglo pasado.
- Las localidades estudiadas se correlacionan con el litosoma La Cría (Mckee *et al.*, 1999) y con la unidad informal La Difunta propuesta por Wardlaw *et al.*, (1979).
- El estudio bioestratigráfico permitió identificar la zona *Waagenoceras* del Wordiano. Esta zonación es reconocida en otras localidades de la Formación Las Delicias, así como es otras regiones coetáneas de Norteamérica.
- Con base en la zonación reconocida y al conjunto de ammonioideos descritos se propone el uso de una subzona *Waagenoceras-Pseudagathiceras* para la localidad Las Difuntas-18, perteneciente a Las Delicias.
- Las asociación de ammonioideos estudiada presentó, en su mayoría, taxones que durante el Pérmico medio tuvieron una amplia distribución global, con poco endemismo. La presencia de estos grupos cosmopolitas en la Formación Las Delicias confirma la hipótesis de que el Reino Americano de ammonioideos tenía vías de

intercambio faunístico con el Reino del Paleotethys en el Wordiano (Guadalupiano medio).

- Las especies reportadas en este trabajo han sido reconocidas como taxones pertenecientes al Reino Americano, corroborando la conexión marina que hubo entre las cuencas del sur de los Estados Unidos y el norte de México durante el Pérmico medio.

## LITERATURA CITADA

Agassiz, L., (1847): *An Introduction to the Study of Natural History: en a Series of Lectures Delivered in the Hall of the College of Physicians and Surgeons, New York.* Greeley & McElrath.

Arkell, W. J., Furnish, W. M., Kummel, B., Miller, A. K., Moore, R. C., Schindewolf, O. H., Sylvester-Bradley, P. C., y Wright, C. W., (1957): *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4.* Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, KS, pp 512.

Becker, R. T., (1993a): *Analysis of ammonoid palaeobiogeography in relation to the global Hangenberg (terminal Devonian) and Lower Alum Shale (Middle Tournaisian) events,* *Ann. Soc. Geol. Belg,* pp. 459-473.

Becker, R. T., (1993b): *Anoxia, eustatic changes, and Upper Devonian to lowermost Carboniferous global ammonoid diversity, en: The Ammonoidea: Environment, Ecology and Evolutionary Change.* Systematics Association Spec. Vol. 47 (M. R. House, ed.), Clarendon Press. Oxford, pp. 115-163.

Blendinger, W., Furnish, W.M., and Glenister, B.F., (1992): *Permian Cephalopod Limestones, Oman Mountains: Evidence for a Permian Seaway along the Northern Margin of Gondwana,* *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.,* vol. 93, nos. 1–2, pp. 13–20.

Bogoslovskaya, M.F., (1990): *Major Evolutionary Trends and Classification of the Late Paleozoic Ammonoids Marathonitaceae and Cyclolobaceae,* en *Tr. Paleontol. Inst., Akad. Nauk SSSR (Moscow),* vol. 243, pp. 70–86.

Böse, E., (1917): *The Permo-Carboniferous ammonoids of the Glass Mountains, west Texas, and their stratigraphical significance.* University of Texas Bulletin, 1762, pp.1–241.

Böse, E., (1921): *On the Permian of northern Coahuila, northern Mexico.* American Journal Science. 1, pp. 187–194.

Böse, E., (1923): *Vestiges of an ancient continent in northeast Mexico*. American Journal Science 6, pp. 127–136, 196–214, 310–337.

Boyle, P ., y Rodhouse, P ., (2005): *Cephalopods: ecology and fisheries*. Blackwell Science, pp. 1-6.

Cantú-Chapa, A., (1997): *Los cefalópodos del Paleozoico de México*. Geociencias, no. 1, pp. 1–130.

Clifton, R. L., (1946): *Middle Permian Cephalopoda from Texas and New Mexico*. Journal of Paleontology, 20 (6): 556-559, pl.85.

Closs, D., (1967): *Goniatiten mit Radula und Kieferapparat in der Itararé- Formation von Uruguay*. Paläontologische Zeitschrift, Volume 41, Number 1-2, pp.19.

Cooper, G.A., Dunbar, C.O., Duncan, H., Miller, A.K. y Knight, J.B. (1953): *Permian fauna at El Antimonio western, Sonora, México*. Smithson. Misc. Collect. 119 (2), pp. 1-111.

Davis, R. A., (1972): *Mature modification and dimorphism in selected late Paleozoic ammonoids*, Bulletin American Paleontology 62 (272): 23–130.

Davis, R. A., Furnish, W. M., and Glenister, B. F., (1969): *Mature modification and dimorphism in late Paleozoic ammonoids*, en: Sexual Dimorphism in Fossil Metazoa and Taxonomic Implications, International Union of Geological Sciences, Ser. A, No. 1 ( G. E. G. Westermann, ed.), E. Schweizerbart'sche, Stuttgart, pp. 101–110.

Davis, R. A., Landman, N. H., Dommergues, J. L., Marchand, D., & Bucher, H., (1996): *Mature modifications and dimorphism in ammonoid cephalopods* en Ammonoid paleobiology, Springer, Boston, MA, (pp. 463-539).

Diener, C., (1921): *Ammonoidea permiana, Fossilium catalogus*. 1. Animalia. B., part 14, pp. 1–36.

Dunbar, C.O., (1944): *Part II: Permian and Pennsylvanian(?) fusulines* en: King, R.E., Dunbar, C.O., Cloud Jr.P.E., Miller, A.K. (Eds.), *Geology and Paleontology of the Permian Area Northwest of Las Delicias, Southwestern Coahuila, Mexico*. vol. 52. Geological Society of America Special Papers, pp. 35–49.

Etches, S., Clarke, J., Callomon, John, (2009): *Ammonite eggs and ammonitellae from the Kimmeridge Clay Formation (Upper Jurassic) of Dorset, England*. *Lethaia*, vol. 42, pp. 204–217.

Flügel, E., (2010): *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 994.

Furnish, W.M., (1966): *Ammonoids of the Upper Permian Paratirolites Limestone of Julfa (East Azer- baijan, Iran)*. *Journal of Systematic Palaeontology*, 14, pp. 841–890.

Furnish, W.M., (1973): *Permian stage names* en: Logan, A. & Hills, L.V. (eds) *Permian and Triassic Systems and Their Mutual Boundary*. Canadian Society of Petroleum Geologists, *Memoirs*, 2, pp. 522–548.

Furnish, W.M. y Glenister, B.F., (1970): *Permian Ammonoid Cyclolobus from the Salt Range, West Pakistan, in Stratigraphic Boundary Problems: Permian and Triassic of West Pakistan*, Kummel, B. and Teichert, C., Eds., Kansas Univ. Press, pp. 153–175.

Galeana-Morán, M.A., (2018): *Braquiópodos richtofénidos del Pérmico medio (Guadalupiano) de la Formación Las Delicias, Coahuila, México: Implicaciones paleoambientales*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, pp 82.

Garibay-Romero, L.M., (2000): *Nuevos amonitas pérmicos de la Formación Olinalá-Los Arcos, Olinalá, Gro., México* (resumen), en *II Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra*, Puerto Vallarta, Jal., Unión Geofísica Mexicana, GEOS, Resúmenes y programa, 20(3), pp 299.

Gemmellaro, G.G., (1887): *La fauna dei calcari con Fusulina della valle del fiume Sosio nella provincia di Palermo*, *Giorn. Sci. Nat. ed Econ.*, vol. 19, pp. 1–106.

- Girty, G. H., (1908): *The Guadalupian Fauna*, Professional Papers, U.S. Geological Survey, 58: pp. 1-651, lám.1-31.
- Glenister, B.F. y Furnish, W.M., (1961): *The Permian ammonoids of Australia*. *Journal of Paleontology*, 35, pp. 673–736.
- Glenister, B. F., y Furnish, W. M., (1981): *Permian Ammonoids en: The Ammonoidea, Systematics Association*, Spec. Vol. 18 (M. R. House y J. R. Senior, eds.), Academic Press, London, pp. 49-64.
- González-Arreola, C., Villaseñor-Martínez, A.B., Corona-Esquivel, R., (1994): *Permian fauna of the Los Arcos Formation, municipality of Olinalá, State of Guerrero, México*. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 11, Número 2: pp. 214-221.
- Haack, W., (1914): *Ueber eine marine Permfauna aus Nordmexiko nebst Bemerkungen über Devon daselbst*. *Z. Dtsch. Geol. Ges*, pp. 482–504.
- Haarmann, E., (1913): *Geologische streifzüge in Coahuila*. *Z. Dtsch. Geol. Ges.* 45, pp. 18–47.
- Haniel, C.A., (1915): *Die Cephalopoden der Dyas von Timor*, *Paleontol. Timor*, vol. 3, no. 6, pp. 1–153.
- Hayasaka, I., (1947): *A Permian Cephalopod Faunule from Chekiang Province, China*. *Acta Geologica Taiwanica*, 1 (1): pp. 13-37, 5 figs., lám.1-2.
- Hayasaka, I., (1954): *Younger Paleozoic cephalopods from the Kitakami Mountains, Japan*. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University*, (4) 8: pp. 361-374.
- Heredia-Jiménez, D.P., Alanís-Pavón, A., Quiroz-Barragán, J., Becerra-Rodríguez, G., Torres-Martínez, M.A., (2019): *Braquiópodos del Pérmico medio (Wordiano) de las Delicias, Coahuila, México*. *Paleontología Mexicana*; 8(2), pp. 89-96.
- House, M. R., (1983): *Devonian eustatic events*. *Proc. Ussher Soc.* 5, pp. 396-405.

House, M. R., (1985): *Correlation of mid-Paleozoic ammonoid evolutionary events with global sedimentary perturbations*. Nature 313, pp. 17-22.

House, M. R., (1989): *Ammonoid extinction events* en: *The Chronology of the Geological Record* (E. J. Snelling. ed.). Phil. Trans. R. Soc. Lond. [Biol.]325: pp. 307-326.

Humphrey, W.E., (1955): *Permian glaciation in northern Mexico?* Geol. Soc. Am. Bull. 66, pp. 1319–1324.

Hyatt, A., (1884): *Genera of fossil cephalopods*, Boston Society of Natural History, Proceedings, 22: pp. 253-338.

Hyatt, A., (1900): *Ammonoidea, Zittel-Eastman: Textbook of Paleontology*, London, New York, vol. 1, pp. 536–592.

Jin, Y.G., Wardlaw, B.R., Glenister, B.F. y Kotlyar, G.V. (1997): *Permian chronostratigraphic subdivisions*. Episodes, 20, pp. 10–15.

Karpinsky, A., (1889): *Über die Ammoneen-Fauna der Artinsk-Stufe und einige denselben verwandte carbonische Formen*, *Mém. Acad. Sci. St. Petersburg*, Ser. 8, vol. 37, no. 2, pp. 1–104.

Kelly, W.A., (1936): *Evolution of the Coahuila peninsula, Mexico-Part II, geology of the mountains bordering the valleys of acatita and las Delicias*. Geol. Soc. Am. Bull. 47, pp. 1009–1038.

King, R.E., (1934): *The Permian of southwestern Coahuila, Mexico*. American Journal of Science, (27), pp. 98-112

King, R.E., Dunbar, C.O., Cloud, P.E., Miller, A.K., (1944): *Geology and Paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, Mexico*. Geological Society of America Special Paper (52), pp. 1-170.

Klug, C. y R. Hoffmann, (2015): *Ammonoid Septa and Sutures. Ammonoid paleobiology*. Springer, Netherlands, pp. 45-90.

Klug, C., Korn, D., De Baets, K., Kruta I., y Mapes, R. H., (2015): *Ammonoid Paleobiology: From Anatomy to Ecology*. Springer Science , pp.926.

Korn, D., y Kullmann, J., (1988): *Changes in clymeniid diversity en: Cephalopods-Present and Past* (J. Wiedmann and J. Kullmann. eds.). Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 25-28.

Korn, D., (2010): *A key for the description of Palaeozoic ammonoids*. Fossil Record 13 (1), pp. 5-12.

Kruta, I., Landman, N., Rouget, I., Cecca, F., Tafforeau, P., (2011): *The Role of Ammonites in the Mesozoic Marine Food Web Revealed by Jaw Preservation*. Science vol, 331, pp. 70-72.

Kullmann, J., (1985): *Drastic changes in Carboniferous ammonoid rates of evolution, en: Sedimentary and Evolutionary Cycles* (U. Bayer and A. Seilacher. eds.). Lect. Notes Earth Sci. 1: pp. 35-47.

Kullmann, J., (1994): *Diversity fluctuations in ammonoid evolution from Devonian to midCarboniferous*. Cour Forschungsinst. Senckenb. 169: pp. 137-141.

Lambert, L. L., Lehrmann, D. J., Harris, M. T., Wardlaw, B. R., Grant, R. E., y Rohr, D. M., (2000): *Correlation of the Road Canyon and Cutoff formations, West Texas, and its relevance to establishing an international Middle Permian (Guadalupian) series* en The Guadalupian symposium. Smithsonian Contributions to the Earth Sciences ,Vol. 32, pp. 153-183.

Leach, W. E., (1817): *The Zoological Miscellany: Being Descriptions of New, Or Interesting Animals*,Vol. 3.

Leonova, T.B., (1999): *Stages in Evolution and Biogeography of Permian Ammonoids, Stratigr. Geol. Correlation*, vol. 7, no. 6, pp. 568–580.

- Leonova, T.B., (2002): *Permian ammonoids: classification and phylogeny*. *Paleontol. J.* 36 (Suppl. 1), pp. 1–114.
- Leonova, T.B., (2005): *Morphological Evolution of Permian Ammonoids*, *Paleontol. J. Suppl.*, vol. 39, no. 5, pp. S573–S586.
- Leonova, T.B., (2009): *Ammonoid Evolution in Marine Ecosystems before Global P/T Crisis*, *Paleontol. J.*, vol. 43, no. 8, pp. 858–865.
- Leonova, T.B., (2010): *Revision of the Permian ammonoid family Cyclolobidae*, *Paleontologicheskii Zhurnal*, 3, pp. 23–30.
- Leonova, T.B., (2011): *Permian ammonoids: biostratigraphic, biogeographical and ecological analysis*. *Paleontological Journal*, 45, pp. 1206–1312.
- Leonova, T.B., (2018a): *Permian ammonoid biostratigraphy*. Borissiak Palaeontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, pp. 20.
- Leonova, T.B. (2018b): *Revision of the Late Paleozoic Family Vidrioceratidae Plummer et Scott (Ammonoidea)*. *Paleontological Journal*, Vol. 52, No. 3, pp. 234–244.
- Liang Xi-luo, (1982): *Some Early Permian Ammonoids from Jilin and Nei Mongol*, *Acta Palaeontol. Sin.*, vol. 21, no. 6, pp. 645–657.
- Linnaeus, C., (1758): *System Naturae per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*, 10(1), pp. 1-184.
- Lukeneder, A., (2001): *Siphuncle Structures in Barremian (Lower Cretaceous) Ammonites from Austria*, *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 102 A, pp. 69–83.
- McKee, J. W., Jones, N. W., Anderson, T. H., (1988): *Las Delicias basin: A record of late Paleozoic arc volcanism in northeastern Mexico*. *Geology*, v. 16, pp. 37-40.
- McKee, J.W., Jones, N.W., Anderson, T.H., (1999): *Late Paleozoic and Early Mesozoic history of Las Delicias terrane, Coahuila, Mexico*, en: Bartolini, C. Wilson, J.L. Lawton,

T.F., *Mesozoic sedimentary and Tectonic history of NorthCentral Mexico*. Geological Society of America Special Paper, v. 340, pp. 161- 189.

Miller, A.K. y Furnish, W.M., (1940): *Permian Ammonoids of the Guadalupe Mountain Region and Adjacent Areas*. Geological Society of America, Special Papers, pp. 26.

Miller, A.K. y Furnish, W.M., (1954): The Classification of the Paleozoic Ammonoids, *Journal Paleontology.*, vol. 28, no. 5, pp. 685–692.

Miller, A.K. y Unklesbay, A.G., (1943): *The Siphuncle of Late Paleozoic Ammonoids*, *Journal Paleontology*, vol. 17, no. 1, pp. 1–25.

Miller, A.K., (1944): *Part IV. Permian cephalopods*, en King, R.E., Dunbar, C.O., Cloud, P.E. Jr., Miller, A.K., (1944): *Geology and paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, Mexico*. Geological Society of America Special Paper, 52, pp. 71–128.

Miller, A.K., (1945): *Some exceptional Permian ammonoids from West Texas*, *Journal of Paleontology*, 19 (1): pp. 14-21

Miller, A.K., (1953): *Cephalopoda*, en Cooper, G.A., Dunbar, C.O., Duncan, H., Miller, A.K. y Knight, J.B. (1953): *Permian fauna at El Antimonio western, Sonora, México*. *Smithson. Misc. Collect.* 119 (2), pp. 81-82.

Müllerried, F. K. G., Miller, A. K. y Furnish, W. M., (1941): *The Middle Permian of Chiapas, southernmost Mexico and its fauna*. *American Journal of Science* 239: pp. 397-406.

Nassichuk, W.W., (1977): *Upper Permian ammonoids from the Cache Creek Group in western Canada*. *Journal of Paleontology*, 51(3), pp. 557-590

Newell, N.D., (1957): *Supposed Permian tillites in northern Mexico are submarine slide deposits*. *Geol. Soc. Am. Bull.* 68, pp. 1569–1576.

Plummer, F.B. and Scott, G., (1937): *Upper Paleozoic Ammonites in Texas*, en *Geology Texas*, vol. 3, no. 37a, Bull. Texas University, no. 3701), pp. 1–516.

Quiroz-Barroso, S.A., Sour-Tovar, F., Quiroz-Barragán, J., (2019): *Dos especies nuevas de Paraconularia (Scyphozoa, Conulariidae) en la Formación Las Delicias, Pérmico Inferior–Medio de Coahuila, México*. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 22, pp. 120-130.

Ruzhencev, V.E., (1949): *Major Types of the Evolutionary Changes in the Suture of Upper Paleozoic Ammonites*, en *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR (Moscow–Leningrad)*, vol. 20, pp. 183–198.

Ruzhencev, V.E., (1950): *Upper Carboniferous Ammonites of the Urals*, en *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR (Moscow)*, vol. 29, pp. 1–220.

Ruzhencev, V.E., (1951): *Lower Permian Ammonites of the Southern Urals: Ammonites of the Sakmarian Stage*, en *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR (Moscow)*, vol. 33, pp. 1–188.

Ruzhencev, V.E., (1955): *Main stratigraphic assemblages of ammonoids of the Permian systems*. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya Biologicheskaya*, 4, pp. 120 – 132.

Ruzhencev, V.E., (1960): *Principles of Systematics, System, and Phylogeny of Paleozoic Ammonoids*, en *Tr. Paleontol. Inst. Akad. Nauk SSSR (Moscow)*, 1960, vol. 33, pp. 1–331.

Ruzhencev, V.E., (1976): *Late Permian ammonoids in the Far East*. *Paleontologicheskii Zhurnal*, 3, pp. 36–50.

Schindewolf, O.H., (1931): *Über den Ammoniten-Sipho*, *Sitzungsb. Preuss. Geol. Landesanst.*, no. 6, pp. 197–209.

Schweigert, G., (2009): *First three dimensionally preserved in situ record of an aptychophoran ammonite jaw apparatus in the Jurassic and discussion of the function of aptychi*. *Berlin, Berliner paläobiologische Abhandlungen* 10, pp. 321-330.

- Sellards, E. H., (1932): *The geology of Texas: stratigraphy*, University of Texas at Austin.
- Shen, S.Z., Xie, J.F., Zhang, H., Shi, G.R., (2009): *Roadian–Wordian (Guadalupian, middle Permian) global palaeobiogeography of brachiopods*. *Global and Planetary Change*. 65, pp. 166–181.
- Shen, S.Z., Tazawa, J., Miyake, Y., (2011): *A Kungurian (early Permian) panthalassan brachiopod fauna from hatahoko in the Mino belt, Central Japan*. *Journal of Paleontology* 85, pp. 553–566.
- Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S. A., Quiroz-Barragán, J., Torres-Martínez, M. A., González-Mora, S., (2016): *Presencia de Anisopyge y Ditomopyge cf. D. whitei (Trilobita, Proetidae) en el Pérmico (Guadalupiano medio) de la Formación Las Delicias, Coahuila, norte de México*. *Paleontología Mexicana*, Volumen 5, num. (2), pp. 103-109.
- Spath, L.F., (1934): *Catalogue of the fossil Cephalopoda en the British Museum (Natural History)*. Part IV, The Ammonoidea of the Trias, pp. 1-521.
- Spinosa, C., Furnish, W.M. y Glenister, B.F., (1970): *Araxoceratidae, Upper Permian ammonoids from the Western Hemisphere*. *Journal of Paleontology*, 44, pp. 730 – 736.
- Spinosa, C. y Glenister, B.F., (2000): *Ancestral Araxoceratinae (Upper Permian Ammonoidea) from Mexico and Iran in Guadalupian Symposium* en: Wardlaw, B.R., Grant, R.E. y Rohr, D.M. (eds) *The Guadalupian Symposium. Smithsonian Contributions to the Earth Sciences*, 32. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 397–406.
- Tazawa, J., Okumura, Y., Miyake, Y., Mizuhara, T., (2016): *A Kungurian (early Permian) brachiopod fauna from Ogama, Kuzu area, central Japan, and its palaeobiogeographical affinity with the Wolfcampian–Leonardian (early Permian) brachiopod fauna of West Texas, USA*. *Paleontological Research* 20 (4), pp. 367–384.
- Tellez-Girón, C. y Nestell, M., (1983): *Microfacies y zonificación del Pérmico de Las Delicias, Coahuila, México*, *Revista del Instituto Mexicano del Petroleo*, v.15 (3), pp.7-45.

Torres-Martínez, M.A., Heredia-Jiménez, D.P., Quiroz-Barroso, S.A, Nava- Parejo, P., Sour-Tovar, F., Quiroz-Barragán, J., (2019): *A Permian (late Guadalupian) brachiopod fauna from northeast Mexico and their paleobiogeographic affinities*. Journal of South American Earth Sciences 92, pp. 41–55.

Toumanskaya, O.G., (1939): *Permian Ammonoids of the Peter the Great Range*, Probl. Paleontol., pp. 138–145.

Villanueva-Olea, R., Quiroz-Barroso, S.A., Quiroz-Barragán, J., Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F. (2020): *Placas columnares de crinoideos de la Formación Las Delicias, Pérmico inferior y medio de Coahuila, México*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. DOI: 10.18268/BSGM2020v73n1a040820

Villaseñor-Martínez, A.B., Martínez-Cortés, A. y Contreras-Montero, B., (1987): *Bioestratigrafía del Paleozoico Superior de San Salvador Patlanoaya, Puebla, México*. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, v.1, n.1, pp. 396-417.

Wanless, H.R., y Cannon, J.R., (1966): *Late Paleozoic Glaciation: Earth Sciences Review*, v.1, pp. 247-286.

Wardlaw, B. R., Furnish, W. M., Nestell, M. K., (1979): *Geology and paleontology of the Permian beds near Las Delicias, Coahuila, México*. Geological Society of America Bulletin, 90/(1), pp.111-116.

Wardlaw, B. R., Rudine, S. F., Nestell, M. K., (2000): *Conodont Biostratigraphy of the Permian Beds at Las Delicias, Coahuila, México* en: Wardlaw, B. R., Grant, R.E., Rohr, D.M., (eds.): *The Guadalupian Symposium*, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 381-398.

Waterhouse, J.B., (1972): *The evolution, correlation, and paleogeographic significance of the Permian ammonoid family Cyclolobidae*. Lethaia, 5 (3): pp 251-270.

White, R. D., y Skorina, L. K., (2000): *A Type Catalog of Fossil Invertebrates (Bryozoa) en the Yale Peabody Museum*. Peabody Museum of Natural History.

Wiedmann, J. y Kullmann, J., (1996): *Chapter 19, Crises in Ammonoid Evolution* en: Landman N.H., Tanabe K., Davis R.A. (eds), (1996): *Ammonoid Paleobiology. Topics in Geobiology*, vol 13. Springer, Boston, New York, pp. 795-800.

Zakharov, Yu.D., (1983): *Growth and Development in Ammonoids and Some Problems of Ecology and Evolution*, en *Sistematika i ekologiya golovonogikh mollyuskov (Systematics and Phylogeny of Cephalopods)*, Leningrad: Zool. Inst., Akad. Nauk SSSR, pp. 26–31.

Zheng, Z. y Chen, G., (1979): *Upper Paleozoic Fossils* en: *Fossil Atlas of Northwest China*, vol. 2, pp.10-18, lám.1-2.

Zhou, Z., (1985): *Several Problems on the Early Permian Ammonoids from South China*, *Palaeontol. Cath.*, vol. 2, pp. 179–209.

Zhou, Z., (2007): *Unusually Large Specimens of the Permian Ammonoid Guiyangoceras from Hunan, South China*, *Paleontol. J.*, vol. 41, no. 2, pp. 123–127.

Zhou, Z., (2017): *Permian basinal ammonoid sequence in Nanpanjiang area of South China-possible overlap between basinal Guadalupian and platform-based Lopingian*. *Journal of Paleontology*, Volume 91, Memoir 74, pp. 1–95.

Ziegler. W., y Lane, H. R., (1987): *Cycles in conodont evolution from Devonian to mid-Carboniferous* en *Palaeobiology of Conodonts* (R. C. Aldridge, ed.). British Micropalaeontological Society, London, pp.147-163.

Zittel, K.A., (1895): *Grundzüge der Paläontologie (Palaeozoologie)*, Munich, pp. 386–435.

### **Páginas electrónicas**

Guadalupian, Permian Middle, (19 octubre de 2020) *Internacional Commission on Stratigraphy* <https://stratigraphy.org/gssps/#permian>

Kullman, J., (31 de agosto de 2020): *Goniat online Paleozoic ammonoid database system* <http://www.goniat.org/index.html>

Peters, S., McClennen, M., Czaplewski, J., (31 de agosto de 2020): *The paleobiology Database* <https://paleobiodb.org/navigator/>

# LÁMINAS

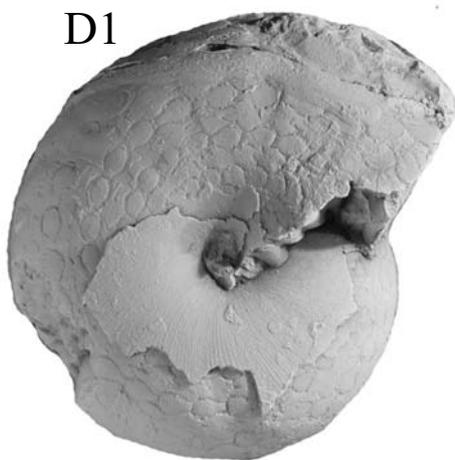
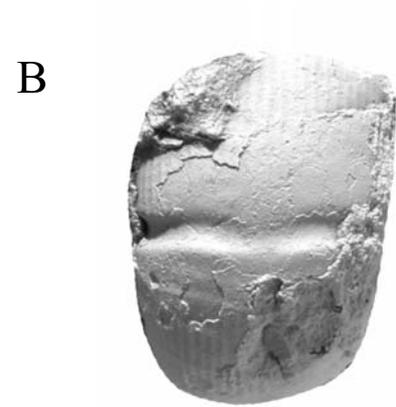
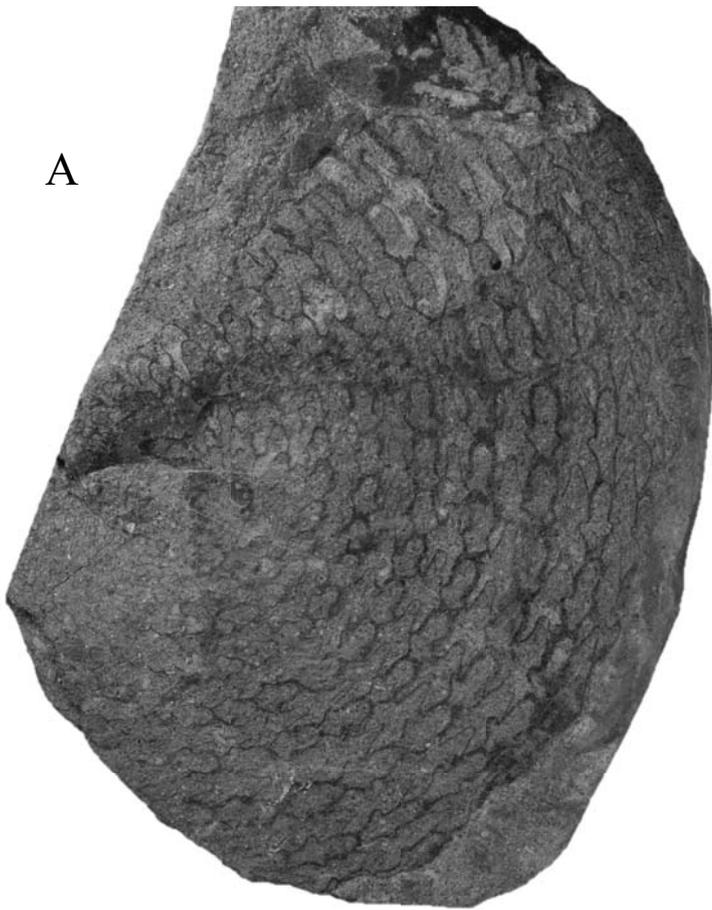
# LÁMINA 1

A: *Eumedlicottia burckhardti* Böse 1917, vista lateral del ejemplar FC18. Escala gráfica 1 cm.

B: *Pseudagathiceras difuntense* Miller 1944, vista ventral del ejemplar DP26. Escala gráfica 1 cm.

C: *Pseudagathiceras difuntense* Miller 1944, vista ventral del ejemplar DP27. Escala gráfica 1 cm.

D1-D2: *Stacheoceras gemmellaroi* Miller 1944, vista lateral y ventral del ejemplar DP02. Escala gráfica 1 cm.



## LÁMINA 2

A1-A3: *Stacheoceras gemmellaroi* Miller 1944, vista ventral, lateral y adoral del ejemplar DP03. Escala gráfica 1 cm.

B1-B2: *Roadoceras roadense* Böse 1917, vista ventral y lateral del ejemplar FC09. Escala gráfica 2 cm.

A1



A2



A3



B1



B2



## LÁMINA 3

A: *Mexioceras guadalupense* Girty 1908, vista ventral del ejemplar DP11. Escala gráfica 1 cm.

B: *Mexioceras guadalupense* Girty 1908, vista lateral del ejemplar DP29. Escala gráfica 1 cm.

C1-C3: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista ventral, lateral y adoral del ejemplar DP01. Escala gráfica 1 cm.

D: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista ventral del ejemplar DP32. Escala gráfica 1 cm.

E: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista ventral del ejemplar DP33. Escala gráfica 1 cm.

A



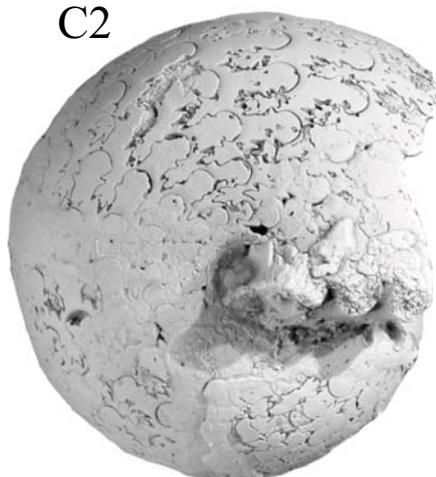
B



C1



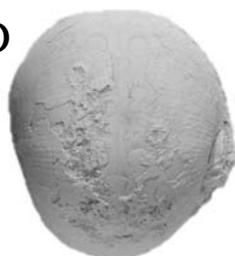
C2



C3



D



E



# LÁMINA 4

A1-A2: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista lateral y ventral del ejemplar FC01. Escala gráfica 1 cm.

B: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista lateral del ejemplar DP34. Escala gráfica 1 cm.

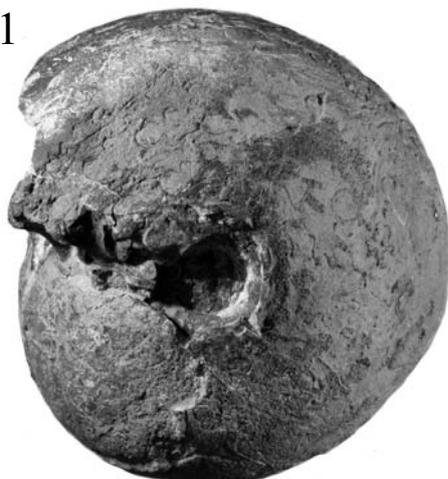
C: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista ventral del ejemplar DP35. Escala gráfica 1 cm.

D: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista ventral del ejemplar FC02. Escala gráfica 1 cm.

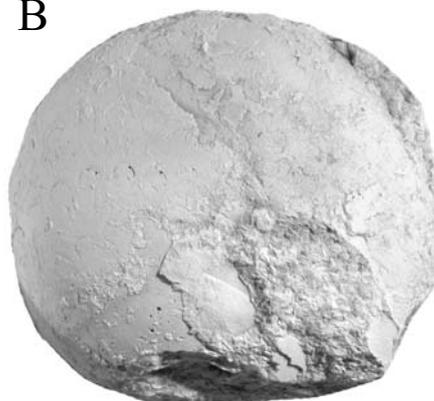
E: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista ventral del ejemplar FC03. Escala gráfica 1 cm.

F: *Waagenoceras dieneri girtyi* Miller y Furnish 1940, vista ventral del ejemplar FC07. Escala gráfica 1 cm.

A1



B



A2



C



D



E



F



# ANEXO I

Listado de ejemplares de ammonioideos estudiados.

Abreviaturas:

DP= DeliciasPérmico

FC= Facultad de Ciencias

CLAVE	TAXÓN
DP01	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP02	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP03	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP04	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP05	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP06	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP07	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP08	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP09	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP10	<i>Stacheoceras gemmellaroi</i>
DP11	<i>Mexioceras guadalupense</i>
DP12	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP13	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP14	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP15	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP16	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP17	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP18	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP19	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP20	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP21	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP22	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP23	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
DP24	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
DP25	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
DP26	<i>Pseudagathiceras difuntense</i>
DP27	<i>Pseudagathiceras difuntense</i>
DP28	<i>Pseudagathiceras difuntense</i>
DP29	<i>Mexioceras guadalupense</i>
DP30	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
DP31	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
DP32	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP33	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP34	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP35	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
DP36	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>

FC01	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC02	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC03	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC04	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC05	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC06	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC07	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC08	<i>Waagenoceras dieneri girtyi</i>
FC09	<i>Roadoceras roadense</i>
FC10	<i>Roadoceras roadense</i>
FC11	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC12	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC13	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC14	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC15	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC16	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC17	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC18	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC19	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC20	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC21	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC22	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC23	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC24	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC25	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>
FC26	<i>Eumedlicottia burckhardti</i>

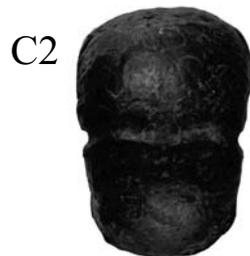
## ANEXO II

# LÁMINA 1

A1-A2: *Medlicottia burckhardti* (Böse, 1917), resguardado en la colección Peabody Museum, Yale University. Vista lateral y vista ventral del ejemplar YPM 16702. Escala gráfica 1 cm.

B1-B2: *Pseudogastrioceras roadense* (Böse, 1917), resguardado en la colección Peabody Museum, Yale University. Vista lateral y vista ventral del ejemplar YPM 16251. Escala gráfica 1 cm.

C1-C3: *Pseudagathiceras difuntense* (Miller, 1944), Resguardado en la colección Peabody Museum, Yale University. Vista lateral, ventral y adoral del ejemplar YPM 16306. Escala gráfica 1 cm.



## LÁMINA 2

A1-A2: *Stacheoceras gemmellaroi* (Miller, 1944), resguardado en la colección del Peabody Museum, Yale University. Vista lateral y vista ventral del ejemplar YPM 16654. Escala gráfica 1 cm.

B1-B2: *Waagenoceras guadalupense* (Girty, 1908), resguardado en la colección Peabody Museum, Yale University. Vista lateral y vista ventral del ejemplar YPM 16658. Escala gráfica 1cm.

C1-C2: *Waagenoceras dieneri* (Böse, 1917), resguardado en la colección de Peabody Museum, Yale University. Vista lateral y vista ventral del ejemplar YPM 16666. Escala gráfica 1 cm.

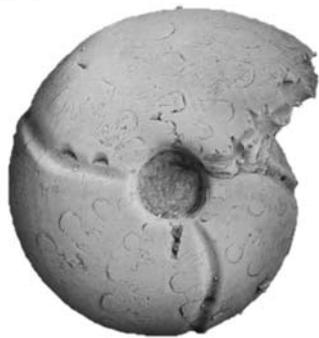
A1



A2



B1



B2



C1



C2



