

## El registro fósil de los ammonoideos del Carbonífero-Pérmico de México y sus aportes bioestratigráficos, paleobiogeográficos y paleoambientales: una revisión

### *The fossil record of ammonoids from Carboniferous-Permian of Mexico and its biostratigraphical, paleobiogeographical and paleoenvironmental contributions: a review*

Ruiz-Naranjo, Metzger<sup>1</sup>; Torres-Martínez, Miguel A.<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Circuito de la Investigación Científica, Avenida Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup> Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, Circuito de la Investigación Científica, Avenida Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

\* miguelatm@geologia.unam.mx

#### Resumen

Los ammonoideos son proxies muy recurridos en la estratigrafía por ser considerados importantes fósiles índice. Debido a su relevancia, en este trabajo se realizó una revisión exhaustiva de los reportes de ammonoideos presentes en afloramientos del Carbonífero y Pérmico de México. Se contemplaron las localidades del Anticlinorio Huizachal-Peregrina en Tamaulipas y Santiago Ixtaltepec en Oaxaca para el Carbonífero; así como las localidades de El Antimonio en Sonora, Las Delicias en Coahuila, Placer de Guadalupe en Chihuahua, San Salvador Patlanoaya en Puebla, Olinalá en Guerrero y Chicomuselo en Chiapas para el Pérmico. Los resultados arrojaron seis familias, seis géneros y seis especies para el Carbonífero, mientras que para el Pérmico se registraron 13 familias, 24 géneros y 47 especies. Con respecto a los nombres específicos, se sugiere revisar la clasificación de diferentes registros desactualizados. En cuanto a la bioestratigrafía, se reconocieron cuatro zonas de ammonoideos para el Carbonífero, abarcando desde el Viseano (Misisípico Medio) hasta el Gzheliano (Pensilvánico Superior); mientras que para el Pérmico se reconocieron de seis a ocho zonas, abarcando desde el Sakmario hasta el Wuchiapingiano. Asimismo, se llevó a cabo una búsqueda de los registros mexicanos del Carbonífero-Pérmico para otras regiones del mundo; además se discute acerca de la paleobiogeografía del grupo, resaltando una mayor afinidad con las biotas reportadas en diversas localidades del Paleozoico tardío de los Estados Unidos. A pesar de que los ammonoideos no son clave para determinar un paleoambiente de depósito, dada su abundancia en zonas relacionadas con aguas someras o cercanas a bancos de arena o arrecifales, y su evidente ausencia en facies de ambientes profundos, se señala que durante el Carbonífero-Pérmico pudo haber existido cierta preferencia de dichos organismos por habitar ambientes someros.

**Palabras clave:** Ammonoideos, bioestratigrafía, México, paleobiogeografía, Paleozoico tardío.

**Cómo citar / How to cite:** Ruiz-Naranjo, M. & Torres-Martínez, M.A. (2022). El registro fósil de los ammonoideos del Carbonífero-Pérmico de México y sus aportes bioestratigráficos, paleobiogeográficos y paleoambientales: una revisión. *Paleontología Mexicana*, 11 (2), 59–76.

Manuscrito recibido: Diciembre 9, 2022.

Manuscrito corregido: Diciembre 12, 2022.

Manuscrito aceptado: Diciembre 12, 2022.



## Abstract

Ammonoids are very useful proxies in stratigraphy, considered important index fossils. Because of their relevance, in this work, we made a complete revision related to ammonoids occurring in the Carboniferous and Permian outcrops of Mexico. We took into account the Carboniferous localities of the Huizachal-Peregrina Anticlinorium in Tamaulipas and Santiago Ixtaltepec in Oaxaca; while for the Permian, the localities of El Antimonio in Sonora, Las Delicias in Coahuila, Placer de Guadalupe in Chihuahua, San Salvador Patlanoaya in Puebla, Olinalá in Guerrero, and Chicomuselo in Chiapas were contemplated. The results included six families, six genera, and six species of the Carboniferous, while the Permian was represented by 13 families, 24 genera, and 47 species. Regarding specific names, it is necessary revising the classification of different outdated records. As to the biostratigraphy, four ammonoid zones of the Carboniferous were recognized, encompassing from the Visean (Middle Mississippian) to the Gzhelian (Upper Pennsylvanian). The Permian data included six to eight zones, depending on the author, from the Sakmarian to the Wuchiapingian. Likewise, we revised the occurrence of Carboniferous-Permian Mexican records in other regions of the world; in addition, it discusses about the paleobiogeography of the group, highlighting an apparent affinity with the biotas reported in several localities from the late Paleozoic of the United States. Although ammonoids are not useful tools to determine depositional paleoenvironments, given their abundance in areas related to shallow waters or near sandbanks or reefs and their evident absence in deep environment facies, it points out that during the Carboniferous-Permian there may have been some preference for these organisms to inhabit shallow environments.

**Keywords:** Ammonoids, biostratigraphy, late Paleozoic, Mexico, paleobiogeography.

## 1. Introducción

Los ammonoideos fueron moluscos que habitaron en todos los mares desde el Devónico temprano hasta el límite Cretácico–Paleógeno (De Baets *et al.*, 2016). Los fósiles de estos cefalópodos se han encontrado en todo el mundo, siendo reconocidos como uno de los grupos de fósiles índice más precisos para determinar la edad relativa de las rocas portadoras, ya que, dada su rápida evolución se han podido determinar esquemas zonales muy refinados (Wright, 2012). Incluso, se han establecido correlaciones globales de las secuencias del Triásico al Cretácico con una precisión de 0.5 a 3.0 millones de años de duración zonal (Kennedy y Cobban, 1976). Con respecto al Paleozoico superior los ammonoideos son considerados, junto con los fusulínidos, braquiópodos y conodontos, como uno de los proxies bioestratigráficos más relevantes para datar las diferentes unidades litoestratigráficas del Carbonífero y Pérmico. A pesar de la gran relevancia que tienen estos invertebrados, los trabajos realizados con ammonoideos en México son muy escasos e incluso hay localidades para las cuales no existe ningún tipo de información. Prueba de esto, son los pocos estudios realizados con biotas carboníferas, donde los únicos trabajos reconocidos son: el de Castillo-Espinoza (2013), en el cual se describieron y registraron cuatro especies de ammonoideos del Misisípico (Viseano medio-tardío) de Oaxaca, representando los registros más antiguos del grupo para México; o los de Murray *et al.* (1960) y Carrillo-Bravo (1961) donde describieron diferentes cefalópodos del Pensilvánico de Tamaulipas.

Con respecto al Pérmico, se ha podido registrar un mayor número de trabajos realizados con estos moluscos, siendo el de King *et al.* (1944) uno de los más destacados por la diversidad de cefalópodos descritos para la Formación Las Delicias de Coahuila. Aquí, Miller (en

King *et al.*, 1944) identificó una gran diversidad de ammonoideos, incluyendo 21 géneros y 34 especies (de los cuales 1 género, 12 especies y 1 variedad resultaron nuevos), a partir de los cuales se propusieron cuatro zonas faunísticas que abarcaron desde el Leonardiano hasta el Wuchiapingiano. Este trabajo representó un aporte relevante, ya que las formas descritas son excepcionalmente valiosas y significativas, siendo una de las pocas localidades donde se encuentra una variedad considerable de ammonoideos pérmicos bien conservados, superando incluso las faunas de ammonoideos pérmicos de Glass Mountains de Texas, Estados Unidos (King *et al.*, 1944). Otros trabajos donde se describió parte de esta fauna incluyen el de Miller y Furnish (1940), quienes reconocieron cuatro zonas faunísticas con alcances estratigráficos del Leonardiano al Capitaniano; el de Spinosa *et al.* (1970), los cuales reportaron, junto con otros ammonoideos, la ocurrencia del primer araxocerátido para el hemisferio occidental; así como el estudio de Wardlaw *et al.* (1979), en el cual se actualizó la bioestratigrafía de los estratos pérmicos de Las Delicias, siendo divididos en cinco unidades informales que representan un periodo del Leonardiano al Amarassiano (Capitaniano superior); y finalmente el de Alanis-Pavón (2020) donde se describieron seis especies de ammonoideos que permitieron afinar de manera fidedigna las edades de dos localidades de la formación (Wordiano y Capitaniano).

Otra región que cuenta con diferentes reportes de ammonoideos del Pérmico es la de Olinalá, Guerrero, donde aflora la denominada Formación Olinalá (=Formación Los Arcos) (Flores de Dios y Buitrón, 1982; Corona-Esquivel, 1983). Entre los trabajos donde se identificó parte de la biota de ammonoideos de esta unidad se encuentran el de Flores de Dios y Buitrón (1982), quienes estudiaron tres diferentes taxones; el de Corona-Esquivel (1985), que reportó la presencia de cuatro especies,

gracias a las cuales se le pudo asignar una edad pérmica a esta formación; el de González-Arreola *et al.* (1994), en el que se estudiaron y describieron detalladamente las faunas fósiles de la unidad, incluyendo cuatro taxones de ammonioideos que permitieron asociar las rocas con el Pérmico medio; y el de Juárez-Arriaga y Murillo-Muñetón (2020), quienes detectaron la presencia de diferentes ammonioideos de edad guadalupiana para diferentes localidades de esta unidad.

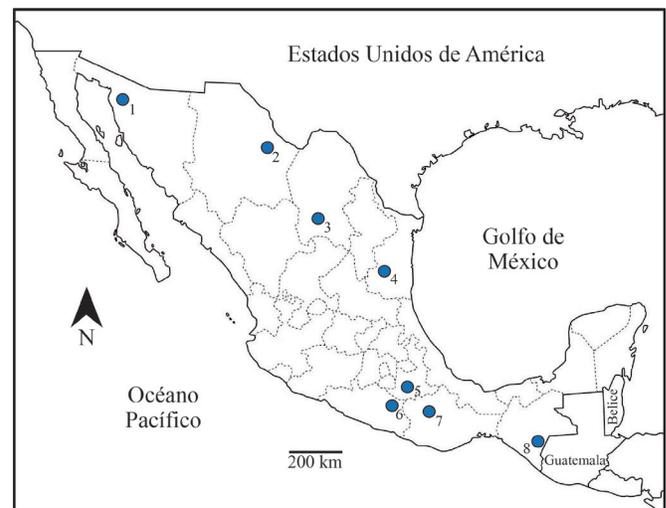
En cuanto a otros estados de México, que cuenten con reportes de ammonioideos del Pérmico, se puede considerar a Sonora, Chiapas, Puebla y Chihuahua. Así, en la localidad de El Antimonio, ubicada al noroeste de Sonora, Miller (1945) reportó la ocurrencia de un ammonioideo que designó como *Waagenoceras dieneri* Böse 1919 para la Formación Monos. Posteriormente, Cooper *et al.* (1953) también reportaron la ocurrencia de esta misma especie en una localidad cercana al lugar donde se colectó el espécimen de Miller (1945), permitiendo relacionar los estratos con el Guadalupiano medio. Para Chiapas, Mullerried *et al.* (1941) describieron a los ammonioideos *Perrinites hilli* Smith 1903 y *Peritrochia mullerriedi* Miller y Furnish 1941, los cuales contribuyeron a establecer una edad del Pérmico inferior-medio para las calizas de la Formación Paso Hondo, las cuales estaban ubicadas en la región sureste de Chicomuselo. Además, esta biota permitió correlacionar estratigráficamente las rocas de la localidad estudiada con la serie Leonard de Texas. Con respecto al estado de Puebla, en la localidad de San Salvador Patlanoaya, Villaseñor *et al.* (1987) registraron la presencia de *P. hilli* en el Miembro G de la Formación Patlanoaya, cuya ocurrencia permitió relacionar la unidad con un alcance estratigráfico que iba del Leonardiano superior al Roadiano. Además, Villaseñor *et al.* (1987) también reportaron la ocurrencia del género *Properrinites* Elias 1938, lo que ayudó a correlacionar los estratos inferiores con la serie Wolfcamp del oeste de Texas. Finalmente, para Chihuahua, en el área de Placer de Guadalupe, también se reportó la ocurrencia de *P. hilli*, con lo cual se ha sugerido una edad del Cisuraliano tardío para esta región (Bridges, 1964; López-Ramos, 1985).

Aun cuando es evidente que la biota de ammonioideos paleozoicos de México es muy diversa, a la fecha no existe algún compendio actualizado de los diferentes taxones que ya fueron descritos (o que han cambiado de nombre taxonómicos), ni de las regiones del Carbonífero o Pérmico donde fueron encontrados. Esto ha provocado distintas problemáticas, por ejemplo, que el material de algunos taxones sea ignorado al momento de estudiar una asociación fósil, suponiendo que se trata de grupos ya trabajados para una localidad; también, que se asigne un nombre taxonómico a un material sin tomar en cuenta su actualización nominal, repercutiendo en la datación relativa de las rocas portadoras; o bien, que el desconocimiento de las fuentes bibliográficas, donde se encuentran las descripciones originales de un taxón, no sean tomadas en cuenta al asignar

géneros o especies. Por lo tanto, y dado que los ammonioideos son considerados fósiles índice que ayudan a establecer edades fehacientes de las rocas, se proyecta que la revisión bibliográfica de estos cefalópodos del Paleozoico tardío de México fungirá como una herramienta importante para evaluar cuales de ellos requieren actualizar su paleontología sistemática, los cuales han sido erróneamente descritos o solo aparecen como simples reportes de alguna región en particular. Esto a su vez, contribuirá con el conocimiento bioestratigráfico, paleobiogeográfico y paleoambiental del grupo durante el Carbonífero y Pérmico, coadyuvando a la elaboración de estudios paleogeográficos y estratigráficos más precisos o de mayor envergadura.

## 2. Ammonoideos del Carbonífero-Pérmico de México

Los datos obtenidos a partir de la revisión bibliográfica fueron separados en dos tablas, las cuales corresponden a los ammonioideos del Carbonífero (Tabla 1) y del Pérmico (Tabla 2). En la del Carbonífero se incluyen las ocurrencias de las localidades del Anticlinorio Huizachal-Peregrina en Tamaulipas y Santiago Ixtaltepec en Oaxaca. En tanto que la del Pérmico contiene los reportes de las localidades de El Antimonio en Sonora, Las Delicias en Coahuila, Placer de Guadalupe en Chihuahua, San Salvador Patlanoaya en Puebla, Olinalá en Guerrero y Chicomuselo en Chiapas (Figura 1). Cabe resaltar que se tomó en consideración la información registrada en línea, tanto en Fossilworks



**Figura 1.** Ubicación de las localidades donde se han descrito ammonioideos del Paleozoico tardío. 1) El Antimonio, Sonora; 2) Placer de Guadalupe, Chihuahua; 3) Las Delicias, Coahuila; 4) Anticlinorio Huizachal-Peregrina, Tamaulipas; 5) San Salvador Patlanoaya, Puebla; 6) Olinalá, Guerrero; 7) Santiago Ixtaltepec, Oaxaca; 8) Chicomuselo, Chiapas.

**Tabla 1.** Ammonoideos del Carbonífero reportados para México, agrupados de acuerdo con su familia taxonómica. Se indica la localidad donde fueron reconocidos y los autores que los identificaron, además de sus ocurrencias a nivel global.

Clasificación	Especie	Localidad en México	Período Época Edad	Ocurrencias internacionales	Referencia
Cephalopoda - Goniatitida - Pseudoparalegoceratidae	<i>Pseudoparalegoceras amotapense</i> Thomas 1928	Formación Del Monte, Anticlinorio Huizachal-Peregrina: Tamaulipas	Carbonífero Pensilvánico Inferior	Carbonífero de: - Perú - SW de Estados Unidos - Norte de África - Rusia	Carrillo-Bravo (1961)
Cephalopoda - Goniatitida - Neiococeratidae	<i>Eoasianites</i> sp. Ruzhencev 1933			Pérmico de: - Canadá - China - Indonesia - Japón - Kazajistán - Tayikistán - Alaska (EUA) - Oklahoma (EUA) - Texas (EUA)	
Cephalopoda - Goniatitida - Vidrioceratidae	<i>Peritrochia (Marathonites)</i> cf. <i>genti</i> Smith 1903			Carbonífero Pensilvánico Superior	
Cephalopoda - Goniatitida - Maxigoniatiidae	<i>Beyrichoceras hornerae</i> Miller 1947	Formación Santiago, Santiago Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán: Oaxaca	Carbonífero Misipico Viscaño	Carbonífero de: - Misuri (EUA)	Castillo-Espinoza (2013)
Cephalopoda - Goniatitida - Goniatiidae	<i>Goniatites crenistria</i> Phillips 1836			Carbonífero de: - Bosnia y Herzegovina - República Checa - Arkansas (EUA) - Alaska (EUA)	
	<i>Goniatites</i> sp. de Haan 1825			Devónico de: - República Checa - España - Alaska (EUA) - Maryland (EUA) - Nueva York (EUA)	
Cephalopoda - Prolecanitida - Prolecanitidae	<i>Prolecanites americanus</i> Miller y Garner 1953			Carbonífero de: - Bosnia y Herzegovina - República Checa - Alemania - Irlanda - Marruecos - Reino Unido - Alaska (EUA) - Arkansas (EUA) - Iowa (EUA) - Kentucky (EUA) - Nevada (EUA) - Oklahoma (EUA) - Texas (EUA) - Utah (EUA) - Portugal - España - China	
				Pérmico de: - Wyoming (EUA)	
				Triásico de: - Italia - Nevada (EUA)	
				Carbonífero de: - Indiana (EUA)	

(<http://fossilworks.org>) como en Paleobiology Database (<https://paleobiodb.org>).

Respecto al Carbonífero, se obtuvieron reportes de tres localidades, ya fuera del Misisípico o del Pensilvánico. Para el Misisípico se registró la presencia de tres familias, tres géneros y cuatro especies, los cuales provienen de rocas de la Formación Santiago que aflora en el municipio de Nochixtlán, Oaxaca (Tabla 1). Por otro lado, para el Pensilvánico Temprano se registraron dos familias, dos géneros y dos especies; mientras que para el Pensilvánico Tardío se registró una familia, un género y una especie; sin embargo, dado que existe controversia en la clasificación genérica de *Peritrochia* (*Marathonites*) *genti* Smith 1903 es que en la Tabla 1 se incluyeron las dos familias a las que pertenece cada género. Todos los ammonoideos reportados para el Pensilvánico provienen de la Formación Del Monte de Tamaulipas (Tabla 1).

Con respecto al Pérmico, se registraron un total de 13 familias, 24 géneros y 47 especies, de las cuales 41 están completamente identificadas y seis presentan nomenclatura abierta. Así, en la localidad de El Antimonio, Sonora, se reportó a *Waagenoceras dieneri* para la Formación Monos, con lo que se estableció una edad wordiana para la unidad. En la localidad de Placer de Guadalupe, Chihuahua, sólo se tiene el registro de *Perrinites hilli*, permitiendo asociar las rocas paleozoicas del estado con el Kunguriano-Roadiano. Asimismo, en San Salvador Patlanoaya, Puebla, se cuenta con el registro de una familia, dos géneros y dos especies (una identificada y una en nomenclatura abierta), cuyos alcances estratigráficos se establecieron entre el Wolfcampiano y el Roadiano. Mientras que, en la localidad de Chicomuselo, Chiapas, se registraron dos familias, dos géneros y dos especies que sugirieron una edad del Kunguriano para los niveles superiores de la Formación Paso Hondo. Así como en la localidad de Olinalá, Guerrero, que se tiene registro de cinco familias, cinco géneros y ocho especies (siete identificadas y una descrita con nomenclatura abierta), las cuales permitieron asociar la edad de la Formación Olinalá con el Wordiano (Guadalupiano medio).

Finalmente, para la localidad de Las Delicias, Coahuila, se obtuvo el mayor número de reportes de ammonoideos pérmicos, abarcando edades desde el Artinskiano hasta el Wuchiapingiano (Pérmico temprano-Pérmico tardío) (Tabla 2). En esta localidad fueron registradas 12 familias, 22 géneros y 40 especies (36 identificadas y cuatro mantenidas en nomenclatura abierta). Como se puede comprobar con los datos totales, la mayoría de las familias, géneros y especies conocidos para el Pérmico mexicano tienen ocurrencia en estos estratos pérmicos, cuya diversidad es considerada como una de las más importantes de Norteamérica.

En ambas tablas, se puede observar que la mayoría de los representantes de ammonoideos encontrados en el territorio mexicano presentan ocurrencias en otros países alrededor del mundo, con excepción de 13 especies

(*Peritrochia mullerriedi*, *Stacheoceras toumanskyae*, *Waagenoceras karpinskyi*, *Pseudagathiceras difuntense*, *Adrianites plummeri*, *Pseudagathiceras spinosum*, *Adrianites dunbari*, *Strigogoniatites kingi*, *Pseudogastriceras haacki*, *Xenodiscites waageni*, *Cibolites mojsisovicsi*, *Epithalassoceras ruzencevi*, *Xenodiscus wanneri*), cuya ocurrencia sólo ha sido identificada en México. De igual forma se puede observar que gran parte de la diversidad de ammonoideos en México se comparte principalmente con diferentes localidades de los Estados Unidos; aunque también existen numerosas especies en común con países como Canadá, China, Japón o Rusia.

Dado que algunos de los nombres específicos han ido cambiando con el tiempo, en este trabajo se incluye un anexo con las especies actualizadas (Anexo 1).

### 3. Discusión

#### 3.1. Implicaciones paleoambientales

Antes que nada, es importante señalar que, dado que los ammonoideos presentaban hábitos neotónicos, sus conchas podían quedar a la deriva en la columna de agua al momento de morir, dificultando el poder inferir paleoambientes de depósito por la sola presencia de estos organismos (Castillo-Espinoza, 2013). Sin embargo, mediante el estudio de las rocas portadoras de estos especímenes es que se ha podido obtener información valiosa acerca del ambiente de depósito.

En el caso del Carbonífero Inferior de México, para la Formación Santiago (Misisípico Inferior-Medio) de Oaxaca, primero se señaló la presencia de condiciones relacionadas con depósitos de tipo arrecifal (Pantoja-Alor, 1970). Posteriormente, mediante el estudio de diferente biota de invertebrados y características sedimentarias se pudo corroborar la presencia de dicho ambiente; aunque también se detectaron facies relacionadas con ambientes periarrecifales y de plataforma externa, los cuales se desarrollaron en aguas poco profundas y cálidas (Sour-Tovar *et al.*, 1982; Morales-Soto, 1984; Quiroz-Barroso, 1995; Rivera y Buitrón, 1999; Silva-Pineda *et al.*, 2003; Castillo-Espinoza, 2013). Así, los ammonoideos de esta unidad misisípica se depositaron en facies someras, relacionadas con la plataforma continental.

En lo que se refiere al Pensilvánico de México, se tiene muy poca información con respecto a estos cefalópodos. Sin embargo, el hallazgo de los ammonoideos *Pseudoparalegoceras amotapense*, *Eoasianites* sp. y *Peritrochia* (*Marathonites*) cf. *genti* de la Formación Del Monte, se ha asociado con un ambiente costero. Esto debido a que en el trabajo de Malpica y De La Torre (1980), se propuso que los índices batimétricos de los fósiles y la naturaleza de la litología de esta formación correspondían con indicios de mares poco profundos de plataforma. Cabe resaltar que la ocurrencia de estos taxones en aguas someras, al parecer no es coincidencia,

Tabla 2. Ammonoideos del Pérmico reportados para México, agrupados de acuerdo con su familia. Se indica la localidad donde fueron reconocidos y los autores que los identificaron, además de sus ocurrencias a nivel global.

Clasificación	Especie	Localidad en México	Período Época Edad	Ocurrencias internacionales	Referencia
Cephalopoda - Goniatitida - Cyclolobidae	<i>Waagenoceras dieneri</i> Böse 1919	Cerro de los Monos, El Antimonio: Sonora	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Canadá - Texas (EUA)	Cooper <i>et al.</i> (1953)
		Sección La Difunta, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano		King <i>et al.</i> (1944)
			Pérmico Guadalupiano Wordiano		
			Pérmico Guadalupiano Roadiano		
			Pérmico Guadalupiano Wordiano		
		Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Roadiano		King <i>et al.</i> (1944)
		East knob of Mill Hill: San Francisco, 2 km. Normoreste de El Antimonio: Sonora	Pérmico Guadalupiano Wordiano		
	<i>Waagenoceras girtyi</i> Miller y Furnish 1940	0.5 km al norte de Palo Quemado, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano	Pérmico de: - Canadá	King <i>et al.</i> (1944)
		Cerro Wencelao a El Indio, Las Delicias: Coahuila			
	<i>Timorites schucherti</i> Miller y Furnish 1940	Sección La Difunta, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Texas (EUA)	King <i>et al.</i> (1944)
	<i>Waagenoceras karpinskyi</i> Miller 1944	Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Wordiano	-	
	<i>Waagenoceras guadalupense</i> Girty 1908		Pérmico Guadalupiano Roadiano	Pérmico de: - Texas (EUA)	
	<i>Waagenoceras</i> sp. Gemmellaro 1887	Formación Olinalá, Montaña de Guerrero: Guerrero	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Canadá - China - Indonesia - Irak - Italia - Japón - Omán - Rusia - Túnez - Texas (EUA)	Flores de Dios y Buitrón (1982) Juárez-Arriaga y Murillo-Muñetón (2020)
<i>Timorites</i> sp. Haniel 1915	Arroyo La Colorada, Cerro San Pedro, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano	Pérmico de: - China - Indonesia - Japón - Omán - Rusia - Texas (EUA)	Spinosa y Glenister (2000)	
		Pérmico Lopingiano Wuchiapingiano			
Cephalopoda - Prolecanitida - Medicottiidae	<i>Nodosageceras nodosum</i> Wanner 1931	Cerro Wencelao a El Indio, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano	Pérmico de: - Indonesia	King <i>et al.</i> (1944)
	<i>Difuntites hidius</i> Ruzhentsev 1976			Pérmico de: - Rusia	
<i>Propinacoceras</i> sp. Gemmellaro 1887	Cerro Wencelao a El Indio, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano	Pérmico de: - Timor Oriental - Indonesia - Texas (EUA) - Japón - Canadá - Tailandia - Ucrania - Madagascar - Omán - Irak - Australia - Kazajistán - Malasia - Tayikistán - Italia - China	King <i>et al.</i> (1944)	

Clasificación	Especie	Localidad en México	Período Época Edad	Ocurrencias internacionales	Referencia
Cephalopoda - Prolecanitida - Medicottiidae	<i>Medlicottia whitneyi</i> Böse 1919	Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Cisuraliano Kunguriano	Pérmico de: - Colombia - Texas (EUA)	King <i>et al.</i> (1944)
	<i>Medlicottia costellifera</i> Miller y Furnish 1940			Pérmico de: - Texas (EUA)	
	<i>Medlicottia girtyi</i> Miller y Furnish 1940			Pérmico de: Texas (EUA)	
	<i>Medlicottia burckhardtii</i> Böse 1919			Pérmico de: - Texas (EUA) - Canadá - China	
	<i>Medlicottia</i> sp. Waagen 1880	Sección La Difunta, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Indonesia - Texas (EUA) - Rusia - Kazajistán - Groenlandia - Tayikistán - Alaska (EUA) - Nuevo México (EUA) - Canadá - China	
Cephalopoda - Goniatitida - Adrianitidae	<i>Pseudagathiceras difuntense</i> Miller 1944	Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Roadiano	-	Spinosa y Glenister (2000)
	<i>Adrianites plummeri</i> Miller 1944			-	
	<i>Pseudagathiceras spinosum</i> Miller 1944			-	
	<i>Neocrimites</i> sp. Ruzhentsev 1940	Arroyo La Colorada, Cerro San Pedro, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Lopingiano Wuchiapingiano	Pérmico de: - Australia - Canadá - China - Indonesia - Kazajistán - Malasia - Rusia - Tayikistán - Tailandia - Texas (EUA)	

Clasificación	Especie	Localidad en México	Período Época Edad	Ocurrencias internacionales	Referencia
	<i>Adrianites newelli</i> Miller y Furnish 1940	Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Cisuraliano Kunguriano	Pérmico de: - Texas (EUA)	King <i>et al.</i> (1944)
Cephalopoda - Goniatitida - Adrianiidae	<i>Adrianites dunbari</i> Miller y Furnish 1940	Cerro Wencelao a El Indio, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano	-	King <i>et al.</i> (1944)
Cephalopoda - Goniatitida - Paragastrioceratidae	<i>Pseudogastrioceras roadense</i> Böse 1919	Formación Olinalá, área entre Olinalá, Huamuxtitlán y Cualac: Guerrero	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Texas (EUA) - China - Alaska (EUA)	González-Arreola <i>et al.</i> (1994)
		Sección La Difunta, Las Delicias: Coahuila			King <i>et al.</i> (1944)
		Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Roadiano		
	<i>Pseudogastrioceras altudense</i> Böse 1919	Formación Olinalá, área entre Olinalá, Huamuxtitlán y Cualac: Guerrero	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Texas (EUA)	Corona-Esquivel (1985)
	<i>Pseudogastrioceras haacki</i> Miller 1944	El Indio, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano	-	King <i>et al.</i> (1944)
		Cerro Wencelao a El Indio, Las Delicias: Coahuila			
	<i>Strigogoniatites kingi</i> n. sp. Miller 1944			-	
Cephalopoda - Goniatitida - Vidrioceratidae	<i>Stacheoceras toumans- kyae</i> Miller y Furnish 1940	Formación Olinalá, área entre Olinalá, Huamuxtitlán y Cualac: Guerrero	Pérmico Guadalupiano Wordiano	-	González-Arreola <i>et al.</i> (1994); Corona-Esquivel (1985)
		Arroyo La Colorada, Cerro San Pedro, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Lopingiano Wuchiapingiano		Spinosa y Glenister (2000)
			Pérmico Guadalupiano Capitaniano		
	<i>Stacheoceras gemme- llaroi</i> Miller 1944	Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila		Pérmico de: - Canadá	King <i>et al.</i> (1944)
			Pérmico Guadalupiano Roadiano		
		0.5 km al norte de Palo Quemado, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Wordiano		
	<i>Stacheoceras rothi</i> Miller y Furnish 1940	Formación Olinalá, Montaña de Guerrero: Guerrero		Pérmico de: - Texas (EUA)	Flores de Dios y Buitrón (1982) Juárez-Arriaga y Murillo-Muñetón (2020)

Clasificación	Especie	Localidad en México	Período Época Edad	Ocurrencias internacionales	Referencia
Cephalopoda - Ceratitida - Paraceltitidae	<i>Paracelmites rectangularis</i> n. sp. Miller 1944	Cerro Wencilao a El Indio, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Capitaniano	Pérmico de: - Canadá	King <i>et al.</i> (1944)
	<i>Paracelmites altudensis</i> Böse 1919			Pérmico de: - China - Texas (EUA)	
	<i>Xenodiscites waageni</i> Miller y Furnish 1940 <i>Cibolites mojsisovici</i> Miller 1944			-	
	<i>Paracelmites ornatus</i> Miller y Furnish 1940	Sección La Difunta, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Texas (EUA)	Wardlaw <i>et al.</i> (1979); Leonova (2011)
	<i>Paracelmites hoeferi</i> Gemmellaro 1887	Arroyo La Colorada, Cerro San Pedro, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Lopingiano Wuchiapingiano	Pérmico de: - China - Italia - Omán	
	<i>Kingoceras kingi</i> Miller 1944		Pérmico Guadalupiano Capitaniano	Pérmico de: - Irán	King <i>et al.</i> (1944) Spinosa y Glenister (2000)
	<i>Paracelmites elegans</i> Girty 1908	Formación Olinalá, área entre Olinalá, Huamuxtitlán y Cualac: Guerrero	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - China - Japón - Omán - Nuevo México (EUA) - Texas (EUA)	González-Arreola <i>et al.</i> (1994); Corona-Esquivel (1985)
Cephalopoda - Goniatitida - Thalassoceratidae	<i>Epithalassoceras ruzencevi</i> Miller y Furnish 1940	Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Roadiano	-	King <i>et al.</i> (1944)
Cephalopoda - Goniatitida - Agathiceratidae	<i>Agathiceras girtyi</i> Böse 1919	Palo Quemado, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Canadá - Tailandia - Texas (EUA)	Wardlaw <i>et al.</i> (1979)
	<i>Agathiceras suessi</i> Gemmellaro 1887			Pérmico de: - Canadá - China - Irak - Italia - Japón - Malasia - Omán - Tailandia - Túnez	
	<i>Agathiceras frechi</i> Böse 1919	Formación Olinalá, Montaña de Guerrero: Guerrero	Carbonífero de: - Texas (EUA)	Flores de Dios y Buitrón (1982) Juárez-Arriaga y Murillo-Muñetón (2020) Corona-Esquivel (1985)	
		Formación Olinalá, área entre Olinalá, Huamuxtitlán y Cualac: Guerrero			

Clasificación	Especie	Localidad en México	Período Época Edad	Ocurrencias internacionales	Referencia
Cephalopoda - Ceratitida - Araxoceratidae	<i>Eoaraxoceras ruzhen- cevi</i> Spinosa <i>et al.</i> 1970	Sección La Difunta, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Lopingiano Wuchiapingiano	Pérmico de: - Irán	King <i>et al.</i> (1944)
		Arroyo La Colorada, Cerro San Pedro, Las Delicias: Coahuila			Spinosa y Glenister (2000)
Cephalopoda - Ceratitida - Xenodiscidae	<i>Xenodiscus wanneri</i> Spinosa <i>et al.</i> 1975			-	
Cephalopoda - Goniatitida - Perrinitidae	<i>Perrinites vidriensis</i> Böse 1919	Las Sardinas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Cisuraliano Artinskiano	Pérmico de: - Japón - Texas (EUA)	Wardlaw <i>et al.</i> (1979)
	<i>Properrinites</i> sp. Elias 1938	Sección San Salvador Patlanoaya: Puebla	Pérmico Cisuraliano Wolfcampiano	Pérmico de: - Canadá - China - Rusia - Tayikistán - Kansas (EUA) - Nevada (EUA) - Nuevo México (EUA) - Texas (EUA)	Villaseñor <i>et al.</i> (1987); El Albani <i>et al.</i> (2005)
	<i>Perrinites hilli</i> Smith 1903		Pérmico Guadalupiano Roadiano	Pérmico de: - Belice - Colombia - Tailandia - Arizona (EUA) - California (EUA) - Idaho (EUA) - Nuevo México (EUA) - Oklahoma (EUA) - Texas (EUA) - Venezuela	Villaseñor <i>et al.</i> (1987); Vachard <i>et al.</i> (2004); El Albani <i>et al.</i> (2005)
		Placer de Guadalupe: Chihuahua	Pérmico Cisuraliano Kunguriano- Guadalupiano Roadiano		Bridges, (1964); López-Ramos, (1985); Vachard <i>et al.</i> (2004)
		Sección Malascachas, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Cisuraliano Kunguriano		King <i>et al.</i> (1944)
		Sección La Difunta, Puerto de Sardinas, Las Delicias: Coahuila			
	Nor-noreste de Cushú, camino a San José Montenegro: Chiapas				Mullerried <i>et al.</i> (1941)
Cephalopoda - Goniatitida - Marathonitidae	<i>Peritrochia mulle- riedi</i> Miller y Furnish 1941			-	
Cephalopoda - Goniatitida - Popanoceratidae	<i>Popanoceras bowmani</i> Böse 1919	Palo Quemado, Las Delicias: Coahuila	Pérmico Guadalupiano Wordiano	Pérmico de: - Texas (EUA)	Wardlaw <i>et al.</i> (1979)

ya que *P. amotapense* también fue reportada para la Formación Cerro Prieto (Misisípico Superior–Pensilvánico Inferior) de Perú, cuyo ambiente fue asociado con un medio litoral (Bianchi y Jacay, 2015; Aldana *et al.*, 2020). Asimismo, *P. amotapense* de la Formación Winslow de Arkansas, se encontró en estratos que sugieren paleoambientes de aguas poco profundas (Miller y Downs, 1948); mientras que la ocurrencia de *Marathonites ganti* de la Formación Gaptank en Glass Mountains se halló en estratos con biohermas correspondientes con un arrecife (Cooper y Grant, 1972, 1977).

Para el Pérmico, existe un mayor número de trabajos relacionados con los ammonoideos y sus asociaciones

fósiles, en los cuales se incluye información relacionada con los ambientes deposicionales. En el caso del Valle de Las Delicias, Coahuila, resaltan las secciones La Difunta y Malascachas. Para sus estratos pérmicos, King (1944) señaló que las calizas masivas de las zonas de *Waagenoceras* y *Timorites* correspondían con depósitos arrecifales, los cuales se pudieron haber formado por la presencia de esponjas, corales y algas calcáreas. Dichos ambientes poco profundos fueron corroborados posteriormente para La Difunta, Palo Quemado y La Colorada, cuyas facies fueron relacionadas, en general, con un ambiente marino de aguas someras (Téllez-Girón y Nestell, 1983).

En tanto que, para el estado de Guerrero, Corona-Esquivel (1985) y Juárez-Arriaga y Murillo-Muñetón (2020), señalaron que en la región de Olinalá se desarrollaron diferentes ambientes carbonatados, incluyendo facies asociadas con zonas continentales deltaicas, de plataforma y arrecifales. Esto coincide con los trabajos de Silva-Pineda *et al.* (1998, 2000, 2003), Flores de Dios *et al.* (2000) y Gutiérrez-Quinto (2002), quienes señalaron que en la región se establecieron distintos ambientes de plataforma interna con parches y montículos arrecifales, depósitos de margen de plataforma con bancos de arenas carbonatadas, y una rampa carbonatada que cubre una sucesión de frente deltáico y de prodelta por contacto erosional. Además, Juárez-Arriaga y Murillo-Muñetón (2020) también mencionaron que los depósitos de rampa externa subyacen por contacto erosivo a la asociación de facies fluviales; e incluso resaltaron que la facies donde se encuentran los ammonoideos, considerada como la unidad dominante en esta formación, corresponde a una rampa homoclinal desarrollada en aguas cálidas, presentando un prominente sistema fluvial que erosionó parte de la plataforma marina.

Por otro lado, en el caso de la Formación Monos de Sonora, donde se ha reportado la única especie de ammonoideo del estado, se ha sugerido que el ambiente de depósito de esta unidad corresponde a uno marino somero (Pérez-Ramos, 2001), el cual fue posteriormente complementado por Dobbs *et al.* (2021), quienes detectaron la presencia de facies turbidíticas que transicionaban a una rampa carbonatada, destacando que los ensamblajes de fósiles correspondían a hábitats de bancos de arena.

Con respecto a la Formación Patlanoaya, se ha señalado que prevalecieron los cambios entre ambientes marinos costeros y litorales, donde incluso se pueden observar lutitas negras de origen prodeltáico (Vázquez-Echeverría, 1986; Vachard *et al.*, 2000, 2004). Resalta que, para la parte media y superior de la formación, que es donde se ubican los ammonoideos, se identificaron ambientes de depósito que fluctuaban desde la playa hasta la costa, así como ambientes marinos más alejados del litoral, cuyos sedimentos se depositaron en un sistema de rampa homoclinal (El Albani *et al.*, 2005).

En cuanto al afloramiento de Placer de Guadalupe, Chihuahua, donde se reportó a *Perrinites hilli*, solo se ha asociado con un golfo austral de aguas someras (Vachard *et al.*, 2004), en donde se desarrollaron comunidades arrecifales (Montgomery, 2004). Finalmente, para Chiapas, en la Formación Paso Hondo (Artinskiano-Roadiano) compuesta de rocas carbonatadas masivas, se identificaron los únicos registros de ammonoideos de la región. Aunque estos especímenes no se estudiaron o analizaron en un contexto paleoambiental por Mullerried *et al.* (1941); Hernández-García en 1973, describió que los ambientes de depósito de esta formación se podían relacionar con facies lagunares detríticas y calcáreas de plataforma, desarrollos arrecifales, periarrecifales y brechas de talud arrecifal. No obstante, para

2017, Torres-Martínez *et al.* detectaron que los sedimentos de la unidad, en realidad correspondían con facies de diferentes paleoambientes marinos asociados con una rampa carbonatada homoclinal, la cual se desarrolló en la región durante el Cisuraliano tardío.

De manera general, se puede denotar que los ambientes deposicionales donde se han encontrado los diferentes registros de ammonoideos se relacionan con plataformas carbonatadas y rampas mixtas (carbonato y siliciclásticos) (Silva-Pineda *et al.*, 2003), Esto coincide con lo observado en otras regiones del mundo, donde se ha reportado la ocurrencia de diversas formas de ammonoideos del Paleozoico tardío en paleoambientes someros o cercanos a bancos de arena o arrecifales de plataforma (Leonova, 2011); algo que cambió drásticamente hacia el Mesozoico.

### 3.2. Implicaciones bioestratigráficas

Los ammonoideos son uno de los grupos fósiles más útiles para la zonificación bioestratigráfica, debido a su rápida evolución y sus sucesivas radiaciones morfológicas; además de su modo de vida neotónico y su potencial de distribución *post mortem*, dando como resultado que las especies individuales y los géneros estuvieran ampliamente distribuidos (Ramsbottom y Saunders, 1985). En el caso del Paleozoico tardío, los ammonoideos representan uno de los proxies bioestratigráficos más sobresalientes, cuyos hallazgos en rocas del Carbonífero y Pérmico de México han contribuido con la datación precisa de diversos estratos, mediante biozonas, donde se han encontrado.

Con respecto al Carbonífero, se han planteado diferentes propuestas bioestratigráficas; por ejemplo, Ramsbottom y Saunders (1985) plantearon 18 biozonas de ammonoideos para todo el periodo. De esta manera se establecieron las zonas de *Fascipericyclus-Ammonellipsites*, *Beyrichoceras*, *Goniatites* y *Neoglyphioceras* para el Viseano; mientras que para el Serpukhoviano se sugirieron las zonas *Eumorphoceras* y *Homoceras*. En cuanto al Pensilvánico, para el Bashkiriano se propusieron las zonas de *Reitculoceras*, *Bilinguites-Cancelloceras*, *Branneroceras*, *Axinolobus* y *Winslowoceras*; para el Moscoviano las zonas de *Eowellerites* y *Wellerites*; y para el Kasimoviano-Gzheliano las zonas de *Parashumardites* y *Shumardites*.

Para 2015, Korn y Klug propusieron su propia nomenclatura biozonal (semejante a la de Ramsbottom y Saunders, 1985), donde se incluyeron los géneros *Fascipericyclus-Ammonellipsites*, *Goniatites*, *Beyrichoceras* y *Neoglyphioceras* para el Viseano; así como *Eumorphoceras* para el Serpukhoviano. Mientras que, para el Bashkiriano, ubicaron las zonas *Homoceras*, *Reitculoceras*, *Bilinguites-Cancelloceras* y *Branneroceras*; para el Moscoviano las zonas *Axinolobus*, *Eowellerites* y *Wellerites*; y *Parashumardites* y *Shumardites* para el Pensilvánico Superior.

En cuanto a México, la Formación Santiago de Oaxaca se dató para el Viseano (Misisípico Medio),

en donde se reportaron ammonoideos como *Beyrichoceras hornerae*, *Goniatites crenistria*, *Goniatites* sp. y *Prolecanites americanus*. Su presencia en los estratos de la unidad permite confirmar la edad señalada, dado que se pudieron ubicar dentro de las zonas *Beyrichoceras*, *Goniatites* y *Neoglyphioceras* reportadas por Ramsbottom y Saunders (1985); así como *Goniatites-Beyrichoceras* de Korn y Klug (2015).

Concerniente al Pensilvánico, según Carrillo-Bravo (1961), los estratos de la Formación Del Monte de Tamaulipas, donde fueron encontrados los ammonoideos *Pseudoparalagoceras amotapense* y *Eoasianites* sp., pertenecían a una edad del Pensilvánico Inferior. Al revisar las biozonas de los ammonoideos pensilvánicos se pudieron identificar discrepancias entre los taxones descritos y la edad señalada para la unidad. En el caso de la propuesta de Ramsbottom y Saunders (1985), no fue posible correlacionar dichos géneros con ninguna de las zonas planteadas; mientras que en la propuesta de Korn y Klug (2015) se señala que el género *Pseudoparalagoceras* pertenece al Moscoviano tardío, es decir del Pensilvánico Medio. Cabe resaltar que, de acuerdo con la página web PBDB, *Pseudoparalagoceras amotapense*, *Phanerooceras amotapense* y *Gastrioceras amotapense* pertenecen al mismo taxón, denotando que no existe un consenso claro sobre el nombre válido para esta especie. Siendo así, resalta que el género *Phanerooceras* tampoco aparece en las zonaciones propuestas por de Ramsbottom y Saunders (1985) y Korn y Klug (2015); por el contrario, *Gastrioceras* se reporta en la zona *Branneroceras-Gastrioceras* (Korn y Klug, 2015) del Bashkiriano (Pensilvánico Inferior). Con respecto a *Eoasianites*, Murray *et al.* (1960) mencionaron que este ammonoideo pertenecería al género *Glaphyrites*, e incluso en la PBDB se utiliza el nombre alternativo de *Eoasianites (Glaphyrites)*. De acuerdo con esta página web, la especie tipo del género *Glaphyrites* es *Gastrioceras modestum*, cuyos nombres alternativos son *Eoasianites modestus* y *Glaphyrites modestus* (nombre válido), abriendo la posibilidad de que el ammonoideo *Eoasianites* sp. reportado por Carrillo-Bravo (1961) pudiera verse representado por el género *Gastrioceras* en las zonaciones ya mencionadas. Esto plantea la necesidad de volver revisar los taxones de ammonoideos reportados, ya que se podría manejar información errónea con respecto a la edad de los estratos portadores del Pensilvánico.

Por último, Carrillo-Bravo (1961) también estableció una probable edad del Carbonífero Superior (Gzheliano) para las rocas en las que reportó a *Peritrochia (Marathonites)* cf. *genti*. No obstante, el nombre actualmente aceptado para esta especie es *Cardiella ganti*, siendo una especie perteneciente a la zona *Vidrioceras-Shumardites*, correspondiente con el Ghezliano en el trabajo de Korn y Klug (2015).

Con respecto al Pérmico de la región de Coahuila, King *et al.* (1944) reconocieron en las rocas de la Sierra Las Delicias los posibles equivalentes de las

unidades estratigráficas Leonard, Word y Capitan del oeste de Texas, sugiriendo incluso que los estratos marinos carbonatados más altos de Las Delicias fueran equivalentes a la parte inferior de la serie Ochoa de Nuevo México. Así, los ammonoideos reportados en este trabajo indicaron cuatro zonas faunísticas bien definidas en los estratos del Pérmico de Coahuila: la zona de *Perrinites* con representantes de *Bitaunioceras*, *Bactrites*, *Medlicottia* y *Adrianites* (correlacionable con las formaciones Leonard y Bone Spring del oeste de Texas y la Formación Paso Hondo de Chiapas); la zona *Waagenoceras* con los géneros *Bitaunioceras*, *Titanoceras*, *Medlicottia*, *Pseudogastriceras*, *Epithalassoceras*, *Adrianites*, *Pseudagathiceras*, *Agathiceras*, *Stacheoceras* y *Paraceltites* (correlacionable con las formaciones Cherry Canyon y Word de Texas; la porción media de Delaware Mountain; y con la serie Cache Creek de la Columbia Británica); la zona *Timorites* con representantes de *Bitaunioceras*, *Liroceras?*, *Stearoceras*, *Bactrites*, *Propinacoceras*, *Pseudogastriceras*, *Strigogoniatites*, *Adrianites*, *Stacheoceras*, *Timorites*, *Paraceltites*, *Cibolites*, *Xenodiscites* y posiblemente *Waagenoceras* (correlacionable con las formaciones Capitan, Bell Canyon, Altuda y la porción superior de Delaware Mountain del oeste de Texas); y la zona *Kingoceras*. Dado que este último género fue nuevo, no fue posible correlacionarlo con otras unidades; sin embargo, se observó la ocurrencia del fusulínido *Polydiexodina* y se señaló que *Kingoceras* es considerado un taxón más avanzado que los hallados en la zona *Timorites*. Por lo mismo, Miller (1944) sugirió que esta zona representaba un horizonte más joven que las faunas marinas reportadas en Texas y Nuevo México, siendo incluso equivalente a la serie Ochoa de Nuevo México (King *et al.*, 1944).

En cambio, Wardlaw *et al.* (1979) propusieron cinco unidades informales: Las Sardinias, El Tordillo, Palo Quemado, La Difunta y La Colorada. Las faunas reportadas en este trabajo y la edad asignada coinciden en cierto grado con los registros de King *et al.* (1944). De esta manera, para la porción superior de Las Sardinias, asignada al Leonardiano, se reportaron a *P. hilli* y *P. vidriensis*. En cuanto a las unidades Palo Quemado, La Difunta y La Colorada del trabajo de Wardlaw *et al.* (1979) se pueden observar algunas tendencias que coinciden con las zonas de *Waagenoceras*, *Timorites* y *Kingoceras* de King *et al.* (1944). Sin embargo, cabe resaltar que en el trabajo de Wardlaw *et al.* (1979) las unidades que son aproximadamente equivalentes al Roadiano y Wordiano (Palo Quemado y La Difunta) no se identifican fácilmente por al menos una fauna irrefutable de ammonoideos. Con respecto a La Colorada, Leonova (2011) menciona que no hay un acuerdo sobre su edad, pues diversos autores la han fechado como wuchiapingiana por la aparición de los primeros araxocerátidos. No obstante, Leonova (2011) coincide con otros autores, los cuales hacen énfasis de que esta unidad corresponde a la parte superior del Capitaniano, ya que se puede correlacionar con los estratos de esta misma edad de Timor,

dada la presencia de *Episageceras*, *Timorites*, *Kingoceras*, *Stacheoceras* y *Xenodiscus* (Leonova, 2011).

Por otro lado, mencionando a los ammonoideos paleozoicos de Chiapas, en el trabajo de Mullerried *et al.* (1941) fue asignada una edad del Pérmico medio (aunque posteriormente se estableció como el final del Pérmico inferior) para las rocas carbonatadas portadoras de fósiles de la Formación Paso Hondo. Los autores indicaron esta edad por la ocurrencia de los ammonoideos: A) *Perrinites hilli*, característico de la serie Leonard de Texas, Nuevo México y Coahuila, y B) *Peritrochia mullerriedi*, cuyas formas similares están muy extendidas y son muy abundantes en el Leonardiano (=Artinskiano-Kunguriano). La edad de esta unidad fue posteriormente extendida por la presencia de diversas formas de braquiópodos del Roadiano (Guadalupiano inferior), las cuales eran correlacionables con las biotas encontradas en las formaciones Cherry Canyon (Getaway Member) y Road Canyon de Texas (Torres-Martínez *et al.*, 2019). Actualmente el alcance estratigráfico del género *Perrinites* está establecido para el Kunguriano-Roadiano (Leonova, 2002), mientras que *Peritrochia* (=Kargalites) no es conocido por ocurrir por encima de la serie Leonard (Leonova, 2002).

Para la Formación Patlanoaya de Puebla, la ocurrencia de *P. hilli* y *Properrinites* ha permitido establecer que los estratos que los contienen corresponden al Pérmico inferior. Villaseñor *et al.* (1987) mencionó que la ocurrencia de *Properrinites* indica una edad del Pérmico inferior (Asseliano-Sakmario) correspondiente al Wolfcampiano (=Cisuraliano inferior). Posteriormente, Silva-Pineda *et al.* (2003) indicaron un rango de edad del Wolfcampiano al Leonardiano para la Formación Patlanoaya. No obstante, El Albani *et al.* (2005) mencionaron que la presencia del género *Properrinites* en la porción superior de Patlanoaya indicaba que este intervalo se relacionaba con la parte basal del Wolfcampiano. En cambio, se propuso que el miembro de esta formación que contiene a *P. hilli*, pertenecía a una edad del Leonardiano superior (equivalente al Kunguriano o la parte superior del Pérmico inferior) (Villaseñor *et al.* 1987; El Albani *et al.*, 2005).

Entre los ammonoideos que se han reportado para el estado de Guerrero, sólo hay una especie en común con Sonora y tres con Coahuila (Tabla 2). El resto de los ammonoideos reportados para Guerrero sólo se conocen para la Formación Olinalá. Corona-Esquivel (1981-1983) asignó a esta formación una edad pérmica por la presencia de un representante del género *Stacheoceras* en los estratos superiores, detectando que los estratos inferiores pertenecían al Pensilvánico-Pérmico medio por la presencia del género *Agathiceras*. Para 1985, Corona-Esquivel señaló nuevamente una edad pérmica para esta unidad por la presencia de *Paraceltites elegans*, *Pseudogastriceras altudense* y *Stacheoceras tomanskyae*. Posteriormente, en el trabajo de González-Arreola *et al.* (1994) la Formación Olinalá fue dividida en 7 unidades informales, de las cuales sólo para las unidades 2, 4, 5 y 7

se reportaron fósiles, entre ellos ammonoideos, asociados con el Pérmico medio. Así, en la Unidad 2 reportaron a *Pseudogastriceras roadense* y *Stacheoceras toumanskyae*; en la Unidad 4 a *S. toumanskyae*, *Paraceltites elegans* y *Waagenoceras dieneri*; en la Unidad 5 a *P. elegans*; y en la Unidad 7 a *S. toumanskyae*. En el trabajo de Silva-Pineda *et al.* (2003) se puede encontrar información que señala una edad wordiana para la formación, pues los autores mencionaron que en las porciones inferior y media de esta unidad litostratigráfica se tienen representantes de *Waagenoceras* del Wordiano. En tanto que Vachard *et al.* (2004) atribuyeron al Wordiano los estratos con ammonoideos de Olinalá, resaltando que la edad mínima de estos estratos podría ser del Capitaniano inferior según la bioestratigrafía de los foraminíferos.

Con respecto a Sonora, sólo se conoce el registro de un espécimen de *W. dieneri* para la Formación Monos en El Antimonio. De acuerdo con Miller (1945) esta especie fue encontrada en la zona de *Spiriferina* (=Spiriferellina por Cooper *et al.*, 1953), permitiendo señalar una edad del Wordiano para la unidad. Sin embargo, el espécimen está mal preservado y fragmentado, lo que pondría en duda la asignación de dicha edad. En el trabajo de Miller (1945) se menciona que esta especie ocurre tanto en el horizonte Word como en el Capitan, aunque su presencia es rara en este último. Esto se tiene que señalar dado que estudios posteriores con conodontos (p.e. Lara-Peña *et al.*, 2021) han establecido que la Formación Monos realmente se dataría para el Wordiano-Capitaniano, asociando en realidad la biota estudiada por Cooper *et al.* (1953) con el Guadalupiano superior.

Por último y de manera general, la zonación para el Pérmico presentada por Leonova (2016) indica a *Properrinites boesei* y *Properrinites cumminsi* como índices del Sakmario; a *Neocrimites fredericksi-Medlicottia orbignyana* como índices del Artinskiano; a *Perrinites hilli* como índice del Kunguriano; a *Daubichites goochi-Demarezites oyensi* (sin representantes en México) como índices del Roadiano; a *Adrianites elegans-Waagenoceras dieneri* como índices del Wordiano; a *Eoaraxoceras ruzhencevi-Kingoceras kingi* y *Timorites schucherti-Cibolites uddeni* como índices del Capitaniano; y a *Araxoceras ventrosulcatum* y *Araxoceras latissimum* como índices del Wuchiapingiano.

Tomando en cuenta toda la información anterior, se proponen los alcances estratigráficos generales, a modo de zonación, de los diferentes géneros de ammonoideos que se pueden encontrar en México (Figura 2).

### 3.3. Implicaciones paleobiogeográficas

Los ammonoideos son rara vez utilizados para estudios paleogeográficos detallados porque se considera que son demasiado móviles para la separación de distintas unidades biogeográficas. Debido a su modo de vida pelágico, su distribución podría verse influenciada por varios factores, incluido el modo de vida, que puede

Pérmico	Lopingiano		Changhsingiano	<i>Eoaraxoceras</i> <i>Cibolites</i> <i>Timorites</i> <i>Kingoceras</i> <i>Waagenoceras</i> <i>Perrinites</i> <i>Adrianites-Neocrimites</i> <i>Medlicottia</i> <i>Properrinites</i>	
	Wuchiapingiano				
	Guadalupiano		Capitaniano		
			Wordiano		
			Roadiano		
	Cisuraliano		Kunguriano		
			Artinskiano		
			Sakmariano		
			Asseliano		
	Carbonífero	Pensilvánico	Superior		Gzheliano
Kasimoviano					
Medio			Moscoviano		
Inferior			Bashkiriano		
Misisípico		Superior	Serpukhoviano		
			Medio	Viseano	
		Inferior	Tournaisiano		

Figura 2. Biozonación a partir de los alcances estratigráficos de géneros de ammonioideos carboníferos y pérmicos presentes en México.

cambiar a través de la ontogenia, así como la dispersión *post mortem* (Korn y De Baets, 2015).

Respecto a los ammonioideos misisípicos de México, el mar Paleotethys sirvió como vía de dispersión entre las biotas que se encuentran en Europa, Asia, Norteamérica y México. Por ejemplo, la afinidad que existe entre las faunas de la Formación Santiago con las encontradas en el centro-oeste de Estados Unidos se podría explicar bajo el esquema de Ortega-Gutierrez *et al.* (1995), en el cual el microcontinente Oaxaquia se acrecionó con Norteamérica durante el Misisípico temprano, prevaleciendo mares epicontinentales que cubrieron la región del Midcontinent y la parte sur de México (Sour-Tovar, 1994; Quiroz-Barroso *et al.*, 2000; Navarro-Santillán *et al.*, 2002). Cabe resaltar que, durante el Misisípico, el océano Rheico aún se encontraba abierto, el cual se cerró al fusionarse Gondwana y Laurentia a finales del Carbonífero temprano (Serpukhoviano). Debido a esto, para el Pensilvánico se modificó la conformación continental, y, por lo tanto, la distribución de los organismos marinos. Lo anterior se refleja en que para este periodo sólo se tienen registros en común con los territorios que en ese entonces se ubicaban en zonas de la costa oeste de lo que sería Pangea (Perú, África, EUA, Rusia).

Respecto a los ammonioideos del Pérmico, es evidente que las biotas de México están principalmente relacionadas con las de Texas en los Estados Unidos, además de otras regiones del hemisferio oriental (King *et al.*, 1944). No obstante, se ha sugerido que al principio del periodo existían dos grandes regiones de distribución de estos cefalópodos. Estas se ubicaban en los hemisferios oriental y occidental, pero ambos restringidos al norte geográfico, probablemente por la glaciación que comenzó en el Carbonífero (Leonova, 2011). Así, se reconocieron cinco grandes reinos de ammonioideos

pérmicos: Uraliano, Norteamericano, Ártico, Australia y Paleotethys. Además, el Reino de Paleotethys fue subdividido en tres regiones (central, occidental y oriental) (Leonova, 2011). Los ammonioideos del Asseliano tardío y del Sakmariano se encontraban en la parte central del Paleotethys, al sureste de El Pamir, el suroeste de China, Darvaz, Malasia, Tailandia y Timor. Esto coincide con el único registro en México equivalente a estas edades, el cual corresponde a un representante de *Properrinites* del Wolfcampiano cuyos registros internacionales incluyen el Asseliano de El Pamir y del suroeste de China. Es probable que el género *Properrinites* migrara desde las cuencas americanas hacia el Reino de Paleotethys a principios del Pérmico temprano, debido a que su origen se ha señalado para el Reino Americano (Leonova, 2011). Para finales del Pérmico, en el Reino Americano estuvieron presentes los géneros aborígenes *Metacrimites*, *Perrinites* y *Stacheoceras*, los cuales están registrados en México. De manera contemporánea, en la parte central y oriental del Reino Paleotethys (correspondiente a las cuencas de El Pamir, Afganistán, Tailandia, Timor, así como a las del sur y el norte de China) ocurrían diversos representantes de las familias *Medlicottiidae*, *Adrianitidae* y *Perrinitidae* (Leonova, 2011).

Cabe resaltar que es evidente la semejanza taxonómica de ammonioideos que se presentó entre estos dos reinos (p.e. *Metacrimites* y *Perrinites* de finales del Cisuraliano), denotando que pudo existir un intercambio de faunas entre el Reino Paleotethys y el Reino Americano, entre los cuales debieron existir rutas migratorias, además de que probablemente tenían ambientes similares. Incluso, se ha propuesto que para el Wordiano-Capitaniano la fauna de ammonioideos de Norteamérica fue muy similar a la del Reino Paleotethys, pudiendo haber existido una posible comunicación directa a través del Océano Pantalásico. Esto último apoyado por la ocurrencia de los géneros *Mexioceras* y *Eoaraxoceras* en las cuencas del Paleotethys. Mientras que, formas de los géneros del Paleotethys como *Propinacoceras*, *Stacheoceras*, *Agathiceras*, *Nodosageceras* y *Timorites* han sido reportadas en los estratos pérmicos del territorio mexicano (Leonova, 2011).

Resalta que también pudo haber existido comunicación del Reino Americano con los Reinos Uraliano y Ártico dado que las familias *Paragastrioceratidae* y *Panoceratidae*, originadas en el Reino Uraliano (Montes Urales y norte de Kazajistán), cuentan con diferentes representantes en México. Además, para el Reino Ártico (este de Groenlandia) se identificaron diversas especies de los géneros *Cyclolobus*, *Paramexioceras*, *Neogeoceras* y *Eumedlicottia*, ocurriendo los últimos dos en territorio mexicano (Leonova, 2011).

#### 4. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos es evidente que, en comparación con los trabajos realizados con

ammonoideos del Pérmico de México, hay una gran escasez de estudios dedicados a estos cefalópodos del Carbonífero en el territorio mexicano, pues los reportes totales de seis familias, seis géneros y seis especies para el Carbonífero mexicano contrastan claramente con los registros totales de 13 familias, 24 géneros y 47 especies para el Pérmico de México. Por lo tanto, resalta la ausencia de reportes y falta de trabajos dedicados al estudio de ammonoideos en todas las secuencias marinas del Paleozoico del país.

Con respecto a las implicaciones paleoambientales, los ammonoideos no son organismos clave para determinar un paleoambiente por su sola presencia en los estratos; sin embargo, considerando la abundancia de sus fósiles en zonas relacionadas con aguas someras o cercanas a bancos de arena o arrecifales, se puede sugerir que durante el Paleozoico tardío (Carbonífero-Pérmico) este grupo tuvo cierta preferencia por hábitats poco profundos; cuya tendencia cambió drásticamente hacia el Mesozoico.

Debido a sus características, los ammonoideos del Paleozoico superior son un proxy muy útil para establecer biozonas y fechar relativamente a las rocas portadoras. Para México, el Viseano (Misisípico Medio) está representado por las zonas de *Beyrichoceras* y *Goniatites*. Mientras que la zona de *Branneroceras* se ha asociado con el Pensilvánico Inferior y la zona de *Vidrioceras-Shumardites* con el Pensilvánico Superior. Finalmente, para el Pérmico, se sugieren las zonas de *Properrinites* (Sakmario), *Perrinites-Adrianites/Neocrimites-Medlicottia* (Artinskiano-Kunguriano), *Perrinites* (Kunguriano-Roadiano), *Waagenoceras* (Woradiano-Capitaniano), *Cibolites-Timorites* (Capitaniano), *Kingoceras* (Capitaniano-Wuchiapingiano) y *Hoaraxoceras* (Wuchiapingiano).

Durante el Carbonífero el océano Paleotethys y la continuidad en mares epicontinentales contribuyeron al intercambio de biotas entre Europa, Asia y Norteamérica (incluyendo México), además de que la distribución de los organismos marinos debió verse afectada por los cambios en la conformación continental que clausuraban o abrían diferentes océanos. Para el Pérmico la identificación de taxones principalmente pertenecientes a los Reinos Americano y Paleotethys permitió inferir la existencia de rutas migratorias marítimas en el Océano Pantalásico, las cuales favorecieron el intercambio de biotas entre México con el resto de Norteamérica y Eurasia.

## Agradecimientos

Este trabajo se le dedica a la Dra. Celestina González Arreola, dada su importante trayectoria en el estudio de los ammonoideos de México, incluyendo los del Paleozoico. También, agradecemos los comentarios y sugerencias realizados por dos revisores anónimos, los cuales enriquecieron el manuscrito original.

## Referencias

- Alanis-Pavón, A. (2020). *Ammonoideos del Pérmico medio (Guadalupeño) de las localidades Las Manuelas I y Las Difuntas-18 de Coahuila, México consideraciones estratigráficas*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría, 101 pp.
- Aldana, M., Chacaltana, C. & Tejada, L. (2020). Ammonites del Perú: reconocimiento, distribución y registro estratigráfico. *INGEMMET, Boletín, Serie D: Estudios Regionales*, 34, 314 pp.
- Bianchi, C. & Jacay, J. (2015). Evolución paleogeográfica fanerozoica de la región nor-occidental de la margen peruana y sus posibilidades hidrocarburíferas: *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 110, 110–114.
- Böse, E. (1919[1917]). The Permo-Carboniferous ammonoids of the Glass Mountains, west Texas, and their stratigraphical significance. *University of Texas Bulletin*, 1762, 1–241.
- Bridges, L.W. (1964). Stratigraphy of Mina Plomosas-Placer de Guadalupe area. Geology of Mina Plomosas-Placer de Guadalupe area, Chihuahua, Mexico. *West Texas Geological Society, Field Trip Guidebook, Publication*, 64–50, 50–59.
- Carrillo-Bravo, J. (1961). Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 13 (1 y 2), 1–98.
- Castillo-Espinoza, K.M. (2013). *Sistemática de braquiópodos, cefalópodos y crinoideos del Misisípico Medio de la formación Santiago, Santiago Ixtaltepec, Oaxaca*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de maestría, 112 pp.
- Cooper, G.A. & Grant, R.E. (1972). Permian brachiopods of west Texas, I. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 14, 1–231.
- Cooper, G.A. & Grant, R. E. (1977). Permian Brachiopods of West Texas, VI. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 32, 3161–3370.
- Cooper, G.A., Dunbar, C.O., Duncan, H., Miller, A.K. & Knight, J.B. (1953). Permian fauna at El Antimonio, western Sonora, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 119(2), 1–111.
- Corona-Esquivel, R. (1983). Estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, Noroeste del Estado de Guerrero. *Revista del Instituto de Geología*, 5(1), 17–24.
- Corona-Esquivel, R. (1985). *Geología de la región comprendida entre Olinalá y Huamuxtitlán, Estado de Guerrero*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de maestría, 117 pp.
- De Baets, K., Hoffmann, R., Sessa, J.A. & Klug, C. (2016). Fossil Focus: Ammonoids. *Palaeontology Online*, 6 (2), 1–15.
- de Haan, W. (1825). *Monographiae ammoniteorum et goniatiteorum specimen*. Lugduni Batavorum, H.W. Hazenberg, 168 pp.
- Dobbs, S.C., Riggs, N.R., Marsaglia, K.M., González-León, C.M., Cecil, M.R. & Smith, M.E. (2021). The Permian Monos Formation: stratigraphic and detrital zircon evidence for Permian Cordilleran arc development along the southwestern margin of Laurentia (northwestern Sonora, Mexico): *Geosphere*, 17(2), 520–537.
- El Albani, A., Vachard, D., Fürsich, F. Buitrón, B. & Flores de Dios, A. (2005). Depositional environment and biofacies characterization of the Upper Pennsylvanian-Lower Permian deposits of the San Salvador Patlanoaya section (Puebla, Mexico). *Facies*, 50, 629–645.
- Elias, M.K. (1938). *Properrinites plummeri* Elias, n. gen and sp., from Late Paleozoic rocks of Kansas, Part III of Studies of Late Paleozoic ammonoids. *Journal of Paleontology*, 12, 101–105.
- Flores de Dios, A. & Buitrón, B.E. (1982). Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero. *Universidad Autónoma de Guerrero, Serie Técnico Científica*, 12, 1–28.
- Flores de Dios, A., Vachard, D. & Buitrón, B.E. (2000). La cubierta sedimentaria pérmica superior (formaciones Olinalá, Ihualtepec y Yododeñe) de los terrenos Zapoteco y Mixteco, evolución sedimentológica e interpretaciones paleogeográficas (resumen). En: *Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Puerto Vallarta, Jalisco, México: México, GEOS, Unión Geofísica Mexicana*, 20(3), 21–22.

- Gemmellaro, G.G. (1887). La Fauna dei Calcari con Fusulina della Valle del Fiume Sosio nella Provincia di Palermo, Fascicolo I-Ammonoidea. *Giornale di Scienze Naturali e Economiche*, 19, 1–106.
- Girty, G.H. (1908). The Guadalupian fauna. *United States Geological Survey Professional Paper*, 58, 1–651.
- González-Arreola, C., Villaseñor-Martínez, A.B. & Corona-Esquivel, R. (1994). Permian fauna of the Los Arcos Formation, Municipality of Olinalá, State of Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 11(2), 214–221.
- Gutiérrez-Quinto, M.P. (2002). *Análisis de facies y microfacies del miembro carbonatado de la formación Olinalá (Pérmico), Estado de Guerrero: Taxco, Guerrero*. México, Universidad Autónoma de Guerrero, Tesis profesional, 109 pp.
- Haniel, C.A. (1915). *Die Cephalopoden der Dyas von Timor: Paläontologie von Timor*, 3(6): Stuttgart, E. Schweizerbart, Nägele und Dr. Sprosser.
- Hernández-García, R. (1973). Paleogeografía del Paleozoico de Chiapas, México. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 25, 77–134.
- Juárez-Arriaga, E. & Murillo-Muñetón, G. (2020). Arquitectura estratigráfica, ambientes de depósito y geocronología de la Formación Olinalá (Pérmico tardío), noreste de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 37(3), 179–196.
- Kennedy, W.J. & Cobban, W.A. (1976). Aspects of ammonite biology, biogeography and biostratigraphy. *Special Papers in Palaeontology*, 17, 94 pp.
- King, R.E. (1944). Geology, Part I of Geology and paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southwestern Coahuila, Mexico. *Geological Society of America Special Paper*, 52, 3–33.
- 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, 236 pp.
- Korn, D. & De Baets, K. (2015). Biogeography of paleozoic ammonoids. En: Klug, C., Korn, D., De Baets, K., Kruta, I. & Mapes, R.H. (eds.). *Ammonoid paleobiology: from macroevolution to paleogeography: Topics in Geobiology*, 44, Springer, 145–161.
- Korn, D. & Klug, C. (2015). Paleozoic ammonoid biostratigraphy. En: Klug, C., Korn, D., De Baets, K., Kruta, I. & Mapes, R.H. (eds.). *Ammonoid paleobiology: from macroevolution to paleogeography: Topics in Geobiology*, 44, Springer, 299–328.
- Lara-Peña, R.A., Navas-Parejo, P. & Torres-Martínez, M.A. (2021). Permian autochthony of northwestern Mexico based on conodont paleogeographic relationships with southwestern Laurentia. *Newsletters on Stratigraphy*, 54(3), 363–376.
- Leonova, T.B. (2002). Permian ammonoids: classification and phylogeny. *Paleontological Journal*, 36(1), 1–114.
- Leonova, T.B. (2011). Permian ammonoids: biostratigraphic, biogeographical, and ecological analysis. *Paleontological Journal*, 45(10), 1206–1312.
- Leonova, T.B. (2016). Permian ammonoid biostratigraphy. En: Lucas, S.G. & Shen, S.Z. (eds.). *The Permian Timescale: London, Geological Society, Special Publications*, 450, 185–203.
- López-Ramos, E. (1985). *Geología de México*, tomo II, tercera edición: México, 454 pp.
- Malpica, C.R. & De La Torre, L.G. (1980). *Integración estratigráfica del Paleozoico de México, Proyecto C-1079, Parte I: México*, Instituto Mexicano del Petróleo, 267 pp.
- Miller, A.K. (1944). Permian cephalopods, Part IV of Geology and paleontology of the Permian area northwest of Las Delicias, southeastern Coahuila, Mexico. *Geological Society of America Special Paper*, 52, 71–127.
- Miller, A.K. (1945). A Permian ammonoid from Sonora. *Journal of Paleontology*, 19 (1), 22.
- Miller, A.K. (1947). A goniatite from the Mississippian Boone Formation of Missouri. *Journal of Paleontology*, 21(1), 19–22.
- Miller, A.K. & Furnish, W.M. (1940). Permian ammonoids of the Guadalupe Mountain region and adjacent areas. *Geological Society of America Special Paper*, 26, 1–242.
- Miller A.K. & Furnish, W.M. (1941). Ammonoids, Part 2 of The Middle Permian of Chiapas, southernmost Mexico, and its fauna. *American Journal of Science*, 239, 397–406.
- Miller, A.K. & Downs, H.R. (1948). A cephalopod fauna from the type section of the Pennsylvanian “Winslow Formation” of Arkansas. *Journal of Paleontology*, 22 (6), 672–680.
- Miller, A.K. & Garner, H.F. (1953). The goniatite genus *Prolecanites* in America. *Journal of Paleontology*, 27(6), 814–816.
- Montgomery, H. (2004). Deposition and emplacement of Permian reefs in Sierra Plomosa, Chihuahua, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21(2), 236–246.
- Morales-Soto, S. (1984). *Estudio paleoecológico del Paleozoico superior (Pensilvánico) de Santiago Ixtaltepec, Oaxaca*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis profesional, 57 pp.
- Mullerried, F.K.G., Miller, A.K. & Furnish, W.M. (1941). The Middle Permian of Chiapas, southernmost Mexico, and its fauna. *American Journal of Science*, 239, 397–406.
- Murray, G.E., Furnish, W.M. & Carrillo, J. (1960). Carboniferous goniatites from Caballeros Canyon, State of Tamaulipas, Mexico. *Journal of Paleontology*, 34(4), 731–737.
- Navarro-Santillán, D., Sour-Tovar, F. & Centeno-García, E. (2002). Lower Mississippian (Osagean) brachiopods from the Santiago Formation, Oaxaca, Mexico: stratigraphic and tectonic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 15(3), 327–336.
- Ortega-Gutierrez, F., Ruiz, J. & Centeno-García, E. (1995). Oaxaquia a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the late Paleozoic. *Geology*, 23, 1127–1130.
- Pantoja-Alor, J. (1970). Rocas sedimentarias paleozoicas de la región centro-septentrional de Oaxaca. *Sociedad Geológica Mexicana, Libro guía de la Excursión México-Oaxaca*, 67–84.
- Pérez-Ramos, O. (2001). *Bioestratigrafía del Pérmico en Sonora y consideraciones paleobiogeográficas*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de doctorado, 173 pp.
- Phillips, J. (1836). *Illustrations of the Geology of Yorkshire: The Mountain limestone district*. London, J. Murray, 370 pp.
- Plummer, F.B. & Scott, G. (1937). Upper Paleozoic ammonites in Texas, Part 1 of The geology of Texas, Volume III. *The University of Texas Bulletin*, 3701, 1–516.
- Quiroz-Barroso, S.A. (1995). *Bivalvos del Carbonífero de Nochistlán, Oaxaca*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de doctorado, 86 pp.
- Quiroz-Barroso, S.A., Pojeta, J., Sour-Tovar, F. & Morales-Soto, S. (2000). Pseudomulceodens: a Mississippian rostroconch from Mexico. *Journal of Paleontology*, 74(6), 1184–1186.
- Ramsbottom, W.H.C. & Saunders, W.B. (1985). Evolution and evolutionary biostratigraphy of carboniferous ammonoids. *Journal of Paleontology*, 59 (1), 123–139.
- Rivera, S. & Buitrón, B. (1999). Consideraciones bioestratigráficas y paleoecológicas de Patlanoaya, Puebla, e Ixtaltepec, Oaxaca, de acuerdo a su paleofauna. *Revista de Investigación Universitaria Multidisciplinaria de la Universidad Simón Bolívar, número especial dedicado a la investigación*, 10–15.
- Ruzhencev, V.E. (1933). Concerning some Lower Permian ammonoids of the Aktyubinsk region. *Moscow Society of Naturalists Bulletin, Society of Geology*, 11(2), 164–180.
- Ruzhentsev, V.E. (1940). On the family Adrianitidae Schindewolf. *Comptes Rendus (Doklady) de l'Académie des Sciences de l'URSS*, 26, 837–840.
- Ruzhentsev, V.E. (1976). Late Permian ammonoids from the Soviet far east. *Paleontological Journal*, 10(3), 277–290.
- Silva-Pineda, A., Buitrón, B.E. & Flores de Dios, A. (1998). Biota (continental y marina) del Pérmico de la región de Olinalá, estado de Guerrero (resumen). En: *Primera Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Puerto Vallarta, Jalisco, México*. México GEOS, Unión Geofísica Mexicana, p. 55.
- Silva-Pineda, A., Buitrón, B.E. & Flores de Dios, A. (2000). Presencia de coníferas en el Pérmico (Leonardiano) de Calnali, Hgo., Patlanoaya Pue. y Olinalá, Gro. (resumen). En: *Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Puerto Vallarta, Jalisco*

- co, México. México, GEOS, Unión Geofísica Mexicana, 20(3), 298–299.
- Silva-Pineda, A., Buitrón, B.E., Arellano-Gil, J., Vachard, D. & Ramírez, J. (2003). Permian continental and marine biota of South-Central México: a synthesis. En: Bartolini, C., Buffler, R.T. & Blickwede, J. (eds.). *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 79, 462–475.
- Smith, J.P. (1903). The Carboniferous ammonoids of America. *Mono-graphs of the United States Geological Survey*, 52, 1–211.
- Sour-Tovar, F. (1994). *Braquiópodos Pensilvánicos del área de Santiago Ixtaltepec, Municipio de Nochixtlán, Oaxaca*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de maestría, 55 pp.
- Sour-Tovar, F., Calderón M.A. & Ramírez, F. (1982). Comunidades arrecifales de la Formación Ixtaltepec de edad pensilvánica, Oaxaca México (resumen). En: *VI Congreso Nacional de Zoología, México*. México, Paleobiología.
- Spinosa, C. & Glenister, B.F. (2000). Ancestral Araxoceratinae (Upper Permian Ammonoidea) from Mexico and Iran. *The Guadalupian Symposium, Smithsonian Contributions to the Earth Sciences*, 32, 397–406.
- Spinosa, C., Furnish, W.M. & Glenister, B.F. (1970). Araxoceratidae, Upper Permian ammonioideos, from the Western Hemisphere. *Journal of Paleontology*, 44 (4), 730–736.
- Spinosa, C., Furnish, W.M. & Glenister, B.F. (1975). The Xenodiscidae, Permian ceratitoid ammonioideos. *Journal of Paleontology*, 49 (2), 239–283.
- Téllez-Girón, C. & Nestell, M. (1983). Microfacies y zonificación del Pérmico de las Delicias, Coahuila, México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 15 (3), 6–45.
- Thomas, H.D. (1928). An Upper Carboniferous fauna from the Amotape Mountains, north-western Peru. *Geological Magazine*, 65, 146–152, 215–234, 289–301.
- Torres-Martínez, M.A., Barragán, R., Sour-Tovar, F. & González-Mora, S. (2017). Depositional paleoenvironments of the Lower Permian (upper Cisuralian) carbonate succession of Paso Hondo Formation in Chiapas State, southeastern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 79, 254–263.
- Torres-Martínez, M.A., Heredia-Jiménez, D.P., Sour-Tovar, F., Buitrón-Sánchez, B.E. & Barragán, R. (2019). Permian brachiopods from Chiapas, Mexico: new stratigraphical and paleobiogeographical insights. *Paläontologische Zeitschrift*, 93, 607–624.
- Vachard, D., Flores de Dios, A., Pantoja, J., Buitrón, B.E., Arellano, J. & Grajales, M. (2000). Les fusulines du Mexique, une revue biostratigraphique et paléogéographique. *Geobios*, 33(6), 655–679.
- Vachard, D., Flores de Dios, A. & Buitrón, B. (2004). Guadalupian and Lopingian (Middle and late Permian) deposits from Mexico and Guatemala, a review with new data. *Geobios*, 37, 99–115.
- Vázquez-Echeverría, A. (1986). Descubrimiento de una nueva localidad de rocas marinas del Paleozoico al suroeste del Estado de Puebla. En: *XXIV Congreso Nacional de la Asociación de Geólogos Petroleros Mexicanos, México*. México, PEMEX, Departamento Exploración Zona Centro, 19.
- Villaseñor, A.B., Martínez, A. & Contreras, B. (1987). Bioestratigrafía del Paleozoico superior de San Salvador Patlanoaya, Puebla, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 1, 396–417.
- Waagen, W. (1880). Salt-Range fossils; Productus limestone fossils: *Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica*, series 13, volume 1.
- Wardlaw, B.R., Furnish, W.M. & Nestell, M.K. (1979). Geology and paleontology of the Permian beds near Las Delicias, Coahuila, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 90(1), 111–116.
- Wright, J.K. (2012). Ammonites. *Geology Today*, 28(5), 186–191.

## Anexo

Anexo 1. Tabla con nombres actualizados de los registros de ammonioideos.

Especie registrada originalmente	Colección en PBDB	Nombre actualizado	Otros nombres
<i>Pseudoparalegoceras amotapense</i> Thomas 1928	-	<i>Phaneroceras amotapense</i> Thomas 1928	<i>Gastrioceras amotapense</i>
<i>Peritrochia (Marathonites) cf. genti</i> Smith 1903	-	<i>Cardiella ganti</i> Smith 1903	<i>Marathonites ganti</i> <i>Popanoceras ganti</i>
<i>Waagenoceras dieneri</i> Böse 1919	62906	<i>Demarezites</i> sp. Ruzhencev 1955	-
<i>Waagenoceras guadalupense</i> Girty 1908	62920 62921 62922 63055	<i>Mexioceras guadalupense</i> Girty 1908	<i>Waagenoceras clavatum</i> Plummer y Scott 1937
<i>Medlicottia whitneyi</i> Böse 1919	63101	<i>Eumedlicottia whitneyi</i> Böse 1919	<i>Eumedlicottia crotonensis</i> Plummer y Scott 1937
<i>Medlicottia girtyi</i> Miller y Furnish 1940	63055	<i>Neogeoceras girtyi</i> Miller y Furnish 1940	-
<i>Medlicottia burckhardti</i> Böse 1919	63055 63051 62925 62916 62921	<i>Eumedlicottia burckhardti</i> Böse 1919	<i>Eumedlicottia guadalupensis</i> Plummer y Scott 1937
<i>Adrianites plummeri</i> Miller 1944	63055	<i>Metacrimites plummeri</i> Miller 1944	-
<i>Adrianites newelli</i> Miller y Furnish 1940	63101 63102	<i>Metacrimites newelli</i> Miller y Furnish 1940	<i>Neocrimites newelli</i>
<i>Adrianites dunbari</i> Miller y Furnish 1940	62907	<i>Metacrimites dunbari</i> Miller y Furnish 1940	-

Especie registrada originalmente	Colección en PBDB	Nombre actualizado	Otros nombres
<i>Pseudogastrioceras roadense</i> Böse 1919	62907 - 62916 62921 63055 63057	<i>Roadoceras roadense</i> Böse 1919	<i>Pseudogastrioceras globulosissimum</i> Plummer y Scott 1937 <i>Altudoceras roadense</i> <i>Gastrioceras roadense</i> <i>Paragastrioceras roadense</i>
<i>Pseudogastrioceras altudense</i> Böse 1919	-	<i>Altudoceras altudense</i> Böse 1919	<i>Gastrioceras altudense</i> <i>Paragastrioceras altudense</i>
<i>Pseudogastrioceras haacki</i> Miller 1944	63100 62907	<i>Roadoceras haacki</i> Miller 1944	<i>Altudoceras haacki</i>
<i>Stacheoceras toumanskya</i> Miller y Furnish 1940	62907 - 82066 82067 82068 73588	<i>Stacheoceras toumanskayae</i> Miller y Furnish 1940	-
<i>Xenodiscites waageni</i> Miller y Furnish 1940	62907	<i>Cibolites waageni</i> Miller y Furnish 1940	-
<i>Cibolites mojsisovicsi</i> Miller 1944			
<i>Peritrochia mullerriedi</i> Miller y Furnish 1941	179301	<i>Kargalites mullerriedi</i> Miller y Furnish 1941	<i>Kargalites mulleriedi</i>
<i>Popanoceras bowmani</i> Böse 1919	-	<i>Neopopanoceras bowmani</i> Böse 1919	<i>Stacheoceras bowmani</i> <i>Tauroceras bowmani</i>