



Revisión bioestratigráfica y paleoambiental de los protistas e invertebrados marinos de Tamaulipas, México

Biostratigraphical and paleoenvironmental revision of marine protists and invertebrates from Tamaulipas, Mexico

Becerra-Rodríguez, Ángel G.^a; Torres-Martínez, Miguel A.^{b,*}; Correa-Sandoval, Alfonso^a

^aLaboratorio de Malacología, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil, #1301, Pte. A.P. 175, 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

^bDepartamento de Paleontología, Instituto de Geología, Circuito de la Investigación Científica S/N, Colonia Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

*miguelatm@geologia.unam.mx

Resumen

Tamaulipas posee numerosas secuencias sedimentarias de origen marino. Las unidades litológicas preservadas poseen un abundante registro fósil de diversos grupos de protistas e invertebrados, representando distintos periodos y épocas del Fanerozoico. A pesar de la gran diversidad faunística reportada, el conocimiento de estas biotas es limitado, requiriendo de una mayor atención, incluyendo a grupos que son prácticamente desconocidos, tal como trilobites, bivalvos, gasterópodos, corales, esponjas y briozoos paleozoicos; esponjas, corales y crinoideos mesozoicos; cefalópodos y corales cenozoicos. Se plantea que los fósiles índice deberían ser revisados o actualizados, ya que algunos taxones han sido reclasificados, descritos incorrectamente o que actualmente se les reconoce con alcances estratigráficos mayores. Las rocas sedimentarias de Tamaulipas poseen valiosa información para el entendimiento de la historia geológica del noreste mexicano debido a los cambios en el nivel del mar y evolución de sus cuencas sedimentarias; sin embargo, los ambientes deposicionales tampoco han sido estudiados íntegramente para la región. Cabe resaltar que en localidades como el Cañón del Novillo (Victoria), “El Cielo” (Gómez Farías), Cañón de la Servilleta (Mante), así como en los yacimientos de los municipios de Bustamante, Hidalgo, Tula y San Carlos, afloran rocas con potencial fosilífero que no han sido estudiadas hasta el momento.

Palabras clave: estratigrafía, facies, invertebrados, paleogeografía, protistas, Tamaulipas.

Abstract

Tamaulipas state has numerous sedimentary sequences of marine origin. The preserved lithological units have an abundant fossil record composed of diverse protists and invertebrates, representing different Phanerozoic periods and epochs. Despite the great diversity of fauna reported, the knowledge of these biotas is still limited and require major attention, including practically unknown groups, such as trilobites, bivalves, gastropods, corals, sponges, and bryozoans from the Paleozoic; sponges, corals, and crinoids from the Mesozoic; cephalopods and corals from the Cenozoic. It is suggested that the index fossils should be revised or updated since some taxa have been reclassified, wrongly described, or currently are recognized with larger stratigraphic ranges. Tamaulipas sedimentary rocks have valuable information for understanding the geologic history of Mexican northeastern because of the sea-level changes and evolution of its sedimentary basins. However, depositional environments have not been sufficiently studied for the region either. It is worth noting that in the localities Cañón del Novillo (Victoria), “El Cielo” (Gómez Farías), Cañón de la Servilleta (Mante), as well as in the deposits from Bustamante, Hidalgo, Tula, and San Carlos Municipalities outcrop strata with fossil potential that have not been studied so far.

Keywords: stratigraphy, facies, invertebrates, paleogeography, protists, Tamaulipas.

1. Introducción

En el noreste de México existen numerosas localidades donde afloran secuencias sedimentarias de origen marino, para las cuales se han realizado estudios enfocados en la geología, estratigrafía y paleontología de la región. En particular, los protistas e invertebrados fósiles han sido una herramienta fundamental para establecer las edades de las rocas portadoras, así como para determinar los tipos de paleoambientes que predominaban en el pasado. En este contexto, el noreste mexicano resulta ser de gran importancia, ya que aquí se han registrado diversos grupos marinos pertenecientes a diferentes edades fanerozoicas. Ejemplo de esto son algunos trabajos, sin incluir al estado de Tamaulipas, enfocados en fusulínidos (p.ej. Dunbar, 1944), conuláridos (p.ej. Quiroz-Barroso *et al.*, 2019), gasterópodos (p.ej. Guajardo-Cantú *et al.*, 2019; Vega *et al.*, 2019), braquiópodos (p.ej. Cloud, 1944; Heredia-Jiménez *et al.*, 2019; Torres-Martínez *et al.*, 2019); trilobites (p.ej. Sour-Tovar *et al.*, 2016), crustáceos (p.ej. Vega *et al.*, 2007, 2013, 2016; Martínez-Díaz *et al.*, 2017; Torres-Martínez *et al.*, 2020), crinoideos (p.ej. Esquivel-Macias *et al.*, 2004; Villanueva-Olea *et al.*, 2021) y amonoideos (p.ej. Miller, 1944; Humphrey, 1949; Cantú-Chapa, 1976; Barragán y Maurrased, 2008; Ovando-Figueroa *et al.*, 2015; Zell y Stinnesbeck, 2016a, 2016b; Zell *et al.*, 2016a; Mendoza-Maya *et al.*, 2017; Ifrim *et al.*, 2017, 2019; Ifrim, 2019), los cuales, no solo se han encaminado en la descripción taxonómica de un grupo particular, sino también en la caracterización estratigráfica y/o paleoambiental del área estudiada.

En el estado de Tamaulipas también se pueden encontrar diversos grupos fósiles preservados en rocas fanerozoicas de distintas edades (Becerra-Rodríguez *et al.*, 2020). El Paleozoico se caracteriza principalmente por faunas compuestas de diferentes invertebrados como braquiópodos, crinoideos y trilobites (Boucot *et al.*, 1997; Buitrón-Sánchez *et al.*, 1998; Sour-Tovar *et al.*, 2005), mientras que para las secuencias mesozoicas ocurren comúnmente calpionelidos (Eguiluz-De Antuñano *et al.*, 2012) y amonites (Imlay, 1937, 1938, 1940; Cantú-Chapa, 2012; Ifrim y Stinnesbeck, 2013). Por otro lado, existen varios estudios que reportan foraminíferos bentónicos, pertenecientes al denominado límite K/Pg (Alegret y Thomas, 2001; Alegret *et al.*, 2002); en tanto que para el Paleógeno y Neógeno se han descrito varios taxones de bivalvos, gasterópodos y equinoideos (Israelsky, 1933; Gardner, 1945).

Aunque algunos de estos taxones no son considerados fósiles índice, su edad fue establecida por la asociación que formaban con otros grupos taxonómicos. Esta información resalta la diversidad de faunas marinas ocurriendo en el estado de Tamaulipas, las cuales, no solo han permitido afinar las edades de los afloramientos, sino también han brindado detalles importantes para poder considerarlas como elementos de asociaciones bióticas que habitaron ambientes específicos. Desafortunadamente,

aún prevalecen numerosas localidades y material que no han sido estudiados, ya sea por falta de información o por problemas para acceder a las localidades en cuestión. En este sentido, y dado que existe la necesidad de definir la edad de las rocas portadoras para reconocer eventos evolutivos, geológicos o paleogeográficos, es que se plantea el presente trabajo, ya que actualiza la información acerca de la fauna y bioestratigrafía del estado de Tamaulipas, basada en estudios previos sobre los protistas e invertebrados marinos de la región. Con esto, se espera poder facilitar los trabajos de índole geológica o paleontológica, que más adelante se puedan llevar a cabo en el noreste de México.

2. Estratigrafía y bioestratigrafía

2.1. Paleozoico

En Tamaulipas, el Paleozoico (Tabla 1) se encuentra representado por rocas que afloran en los cañones de Caballeros y La Peregrina, en el municipio de Victoria, los cuales dividen al Anticlinorio Huizachal-Peregrina (AHP) que forma parte de la provincia morfológica de la Sierra Madre Oriental (Eguiluz-De Antuñano *et al.*, 2000) (Figura 1). Con respecto al basamento del AHP, las rocas más antiguas corresponden al complejo Gneis Novillo, que se encuentra representado por gneis de cuarzo y feldespato con antorsita masiva, seguidos de una secuencia de gneis cuarzo-feldespático con intercalaciones de mármol y esquistos grafiticos, mientras que dentro de dicha unidad también ocurren migmatitas, nelsonitas y diques pre y post-metamórficos (Ortega-Gutierrez, 1978; Ramírez-Ramírez, 1992; Alemán-Gallardo *et al.*, 2019). La edad establecida para esta unidad es de entre 1,200–1,100 Ma (Cameron *et al.*, 2004; Weber *et al.*, 2010).

Sobreyaciendo al complejo Gneis Novillo, se encuentra el Esquisto Granjeno (Carrillo-Bravo, 1961), compuesto por rocas metamorfozadas en facies de esquistos verdes, las cuales ocurren en forma de rocas metavolcánicas y metasedimentarias esquistosas, así como filitas, cuarcitas, serpentinas y metagabros, que se han datado entre los 433 y 458 Ma (Barboza-Gudiño *et al.*, 2011). Descansando sobre el Esquisto Granjeno se encuentra la secuencia sedimentaria paleozoica, referida por Alemán-Gallardo *et al.* (2019) y Casas-Peña *et al.* (2021) como el Grupo Tamatán, el cual posee un espesor de aproximadamente 1700 metros con rocas que van en forma discontinua, del Silúrico al Pérmico (Boucot *et al.*, 1997).

Silúrico. El Silúrico se encuentra representado en la Formación Cañón de Caballeros que aflora en los cañones de Caballeros y La Peregrina, la cual se ha dividido en tres miembros: Inferior, Caliza Santa Anna y Superior (Stewart *et al.*, 1999).

El Miembro Inferior aflora en el Cañón de La Peregrina, compuesto de areniscas y conglomerados de granos finos a gruesos color café claro, ricos en cuarzo, ocurriendo arenas

Tabla 1. Unidades litológicas del Paleozoico de Tamaulipas, México.

Unidad	Edad	Biota	Paleoambientes y facies
Fm. Cañón de Caballeros	Silúrico superior (Wenlockiano-Ludloviano).	Braquiópodos (<i>Baturria mexicana</i> , <i>Craniops</i> sp., <i>Skenidioides</i> sp., <i>Mclearnitesella</i> sp., <i>Mesopholidostrophia</i> sp., <i>Coolinia</i> sp., <i>Gypidula</i> sp., <i>Amerista</i> sp., <i>Nucleospira</i> sp., <i>Macroleura</i> sp., <i>Sphaerirhynchia</i> sp., <i>Dalejina</i> sp., <i>Strophoprion</i> cf. <i>euglypha</i> , <i>Nucleospira</i> sp., <i>Pentamerus</i> sp., <i>Orbiculoidea</i> sp., <i>Isorthis</i> sp., <i>Howellella</i> sp., <i>Delthyris</i> sp., <i>Resserella</i> sp., <i>Dicoelosia</i> sp., <i>Leptaena</i> "romboidalis", "Rhynchonella" aff. <i>stricklandi</i> , <i>Atrypa</i> "reticularis", <i>Meristina</i> sp., <i>Eospirifer</i> sp., <i>Cyrtia</i> sp.) gasterópodos (<i>Poleumita</i> sp., <i>Tropidodiscus</i> sp., <i>Euomphaloptera</i> sp.) trilobites (<i>Exallaspis</i> sp., <i>Stenopareia</i> sp., <i>Bumastus</i> sp., <i>Calymene</i> sp., <i>Cheirus</i> cf. <i>niagarensis</i> , <i>Dalmanites</i> sp.), briozoos fenestélidos, cornulites (<i>Cornulites</i> sp.), pelmatozoos, corales rugosos y tabulados.	Plataforma terrígena de aguas someras.
Fm. Vicente Guerrero	Misisípico Inferior (Tournaisiano superior-Viseano inferior).	Braquiópodos (<i>Yagonia collinsoni</i> , <i>Lamellosathyris lamellosa</i> , <i>Cleiothyridina</i> cf. <i>tenuilineata</i> , <i>Camarophorella</i> sp., <i>Alispirifer tamaulipensis</i> , <i>Tylothyris</i> ? sp., <i>Toryntifer pseudolineatus</i> , <i>Syringothyris</i> cf. <i>tyra</i> , <i>Syringothyris</i> ? sp., <i>Punctospirifer</i> sp., <i>Barroisella</i> sp., <i>Orbiculoidea</i> sp., <i>Derbyia</i> ? sp., <i>Rugosochonetes multicostatus</i> , <i>Camarotoechia</i> sp., <i>Rotaia subtrigonia</i> , <i>Actinoconchus lamellosus</i> , <i>Beecheria chouteauensis</i>), briozoos, crinoideos y gasterópodos (<i>Mourlonia mississippiensis</i>).	Plataforma terrígena somera, con una posible influencia deltaica.
Fm. Del Monte	Misisípico Inferior (Tournaisiano superior-Viseano inferior).	Crinoideos (<i>Cyclocaudex costatus</i> , <i>C. jucundus</i> , <i>C. plenus</i> , <i>Cylindrocauliskus fiski</i> , <i>Heterostelechus texanus</i>), amonoideos (<i>Pseudoparagloceras amotapense</i> , <i>Peritrochia</i> (<i>Marathonites</i>) cf. <i>genti</i> , <i>Eoasintes</i> sp.) y fusulinidos (<i>Millerella</i> sp., <i>Eostafella</i> sp., <i>Stafella</i> sp., <i>Profusulinella</i> sp., <i>Fusulinella</i> cf. aff. <i>acuminata</i>).	Plataforma terrígena somera con influencia cercana del continente.
Fm. Guacamaya	Misisípico Inferior (Tournaisiano superior-Viseano inferior).	Fusulinidos (<i>Triticites</i> sp., <i>Ozawainella</i> sp., <i>Stafella</i> sp., <i>Schwagerina</i> sp.) e icnofósiles (<i>Nereites</i> , <i>Scalartubia</i> , <i>Chondrites</i>).	Depósito tipo <i>flysch</i> de aguas profundas de alta energía.

volcánicas interestratificadas suprayacentes. La fauna reportada para el Miembro Inferior comprende corales rugosos y tabulados, briozoos fenestélidos, trilobites, bivalvos rostroconchos y braquiópodos esperiféridos (*Delthyris*? sp.), atrípidos (*Atrypa*? "reticularis"), y pentaméridos (stricklándidos) (Boucot *et al.*, 1997; Stewart *et al.*, 1999). Boucot *et al.* (1997) le asignaron una edad correspondiente al Wenlockiano temprano-medio (Silúrico medio) al Miembro Inferior de la Formación Cañón de Caballeros, debido a la presencia de braquiópodos stricklandidos, cuyos taxones no fueron especificados por los autores.

Por otro lado, el Miembro Caliza Santa Anna, que aflora en ambos cañones, está compuesto por una capa delgada de calizas con bioclastos tipo grainstone, con granos de cuarzo monocristalinos y policristalinos (Boucot *et al.*, 1997; Stewart *et al.*, 1999). La fauna reportada para esta unidad comprende numerosos braquiópodos, tal como *Sphaerirhynchia* sp., *Dalejina* sp., *Strophoprion* sp., *Pentamerus* sp., *Orbiculoidea* sp., *Isorthis* sp., *Howellella* sp., *Delthyris* sp., *Resserella* sp., *Dicoelosia* sp., *Leptaena* "romboidalis", "Rhynchonella" aff. *stricklandi*, *Atrypa* "reticularis", *Meristina* sp., *Eospirifer* sp. y *Cyrtia* sp. También se reportan gasterópodos belerofóntidos, trilobites dalmanítidos, corales rugosos y tabulados (favositidos), así como columnas desarticuladas de pelmatozoos (Boucot *et al.*, 1997). En lo que concierne a la edad de la unidad, Boucot *et al.*, (1997) sugirieron que correspondía al

Wenlockiano medio (Silúrico medio), debido a la presencia de *Sphaerirhynchia* sp. y *Pentamerus* sp.

El Miembro Superior de la Formación Cañón de Caballeros aflora en ambos cañones, y se encuentra representado por estratos de limolita gris oscura con areniscas de grano muy fino, así como algunos estratos de areniscas de grano fino a medio (Boucot *et al.*, 1997; Stewart *et al.*, 1999). Para esta unidad se han reportado numerosos braquiópodos, como *Amphistropiella* (*Sulcastropiella*) *stinnesbecki*, *Macroleura* sp., *Sphaerirhynchia* sp., y *Baturria* sp., los cuales estaban asociados a trilobites, gasterópodos, corales y briozoos (Boucot *et al.*, 1997). En lo que concierne a la edad, Boucot *et al.*, (1997) propusieron el Wenlockiano tardío-Ludloviano temprano (Silúrico medio-tardío), debido a la presencia de *Amphistropiella* (*Sulcastropiella*) *stinnesbecki*.

Misisípico. En Tamaulipas, el Misisípico se encuentra representado por la Formación Vicente Guerrero, que aflora en los Cañones de La Peregrina y Caballeros. Dicha unidad litoestratigráfica se encuentra descansando sobre la Formación Cañón de Caballeros y presenta un espesor de aproximadamente 110 metros. Está se compone, desde la base al techo, por 40 metros de arenisca rojiza con dique-estratos de riolita, 40 metros de arenisca café con intercalaciones de lutita y 30 metros de arenisca, arenisca arcillosa, lutita y calcarenita alternadas, con bancos lenticulares donde se pueden observar restos de

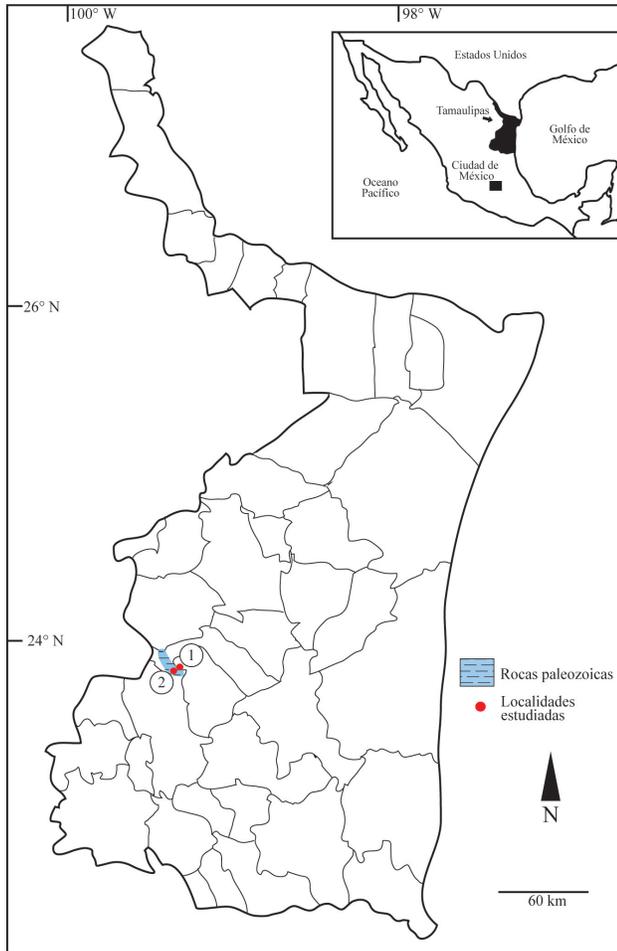


Figura 1. Mapa de Tamaulipas, señalando la distribución aproximada de las rocas del Paleozoico, así como las localidades previamente estudiadas: 1) Cañón de la Peregrina, 2) Cañón de Caballeros (Modificado de Servicio Geológico Mexicano, 2006).

braquiópodos (Sour-Tovar y Martínez-Chacón, 2004). La fauna de dicha unidad está conformada principalmente por gasterópodos, crinoideos y briozoos fenestélidos, además de una gran abundancia de braquiópodos, entre los que se encuentran *Alispirifer tamaulipensis*, *Lamellosathyris lamellosa*, *Torynifer pseudolineatus*, *Syringothyris* cf. *typa*, *Yagonia collinsoni*, *Camarophorella* sp. y *Punctospirifer* sp. (Sour-Tovar, 1999; Sour-Tovar y Martínez-Chacón, 2004; Sour-Tovar et al., 2005). En lo que se refiere a la edad de esta formación, Sour-Tovar et al. (2005) propusieron que era del Tournaisiano tardío–Viséano temprano (=Osageano), correspondiente al Misisípico Temprano, debido a la presencia de los braquiópodos *Lamellosathyris lamellosa* y *Torynifer pseudolineatus*.

En discordancia con la Formación Vicente Guerrero, se encuentra la Formación La Yerba, compuesta litológicamente por un flujo bandeado de riolita gris densa, de grano fino y brecha (Stewart et al., 1999). En lo que se refiere a la edad de la misma Stewart et al., (1999) propusieron que

correspondía al Misisípico Tardío (334 ± 39 Ma), basado en análisis de U-Pb.

Pensilvánico. Sobreyaciendo a la Formación Vicente Guerrero, se encuentra una secuencia sedimentaria de 200 metros de espesor, asignada a la Formación Del Monte, que aflora en el Cañón de La Peregrina, compuesta por bioclastos tipo grainstone con arena cuarcítica de granos fino a medios, calizas arenosas, areniscas, limolitas y lutitas (Carrillo-Bravo, 1961; Stewart et al., 1999). La fauna reportada para la Formación Del Monte comprende a los crinoideos *Cyclocaudex costatus*, *Cyclocaudex jucundus* y *Cylindrocauliskus fiski* (Buitrón-Sánchez et al., 1998), los amonoideos *Pseudoparalagoceras amotapense*, *Peritrochia* (*Marathonites*) cf. *genti* y *Eosintes* sp. (Murray et al., 1960) y los fusulínidos *Millerella* sp., *Eostafella* sp., *Stafella* sp., *Profusulinella* sp. y *Fusulinella* cf. aff. *acuminata*, a partir de los cuales Carrillo-Bravo (1961) dató a la Formación Del Monte como del Moscoviano (Pensilvánico Medio).

Pérmico. La secuencia Paleozoica finaliza con la Formación Guacamaya, la cual aflora en el Cañón de La Peregrina, presentando una secuencia tipo *flysch* de más de 1200 metros, compuesta por arenisca de grano fino interestratificada con limolita, conglomerado y lutita (Carrillo-Bravo, 1961; Stewart et al., 1999). En lo que se refiere a la fauna, únicamente se han reportado los fusulínidos *Triticites* sp., *Ozawainella* sp., *Stafella* sp. y *Schwagerina* sp., así como trazas de los icnogéneros *Nereites*, *Scalartituba* y *Chondrites* para la parte superior de la unidad (Carrillo-Bravo, 1961; Stinnesbeck, 1994). En particular, los fusulínidos fueron utilizados por Carrillo-Bravo (1961) para plantear que la formación pertenecía al Pérmico inferior (Cisuraliano) (Tabla 2).

2.2. Mesozoico

Rocas mesozoicas de distintas edades están ampliamente expuestas en diversas localidades del estado (Tabla 3), las cuales han sido objeto de estudios paleontológicos, litológicos, sedimentológicos, estratigráficos y geocronológicos (Fastovsky et al., 1995; Montellano et al., 2008; Cantú-Chapa, 2009, 2012; Barboza-Guidiño et al., 2010, 2014; Rubio-Cisneros et al., 2011; Eguluz-De Antuñano et al., 2012) (Figura 2).

Triásico. Sobreyaciendo al basamento Paleozoico mencionado previamente, se encuentra una potente sucesión de rocas rojizas de origen continental que afloran principalmente en el Cañón del Huizachal, así como en los Cañones de Caballeros, La Peregrina y Novillo, el cual forma parte del Anticlinorio Huizachal-Peregrina. Dichas rocas fueron nombradas por Mixon et al. (1959) como Grupo Huizachal. Posteriormente, Barboza-Gudiño et al. (2014) analizó dicho grupo, y lo subdividió en tres unidades: una correspondiente al Triásico (Formación El Alamar) y dos al Jurásico (Formación La Boca y La Joya).

La Formación El Alamar, expuesta en el Cañón del Novillo, La Peregrina y Caballeros, esta compuesta por

bancos de areniscas conglomeráticas de color gris a ocre y café rojizo y limolitas (Barboza-Gudiño *et al.*, 2014). Referente a la edad de la unidad, Barboza-Gudiño *et al.* (2010) la asoció al Triásico Tardío (216-214 Ma), empleando un análisis de fechamiento mediante zircones de U-Pb.

Jurásico. Este periodo se encuentra representado en la Formación La Boca que aflora en el Cañón Huizachal. La unidad está constituida por intercalaciones de material volcánico, volcanoclástico y sedimentario, principalmente lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados de color rojizo (Mixon *et al.*, 1959; Rubio-Cisneros *et al.*, 2011; Barboza-Gudiño *et al.*, 2014). Para dicha formación se han descrito faunas de vertebrados continentales, compuestas por los mamíferos *Bocatherium mexicanum*, *Bocaconodon tamaulipensis*, *Victoriaconodon inaequalis* y *Huasteconodon wiblei* (Clark y Hopson, 1985; Montellano

et al., 2008), los reptiles *Cynosphenodon huizachalensis*, *Zapatodon ejidoensis* y *Sphenovipera jimmysjoyi* (Reynoso, 1996, 2005; Reynoso y Clark, 1998), *Tamaulipasaurus moorenoi* (Clark y Hernández-Rivera, 1994), y el pterosaurio *Dimorphodon weintraubi* (Clark *et al.*, 1998), al igual que se ha reportado la ocurrencia de material de dinosaurios terópodos, ornitisquios y cocodrilos neosúquidos (Clark y Hernández-Rivera, 1994; Clark *et al.*, 1998). Rubio-Cisneros y Lawton (2011) dataron la edad de la Formación La Boca, entre 167-163 Ma Jurásico Medio (Bathoniano–Calloviano), mediante isótopos U-Pb. Descansando sobre esta unidad se encuentra la Formación La Joya, de igual manera datada por Rubio-Cisneros y Lawton (2011), mediante isótopos U-Pb, asignadola al Calloviano (164 ± 3Ma), Jurásico Medio–Superior. Dicha unidad se compone de limolitas, lutitas, arenisca cuarzosa fina y conglomerados de granos finos a gruesos de coloración rojiza con intercalaciones de caliza cristalina (Rubio-Cisneros *et al.*, 2011).

Sobreyaciendo la secuencia de rocas rojizas que afloran en el Cañón del Huizachal, se encuentran sedimentos del Jurásico Superior que comprenden dos unidades litoestratigráficas. La primera es la Formación La Casita con un espesor de 40 metros, compuesta por limolitas y lutitas color gris oscuro a negro de estratificación laminar, con trazas de material carbonoso, brechas y conglomerado anguloso con matriz de arenisca y lutita, así como caliza tipo mudstone. Eguiluz-de Antuñano *et al.* (2012) asignaron dicha unidad al Tithoniano superior debido a la presencia de los amonites *Durangites* sp. y *Suarites* (*Hildoglochiceras*) sp., así como de los calpionélidos *Crassicollaria brevis* y *C. massutiniana*.

Por otro lado, Zell *et al.* (2016b) reportaron para el valle del Huizachal la Formación La Caja, a la que asignaron una edad del Tithoniano tardío–Berriasiano temprano (Jurásico–Cretácico) debido a la presencia del amonite *Salinites finicostatum*.

Cretácico. En discordancia paralela a la Formación La Casita, se encuentra la Formación Taraises que aflora en el Cañón del Huizachal. Dicha unidad posee un espesor de 60 metros y se encuentra compuesta litológicamente por capas de calizas tipo mudstone de color gris oscuro, así como por lutita de color gris claro (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2012). Referente a su contenido paleontológico, se han reportado los calpionélidos *Calpionella* sp., *Calpionellopsis* sp. y *Tintinnopsella* sp. De igual manera, se reportan los amonites *Olcostephanus* sp., *Spiticeras* sp. y *Karakaschiceras* sp., así como bivalvos, esponjas y corales (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2012). Eguiluz-de Antuñano *et al.* (2012) asignaron la parte inferior de la Formación Taraises al Berriasiano inferior–Berriasiano medio (Cretácico Inferior) debido a la presencia de los calpionélidos *Calpionella alpina* y *C. elliptica*. El nivel medio de la formación fue relacionado al Berriasiano superior–Valanginiano inferior (Cretácico Inferior), por la presencia de *Calpionellopsis oblonga*, *Tintinnopsella carpathica* y *T. longa*, asociadas con el amonoideo *Karakaschiceras* sp. Por otro lado, la zona

Tabla 2. Correlación y alcances estratigráficos de las formaciones del Paleozoico de Tamaulipas, México.

Sist.	Serie	Cañón de Caballeros	Cañón de la Peregrina			
PÉRMICO	L.					
	Gua.					
	Cis.			Fm. Guacamaya		
PENSILVÁNICO	Sup.					
	Med.				Fm. Del Monte	
	Inf.					
MISISÍPICO	Sup.	Fm. La Yerba				
	Medio					
	Inferior			Fm. Vicente Guerrero		
DEVÓNICO	Sup.					
	Med.					
	Inf.					
SILÚRICO	Pri.			Fm. Cañón de Caballeros	Miembro Superior	
	Ludlov.					Miembro Caliza Santa Anna
	Wenlock.					Miembro Inferior

superior de dicha unidad fue asociada al Valanginiano inferior–Hauteriviano inferior (Cretácico Inferior) por la ocurrencia de *Calpionellites darderi*, *Tintinnopsella carpathica*, *T. longa* y *Olcostephanus* sp. (Eguiluz-de Antuñano et al., 2012).

Aflorando en distintas zonas del estado se puede observar a la Formación Tamaulipas Inferior, la cual se ha descrito en el Cañón del Huizachal, donde la presencia del amonite *Hegaratella* sp. permitió asignarla al Berriasiano (Cretácico Inferior) (Cantú-Chapa, 2012). Asimismo, está representada en el municipio de Tampico, con los amonites *Capeloites* sp. y *Thurmanniceras* sp. del Valanginiano (Cretácico Temprano) (Cantú-Chapa, 2009), así como en el municipio de Miquihuana, datada por Imlay (1937) para el “Neocomiano temprano” (=Berriasiano–Valanginiano), debido a la presencia del bivalvo *Exogyra reedi* y el amonite *Thurmannites* sp.

Por otra parte, Longoria (1977) describió la Caliza Tamaulipas, unidad informal, que se encuentra sobreyaciendo a la Formación Taraises en el Cañón del Huizachal. Está se encuentra representada por una secuencia homogénea de calizas tipo mudstone de color gris claro a crema, con estratos de espesor masivo a grueso en su parte inferior y medianos en la parte alta de dicha unidad. Referente

a la edad, se ha asociado al Cretácico Temprano, ya que Longoria (1977) asignó la parte baja de la Caliza Tamaulipas al Valanginiano debido a la presencia de los tintínidos *Remaniella cadischiana*, *Tintinnopsella longa* y *Calpionellites darderi*, mientras que la parte alta de dicha unidad fue relacionada al Albiano medio debido a la presencia del foraminífero *Ticinella roberti* y del tintínido *Colomiella* sp.

Referente al Cretácico Superior, en el municipio de Victoria en el Cañón del Huizachal sobreyaciendo en edad a la unidad Caliza Tamaulipas, se encuentra la Formación Cuesta del Cura, compuesta por calizas masivas tipo mudstone, dispuestas en estratificación ondulada. Longoria (1977) infirió que los estratos de la unidad se depositaron entre el Cenomaniano inferior–Turoniano inferior debido a la presencia de los foraminíferos *Planomalina buxtorfi*, *Thalmaninella evoluta*, *Rotalipora montsalvensis* y *R. turonica*.

Sobreyaciendo en edad a la Formación Caliza Cuesta del Cura se encuentra la Formación Agua Nueva, caracterizada por una alternancia rítmica de calizas tipo mudstone oscuras, margas y bentonitas, para la que Longoria (1977), basado en la presencia de los foraminíferos planctónicos *Dicarinella* sp., *Thalmaninella brotzeni*, *T. appeninica*, *Rotalipora*

Tabla 3. Unidades litológicas formales e informales del Mesozoico de Tamaulipas, México.

Unidad	Edad	Biota	Paleoambientes y facies
Fm. La Casita	Jurásico Superior (Tithoniano).	Amonites (<i>Durangites</i> sp., <i>Suarites</i> (<i>Hildoglochiceras</i>) sp.), calpionélidos (<i>Crassicollaria brevis</i> , <i>C. massutiniana</i>) y crinoideos (<i>Saccocoma</i> sp.).	Plataforma abierta y somera, con variaciones de ambientes someros y profundos.
Fm. La Caja	Jurásico Superior (Tithoniano).	Amonites (<i>Salinites finicostatum</i>).	Plataforma carbonatada.
Fm. Taraises	Cretácico Inferior (Berriasiano).	Amonites (<i>Spiticeras</i> sp., <i>Karakaschiceras</i> sp., <i>Olcostephanus</i> sp.), bivalvos, esponjas, corales y calpionélidos (<i>Calpionella alpina</i> , <i>C. elliptica</i> , <i>Calpionellopsis simplex</i> , <i>C. oblonga</i> , <i>Calpionellites</i> sp., <i>Calpinellites darderi</i> , <i>Tintinnopsella longa</i> , <i>T. carpathica</i>).	Plataforma carbonatada, con facies profundas.
Fm. Tamaulipas inferior	Cretácico Inferior (Berriasiano-Valanginiano).	Amonites (<i>Hegaratella</i> sp., <i>Capeloites</i> sp., <i>Thurmanniceras</i> sp., <i>Thurmannites</i> sp.) y bivalvos (<i>Exogyra reedi</i>).	—
Caliza Tamaulipas*	Cretácico Inferior (Valanginiano-Albiano).	Tintínidos (<i>Remaniella cadischiana</i> , <i>Tintinnopsella longa</i> , <i>Calpinellites darderi</i> , <i>Colomiella</i> sp.) y foraminíferos (<i>Ticinella roberti</i>).	Facies pelágicas.
Fm. Cuesta del Cura	Cretácico Superior (Cenomaniano-Turoniano).	Foraminíferos planctónicos (<i>Planomalina buxtorfi</i> , <i>Thalmaninella evoluta</i> , <i>Rotalipora montsalvensis</i> , <i>Rotalipora turonica</i>) y radiolarios.	Facies oceánico-pelágicas.
Fm. Agua Nueva	Cretácico Superior (Turoniano-Santoniano).	Foraminíferos plantónicos (<i>Dicarinella</i> sp., <i>Thalmaninella brotzeni</i> , <i>T. appeninica</i> , <i>Rotalipora cushmani</i> , <i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> , <i>Dicarinella concavata</i> , <i>D. carinata</i>).	Ambientes profundos con aportes de terrígenos.
Fm. San Felipe	Cretácico Superior (Santoniano-Campaniano).	Foraminíferos planctónicos (<i>Globotruncana fornicata</i> , <i>G. arca</i> , <i>G. linneiana</i> , <i>Dicarinella concavata</i> , <i>Archaeoglobigerina cretacea</i> , <i>Globotruncanita elevata</i>).	Ambientes profundos con aportes de terrígenos.
Fm. Méndez	Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano).	Amonites (<i>Phyllophyceras forbesianum</i> , <i>Tetragonites superstes</i> , <i>Gaudryceras kayei</i>), foraminíferos planctónicos (<i>Globotruncana arca</i> , <i>G. linneiana</i> , <i>G. rosetta</i> , <i>G. stuartiformis</i> , <i>G. contusa</i> , <i>Globotruncanita stuarti</i> y <i>Globotruncanella havanensis</i> , <i>Abathomphalus mayoraensis</i> , <i>Rosita contusa</i> , <i>Racemiguembelina fructicosa</i>).	Facies de talud.

*= Unidades informales.

cushmani, *Helvetoglobotruncana helvetica*, *Dicarinella concavata* y *D. carinata* determinó que se depositó entre el Turoniano y el Santoniano inferior.

Por otro lado, la Formación San Felipe aflora en el Cañón de la Peregrina, compuesta de una alternancia irregular de lutitas calcáreas y calizas tipo mudstone fuertemente arcillosas, con presencia de abundantes foraminíferos planctónicos, entre los que se encuentran *Globotruncana fornicata*, *G. linneiana*, *G. arca*, *Dicarinella concavata*, *Archaeoglobigerina cretacea* y *Globotruncanita elevata*. Estos taxones permitieron ubicar a la formación entre el Santoniano superior–Campaniano inferior (Gamper, 1977).

También en el Cañón de la Peregrina, sin una ubicación estratigráfica clara, se encuentra la Formación Méndez, que corresponde a una potente secuencia de lutitas y margas de coloraciones amarillas (Gamper, 1977). En lo que se refiere a su contenido paleontológico, la parte inferior de la unidad contiene a los foraminíferos planctónicos *Globotruncana arca*, *G. linneiana*, *G. rosetta*, *G. lapparenti*, *G. stuartiformis* y *Archeoglobigerina cretacea*. Mientras que la parte superior de la sección contiene a *Globotruncana contusa*,

G. canica, *Globotruncanita stuarti* y *Globotruncanella havanensis*. Debido a estas especies, Gamper (1977) señaló que la edad de la formación se ubicaba entre el Campaniano tardío y Maastrichtiano medio. Esta formación también aflora, en la localidad de El Zancudo, en el municipio de Nuevo Laredo, al noroeste del estado, y para la que se han descrito los amonites *Brahmaites (Anabrahmaites) vishnu*, *Diplomoceras cylindraceum*, *Fresvilla* sp., *Hypophylloceras (Neophylloceras)* cf. *H. (N.) surya*, *Discoscaphites* sp., *Phyllopachyceras forbesianum*, *Tetragonites superstes* y *Gaudryceras kayei* (Ifrim y Stinnesbeck, 2013). Dicha asociación fue atribuida al Maastrichtiano inferior (Cretácico Superior) por Ifrim y Stinnesbeck (2013). De igual forma, la Formación Méndez se encuentra aflorando en la localidad El Mimbral, localizada a 10 km de la carretera Victoria-Tampico. Está sección pertenece a la parte superior de la unidad, para la que Keller *et al.*, (1994), reportó la presencia de los foraminíferos *Abathomphalus mayoraensis*, *Rosita contusa* y *Racemiguembelina fructifera* que permitieron asignar dicha sección al Maastrichtiano superior (Keller *et al.*, 1994) (Tabla 4).

2.3. Cenozoico

En Tamaulipas también afloran una amplia variedad de rocas cenozoicas de origen marino (Tabla 5), las cuales, principalmente han sido objeto de estudios bioestratigráficos y paleontológicos (Jackson, 1937; Miller y Furnish, 1938; Gardner, 1945; Alegret y Thomas, 2001; González-Terrazas, 2006) (Figura 3).

Paleógeno. En la anteriormente mencionada localidad de El Mimbral, sobreyaciendo a la Formación Méndez, se encuentra la Formación Velasco, constituida por estratos de dos metros de espesor de lutitas grisáceas, margas y bentonitas. Keller *et al.*, (1994) asociaron a las rocas de dicha unidad con el Paleoceno inferior, debido a la presencia de los foraminíferos *Parvularuglobigerina eugubina*, *P. longiapertura* y *Globoconusa daubjergensis*.

Por otro lado, en el municipio de Mier, Gardner (1945) reconoció informalmente a la formación Indio, compuesta litológicamente por estratos de areniscas calcáreas azul grisáceas de grano fino, lutitas y conglomerados de color cafés rojizos, en los que ocurren los bivalvos *Ostrea intermedoides*, *Acar domiguensis* y *Vanericardia diga*, así como el gasterópodo *Galeoda* sp., permitiendo relacionar a esta unidad con el Eoceno inferior (Gardner, 1945).

De igual forma, en el municipio de Mier, fue reconocido el grupo Claiborne (Gardner, 1945), para el cual se identificó la Formación Carrizo, compuesta por estratos de areniscas amarillentas a marrones y conglomerados. En cuanto a su contenido paleontológico, Gardner (1945) describió el gasterópodo *Calyptrophorus carrizensis*, vinculado al Eoceno medio. En el mismo municipio y dentro del grupo Claiborne, sobreyaciendo a la Formación Carrizo, se encuentra la Formación Mount Selman, una unidad informal constituida por areniscas calcáreas marrones y grisáceas de

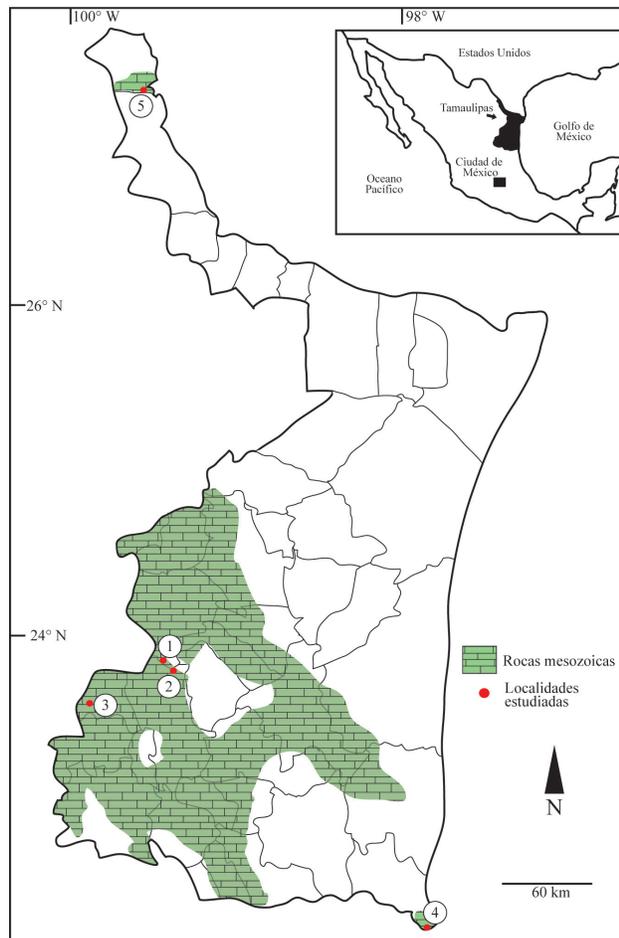


Figura 2. Mapa de Tamaulipas, señalando la distribución aproximada de las rocas del Mesozoico, así como las localidades previamente estudiadas: 1) Cañón del Huizachal, 2) Cañón de la Peregrina, 3) Miquihuana, 4) Tampico, 5) "El Zancudo" (Modificado de Servicio Geológico Mexicano, 2006).

grano fino, en donde se han reportado los bivalvos *Ostrea gierharti* y *Corbula (Variocorbula) sp.*, referidas al Eoceno medio (Gardner, 1945).

Perteneciendo a este mismo grupo estratigráfico, Gardner (1945), también describió, la Formación Laredo, representada por una secuencia de lutitas grisáceas, calizas de color gris fuerte a marrón y areniscas. Está formación contiene abundantes bivalvos, como *Crassostraea contracta*, *Nucula (Nucula) mauricensis*, *Tellina (Eurytellina) mooreana* y *Pteropsella lapidosa*, así como los gasterópodos *Ampullina dumblei*, *Neverita limula*, *Architectonica (Stellaxis) alveatum*, *Lacina santander* y *Cornulina*

armigera, permitiendo asociarla al Eoceno medio (Gardner, 1945). La última unidad del grupo Claiborne corresponde a la Formación Yegua, que aflora en el municipio de Mier y se encuentra representada por una secuencia de arcillas arenosas, arcillas de color verdoso a marrón y areniscas, en las que ocurren los gasterópodos *Ampullina quitrinensis* y *Pseudoliva vetusta*, al igual que los bivalvos *Orthoyoldia psammotaea* y *Phacoides quintamaia*, del Eoceno medio (Gardner, 1945).

Gardner (1945) estudió la Formación Jackson que aflora en el municipio de Camargo, conformada por arenisca calcárea de grano fino, así como calizas arenosas y arcillas

Tabla 4. Correlación y alcances estratigráficos de las formaciones mesozoicas de Tamaulipas, México.

Sistema	Serie	Cañón de Caballeros	Cañón de la Peregrina	Cañón del Novillo	Cañón del Huizachal	Tampico	Miquihuana	Nuevo Laredo
CRETÁCICO	Superior		Fm. Méndez					Fm. Méndez
			Fm. San Felipe					
					Fm. Agua Nueva			
			Fm. Cuesta del cura					
	Inferior		Caliza Tamaulipas					
Fm. Taraises		Fm. Tamaulipas Inferior						
JURÁSICO	Superior				Fm. La Casita			
					Fm. La Caja			
	Medio				Fm. La Joya			
	Inf.				Fm. La Boca			
TRIÁSICO	Superior	Fm. Alamar						
	Med.							
	Inf.							

arenosas. Aquí se han registrado los bivalvos *Nucula sphenopsis*, *Corbula azucar*, *Pteria limula* y *Mesodesma singleyi*, los escafópodos *Cadulus jacksonensis* y *Dentalium mississippiensis*, y los gasterópodos *Architectonica (Stellaxis) alveatum*, *Kapalmerella arenicola*, *Calyptrophorus velatus*, *Pseudoliva vetusta*, *Mitra (Fusimitra) mellingtoni* y *Conus sauridens*. Todos los taxones de invertebrados en conjunto permitieron señalar que la unidad pertenece al Eoceno superior (Gardner, 1945). Posteriormente, Eguiluz-De Antuñano *et al.* (2020) estudiaron una sección de la misma formación, en la cual reconocieron a ostréido *Crassostrea* cf. *alabamiensis*, relacionándolo geoquímicamente con el Priaboniano (Eoceno superior).

Sobreyaciendo en edad, se encuentra la formación Lower Marine Sandstone, una unidad informal descrita por Gardner (1945) y que de igual manera aflora en el municipio de Camargo. Está se encuentra compuesta por estratos de areniscas café y grises de grano medio, en las que ocurren los bivalvos *Corbula engonata*, *Macrocallista chantui* y *Chione matutina*, así como los gasterópodos *Ficus mississippiensis* y *Terebra (Strioterebrum) tantula*. Está unidad es referida al Oligoceno inferior (Gardner, 1945).

También, Gardner (1945) describió dos unidades informales, las cuales afloran en el municipio de San Fernando. La primera es denominada miembro Limestone, correspondiente a una secuencia de calizas color gris claro, en las que se presenta el bivalvo *Kuphus incrassatus* y los gasterópodos *Holospira eva*, *Orthaulax pugnax* y *Ampullina (Ampullinopsis) amphora*, referidos al Oligoceno superior. La segunda es el miembro Sandstone, compuesto por una secuencia de areniscas café grisáceas de grano medio, en donde se reportaron los bivalvos *Lopha (Lopha) vicksburgensis* y *Nemocardium (Nemocardium) diversum*, al igual que los gasterópodos *Fusimitra conquistata* y *Ficus mississippiensis*, permitiendo relacionar la unidad con el Oligoceno superior (Gardner, 1945).

Por otra parte, en el municipio de Abasolo, aflora la Formación Mesón, representada por estratos de tres metros de espesor compuestos de arenisca, caliza, marga arenosa o lutita arenosa (González-Terrazas, 2006). A esta se le ha asignado una edad chattiana-aquitana (Oligoceno tardío–Mioceno temprano), basada en la presencia de los foraminíferos *Lepidocyclina (Eulepidina)* cf. *undosa* y *Heterostegina* cf. *panamensis*. En la misma unidad, también ocurren los equinoideos *Echinolampas depressa*, *Macropneustes mexicanus* y *Diadema* sp. (González-Terrazas, 2006).

Neógeno. En el municipio de San Fernando aflora la formación Guajolote, una unidad informal representada por estratos de areniscas en los que ocurren los bivalvos *Lyropecten dumblei*, *Dinocardium cabezai*, *Agriopoma (Pitarella) calceola* y *Clementina (Egesta) grayi*, así como los gasterópodos *Turritella subgrandifera*, *Nassarius (Uzita) waltonensis* y *Oliva* sp. La asociación faunística permitió establecer que esta formación se depositó en el Mioceno inferior (Gardner, 1945).

Para el municipio de Reynosa, Gardner (1945) reportó la Formación Oakville, la cual se compone de estratos de caliza arenosa y arenisca en los que se encuentra el bivalvo *Striostraea cahobasensis*, referido al Mioceno medio (Tabla 6).

3. Facies y paleoambientes de Tamaulipas

Con respecto a la determinación de los ambientes de depósito, es evidente que existe una escasez de información referente al tema. Esto no solo es importante para conocer donde vivieron los organismos como una asociación en vida, sino también porque ayuda a determinar cómo han ido evolucionando algunas de las cuencas sedimentarias del estado de Tamaulipas. De estos trabajos, la minoría presentaba un análisis paleoambiental concreto, mientras que en otros, solo había una descripción sencilla del ambiente deposicional, inferida por la fauna y la litología de las rocas portadoras. Cabe resaltar que la mayoría de los estudios revisados omitieron completamente el tema en cuestión.

3.1. Paleozoico

Para el Silúrico tardío (Wenlockiano–Ludloviano) de la Formación Cañón de Caballeros en el municipio de Victoria, Boucot *et al.* (1997), mencionaron un paleoambiente de depósito de aguas someras, inferido por la presencia de braquiópodos típicos de este ambiente, así como por la ocurrencia de trilobites y corales en areniscas de grano fino a medio.

En relación con el Missisípico Inferior (Tournaisiano superior–Viseano inferior), correspondiente a la Formación Vicente Guerrero, Sour-Tovar (1999) describió un ambiente de plataforma terrígena somera, con una posible influencia deltaica, baja luminosidad, alta turbidez y bajas temperaturas, inferido por la diversidad de braquiópodos, presencia de gasterópodos y, fragmentos de colonias de briozoos. Esto también por la presencia de areniscas calcáreas y areniscas intercaladas con lutitas, bancos de formas lenticulares, conglomerado y brechas de grano fino.

Para el Pensilvánico (Moscoviano), Stewart *et al.* (1999) mencionaron que la Formación del Monte se depositó en un ambiente de plataforma somera con un aporte constante de terrígenos por parte de un continente cercano. Subsecuentemente, para la Formación Guacamaya, del Pérmico inferior (Cisuraliano), Stewart *et al.* (1999), describieron que la asociación fósil fue depositada en un ambiente tipo *flysch*, de aguas profundas y alta energía.

3.2. Mesozoico

Por otro lado, para el Jurásico Tardío (Tithoniano), en la Formación La Casita aflorante en el municipio de Victoria, Eguiluz *et al.* (2012) reportaron facies de un ambiente de depósito deltaico, basándose principalmente en las capas

de conglomerado intercaladas. Para el Cretácico Inferior, correspondiente a la Formación Taraises, en la misma localidad, dichos autores plantearon la ocurrencia de una plataforma abierta y somera, tipo rampa, basado en facies de caliza. Esta presentaba variaciones entre ambientes profundos y someros, representadas por los cambios de facies de caliza tipo mudstone a lutita, así como a carbonatos con cristales de yeso, arenisca y caliza con ostreidos.

Para 1977, Gamper hizo una descripción de los ambientes de depósito basados en microfacies de la secuencia cretácica del Anticlinorio Huizachal-Peregrina en el municipio de Victoria. Registró que para las formaciones La Casita y Taraises se produjo un episodio transgresivo,

sustentado por los marcados cambios en las microfacies de estas unidades. La Formación La Casita muestra facies someras constituidas principalmente por oosporitas, mientras que la Formación Taraises contiene microfacies de calpionélidos de profundidades considerables, con sedimentos calcáreos arenosos, así como gran cantidad de terrígenos finos a medios, señalando una cercanía al continente, el cual contribuía fuertemente a la aportación de los mismos. También describió que la parte inferior de la Caliza Tamaulipas se depositó en facies pelágicas con abundantes foraminíferos planctónicos, mientras que la parte media de la misma unidad, de edad albiana, fue depositada en aguas pelágicas. La presencia de brechas

Tabla 5. Unidades estratigráficas formales e informales del Cenozoico de Tamaulipas, México.

Unidad	Edad	Biota	Paleoambientes y facies
Fm. Velasco	Paleógeno inferior (Paleoceno inferior).	Foraminíferos bentónicos (<i>Parvularuglobigerina eugubina</i> , <i>P. longiapertura</i> , <i>Globoconusa daubjergensis</i>).	Facies de talud.
Fm. Indio*	Paleógeno medio (Eoceno inferior).	Bivalvos (<i>Ostrea intermedoides</i> , <i>Acar domiguensis</i> , <i>Vanericardia diga</i>) y gasterópodos (<i>Galeoda</i> sp.).	Ambientes someros con aportes de terrígenos.
Fm. Carrizo	Paleógeno medio (Eoceno medio).	Gasterópodos (<i>Calyptrophorus carrizensis</i>).	—
Fm. Mount Selman*	Paleógeno medio (Eoceno medio).	Bivalvos (<i>Ostrea gierharti</i> , <i>Corbula (Variocorbula)</i> sp.).	—
Fm. Laredo	Paleógeno medio (Eoceno medio).	Gasterópodos (<i>Ampullina dumblei</i> , <i>Neverita limula</i> , <i>Architectonica (Stellaxis) alveatum</i> , <i>Lacina santander</i> , <i>Cornulina armigera</i>) y bivalvos (<i>Crassostraea contracta</i> , <i>Nucula (Nucula) mauricensis</i> , <i>Tellina (Eurytellina) mooreana</i>).	—
Fm. Yegua	Paleógeno medio (Eoceno medio).	Gasterópodos (<i>Ampullina quitrinensis</i> , <i>Pseudoliva vetusta</i>) y bivalvos (<i>Orthoyoldia psammotaea</i> , <i>Phacoides quintamaia</i>).	—
Fm. Jackson	Paleógeno medio (Eoceno superior).	Gasterópodos (<i>Architectonica (Stellaxis) alveatum</i> , <i>Kapalmerella arenicola</i> , <i>Calyptrophorus velatus</i> , <i>Pseudoliva vetusta</i> , <i>Mitra (Fusimitra) mellingtoni</i> , <i>Conus sauridens</i>), escafópodos (<i>Cadulus jacksonensis</i> , <i>Dentalium mississippiensis</i>), bivalvos (<i>Nucula sphenopsis</i> , <i>Corbula azucar</i> , <i>Pteria limula</i> , <i>Mesodesma singleyi</i>) y ostréidos (<i>Crassostrea cf. alabamiensis</i>).	Subambientes de barra, laguna y planicie fluvio-lacustre de costa litoral, dominada por olas y mareas, en un episodio transgresivo.
Fm. Lower Marine Sandstone*	Paleógeno superior (Oligoceno inferior).	Gasterópodos (<i>Ficus mississippiensis</i> , <i>Terebra (Strioterebrum) tantula</i>) y bivalvos (<i>Corbula engonata</i> , <i>Macrocallista chantui</i> , <i>Chione matutina</i>).	—
Miembro Limestone*	Paleógeno superior (Oligoceno superior).	Gasterópodos (<i>Holospira eva</i> , <i>Orthaulax pugnax</i> , <i>Ampullina (Ampullinopsis) amphora</i>) y bivalvos (<i>Kuphus incrassatus</i>).	—
Miembro Sandstone*	Paleógeno superior (Oligoceno superior).	Gasterópodos (<i>Fusimitra conquisita</i> , <i>Ficus mississippiensis</i>) y bivalvos (<i>Lopha (Lopha) vicksburgensis</i> , <i>Nemocardium (Nemocardium) diversum</i>).	—
Fm. Mesón	Paleógeno superior-Neógeno inferior (Oligoceno superior-Mioceno inferior).	Foraminíferos (<i>Lepidocyclina (Eulepidina) cf. undosa</i> , <i>Heterostegina cf. panamensis</i>) y equinoideos (<i>Echinolampas depressa</i> , <i>Macropneustes mexicanus</i> , <i>Diadema</i> sp.).	Playa abierta somera de alta energía.
Fm. Guajolote*	Neógeno inferior (Mioceno inferior).	Gasterópodos (<i>Turritella subgrandifera</i> , <i>Nassarius (Uzita) waltonensis</i> , <i>Oliva</i> sp.) y bivalvos (<i>Lyropecten dumblei</i> , <i>Dinocardium cabezai</i> , <i>Agriopoma (Pitarella) calceola</i> , <i>Clementina (Egesta) grayi</i>).	—
Fm. Oakville	Neógeno inferior (Mioceno medio).	Bivalvos (<i>Striostraea cahobasensis</i>).	—

*= Unidades informales.

intraformacionales de clastos grandes evidenciaron que hubo un evento de inestabilidad tectónica, el cual tuvo como consecuencia el transporte de grandes clastos de áreas cercanas al sitio de depósito.

Asimismo, Gamper (1977) mencionó que las condiciones de depósito de facies oceánico-pelágicas se mantuvieron hasta el Cenomaniano, correspondiendo con la Formación Cuesta del Cura, determinado por la presencia del foraminífero planctónico de aguas oceánicas *Planomalina buxtrofi* y la ocurrencia de abundantes radiolarios. Finalmente, el mismo autor describió importantes eventos de inestabilidad tectónica al inicio del depósito de las formaciones Agua Nueva y San Felipe. Esto, por un cambio abrupto de la sedimentación calcárea, la cual se ve interrumpida por grandes cantidades de terrígenos finos, influyendo en la deposición de calizas micríticas arcillosas y lutitas calcáreas, ocasionalmente intercaladas con bentonitas. El depósito de la Lutita Méndez indica el inicio de movimientos orogénicos que finalizan con el levantamiento laramídico.

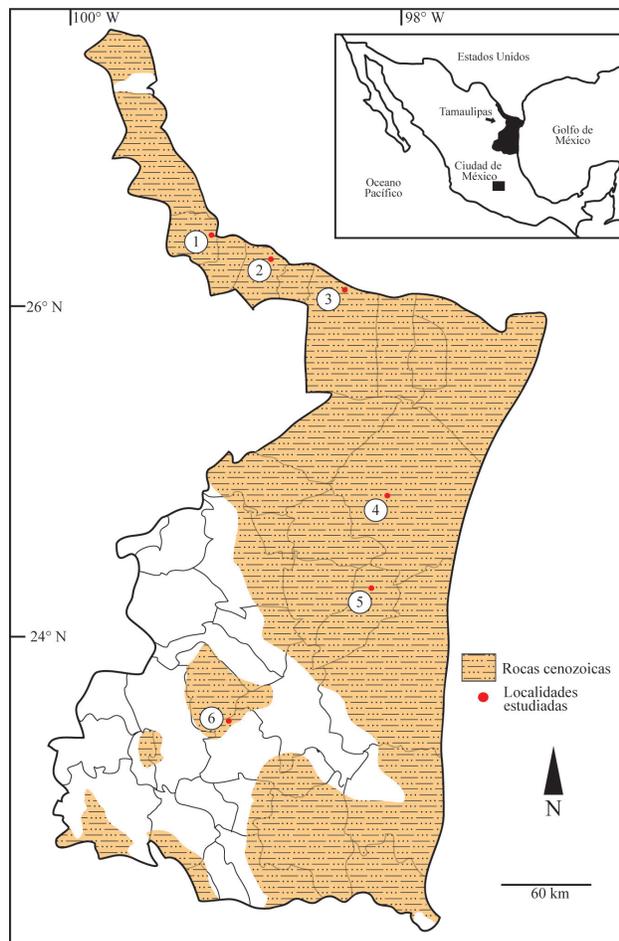


Figura 3. Mapa de Tamaulipas, señalando la distribución aproximada de las rocas del Cenozoico, así como las localidades previamente estudiadas: 1) Mier, 2) Camargo, 3) Reynosa, 4) San Fernando, 5) Abasolo, 6) “El Mimbral” (Modificado de Servicio Geológico Mexicano, 2006).

Finalmente, Alegret *et al.* (2004) realizaron una reconstrucción paleoambiental de la transición Cretácico–Paleógeno, correspondientes a las formaciones Méndez y Velasco del afloramiento “El Mimbral”. Los autores mencionaron que dicho afloramiento se depositó a una profundidad cercana a los 1000 m, en la parte inferior del talud, inferido por asociaciones de foraminíferos bentónicos. Sin embargo, también existe la presencia de clastos correspondientes a medios someros (neríticos) mezclados con microesférulas, lo cual fue interpretado por los autores como consecuencia de flujos de masas originado por el impacto del límite K/Pg.

3.3. Cenozoico

De manera muy general, Gardner (1945), atribuyó características de aguas someras con aportes de terrígenos a la unidad informal descrita como formación Indio, municipio de Mier. Para esto, se basó en la litología compuesta por areniscas calcáreas de grano fino, así como por las faunas de bivalvos y gasterópodos acompañantes. Eguiluz-De Antuñano *et al.* (2020) detectaron la presencia de diferentes ambientes de depósito para una sección de la Formación Jackson. Subambiente lagunar o de estuario que se vinculan con un medio salobre, esto por la presencia de *Thalassinoides* isp. y fragmentos de ostréidos. Un ambiente con corriente intermitente que se genera por cambio hidrodinámico del flujo en planicies de intermarea o hipersalino, inferido por los terrígenos y rizolitos de ambiente lagunar en las rocas carbonatadas. Eguiluz-De Antuñano *et al.* (2020) también identificaron un paleoambiente con un flujo hidrodinámico laminar de baja energía y un ambiente fluviolacustre, con formación intermitente de suelo y acumulación de material volcánico en una planicie de inundación subaérea, con posible intemperismo de arcillas y oxidación, lo cual fue determinado por la intercalación de capas de terrígenos de grano fino con laminación paralela y cruzada de ángulo bajo e intervalos de caliche y yeso, con posible bentonita.

Finalmente, González-Terrazas (2006) describió para la Formación Mesón (Oligoceno–Mioceno) del municipio de Abasolo, un ambiente de depósito correspondiente a una zona de playa abierta, somera, bien oxigenada, con una intensidad de corriente y oleaje media, basándose en las formas de equinoides típicas de la zona litoral, en la gran cantidad de bioclastos y al depósito de matriz micrítica en las rocas.

4. Discusión

4.1. Consideraciones bioestratigráficas

El análisis de los trabajos paleontológicos sobre los invertebrados y protistas marinos de Tamaulipas demuestra que aún existe una fuerte escasez de información faunística de las diversas localidades fanerozoicas del estado, lo cual

no permite tener un mayor control bioestratigráfico de las diferentes unidades litoestratigráficas de la región. A pesar de esto, se cuenta con valiosos fósiles índice que han permitido asignar edades muy precisas a las rocas portadoras. No obstante, muchos trabajos solo se han limitado a reportar la presencia de distintos grupos sin estudiarse a fondo, los cuales (como asociación) podrían coadyuvar a afinar aún más las edades anteriormente establecidas. Por otro lado, también es necesario hacer una revisión del material previamente utilizado, ya que algunos taxones pudieron haber sido reclasificados, descritos erróneamente o

actualmente presentan alcances estratigráficos mayores a los planteados en el trabajo original. Esto modificaría drásticamente la bioestratigrafía de Tamaulipas, sugerida por los invertebrados o protistas analizados.

Por ejemplo, Boucot *et al.* (1997) asignaron a la Formación Cañón de Caballeros una edad del Wenlockiano tardío–Ludloviano temprano, equivalente al Silúrico tardío, determinada por la presencia de los braquiópodos *Macrolepura* sp., *Sphaerirhynchia* sp., *Baturria* sp. y *Strophoprion* sp. Sin embargo, sólo se alcanzó el nivel de género, los cuales, actualmente se sabe que presentan un

Tabla 6. Correlación y alcances estratigráficos de las unidades litoestratigráficas cenozoicas del estado de Tamaulipas, México.

Sistema	Serie	El Mimbral	Mier	Camargo	San Fernando	Abasolo	San Fernando	Reynosa								
NEÓGENO	Plioceno							Fm. Oakville								
	Mioceno								Fm. Guajolote							
PALEÓGENO	Oligoceno												Fm. Mesón			
																Miembro Sandstone
																Miembro Limestone
																Lower Marine Sandstone
PALEÓGENO	Eoceno									Grupo Clairbone						
																Fm. La Yegua
																Fm. Laredo
																Fm. Mount Selman
		Fm. Carrizo														
PALEÓGENO	Paleoceno	Fm. Velasco														
									Fm. Indio							

alcance estratigráfico más amplio, desde el Wenlockiano (Silúrico medio) hasta el Emsiano (Devónico Inferior) (Gibson, 1992; Balinski, 2012).

En lo que concierne a la edad de la Formación La Yerba, recientemente ha sido puesta en duda, sin llegar a un consenso general de la misma. Esto es porque Carrillo-Bravo (1961), por posición estratigráfica y algunos braquiópodos reportados, relacionó dicha sucesión estratigráfica con el Devónico. Posteriormente, Stewart *et al.* (1999), establecieron que podría presentar una edad Pre-Pensilvánica temprana, basándose en la posición estratigráfica.

Por otra parte, algunas unidades litoestratigráficas que requieren de una revisión más detallada, son las descritas de manera informal por Gardner (1945). La primera es la formación Indio, que es del Eoceno inferior, ya que los taxones en que se basó no son fósiles índice precisos, ya que entre ellos se menciona a *Ostrea (Ostrea) intermedoides*, que también está presente en rocas del Paleoceno (Palmer y Brann, 1965). De la misma manera Gardner (1945) describió a la unidad informal miembro Limestone que es referida al Oligoceno superior, basándose en los moluscos *Kuphus incrassatus*, *Holospira eva*, *Orthaulax pugnax* y *Ampullina (Ampullinopsis) amphora*, los cuales también han sido referidos en localidades del Mioceno (King y Wright, 1979).

4.2. Paleogeografía y paleoambientales

Con la presente revisión fue posible apreciar los cambios en las facies de las rocas fanerozoicas de Tamaulipas. No obstante, hay una fuerte carencia de este conocimiento para el estado, ya que ningún autor ha realizado una interpretación paleoambiental a través de una sucesión estratigráfica completa. Cabe resaltar, que la mayor parte de los trabajos que versan sobre el registro fósil de protistas e invertebrados de Tamaulipas datan del siglo pasado (Becerra-Rodríguez *et al.*, 2020), y no hacen referencia de las implicaciones ambientales en dichos estudios.

4.2.1. Paleozoico

Las biotas fósiles han ayudado al entendimiento de la evolución paleogeográfica de lo que actualmente es el estado de Tamaulipas. De este modo, Boucot *et al.* (1997) establecieron que para el Silúrico superior (Wenlockiano–Ludloviano), una porción litosférica del estado correspondía a la parte Norte-noroeste de Gondwana, inferido por las afinidades paleobiogeográficas de las faunas de braquiópodos de la Formación Cañón de Caballeros con las de la Provincia Europea de la Región del Atlántico Norte, que cubrió el océano de la porción Norte-noreste de Gondwana (Boucot *et al.*, 1997).

Para el Tournaisiano tardío–Viseano temprano (Mississípico inferior), Tamaulipas se ubicaba al sudoeste de Laurasia, así como al sureste de la Provincia del Mid-Continent (Sour-Tovar, 1999), lo cual fue inferido

gracias a la asociación de braquiópodos depositados en la Formación Vicente Guerrero. Estas faunas además de ser similares a las de ciertas localidades de Norteamérica, también se correlacionaban con las depositadas en rocas de Oaxaca, que en conjunto con una porción de Hidalgo, se ha señalado que formaron parte del microcontinente Oaxaquia (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1995; Centeno-García, 2005). Esta similitud con el Mid-continent, era el inicio de la regionalización de braquiópodos de Norteamérica, la cual bien pudo haber comenzado hasta el Pensilvánico (Porrás-López, 2017). Al final del Pérmico, la Provincia del Mid-Continent y la Provincia Apalachiana (provincia perteneciente a norteamérica) se fusionaron parcialmente, cerrando el Prototethys, esto debido al desplazamiento de las placas litosféricas tras lo que se originaría Pangea (Sour-Tovar, 1999). Para ese momento, aumenta la regionalización específica y genérica de distintos invertebrados marinos y protistas, los cuales eran fuertemente afines a las provincias paleobiogeográficas norteamericanas (Torres-Martínez *et al.*, 2019).

Las potentes secuencias siliciclásticas Paleozoicas que afloran en dicho estado, así como sus faunas compuestas mayormente por braquiópodos, trilobites, crinoideos, briozoos y corales muestran que durante dicha era predominaron ambientes de plataformas terrígenas someras (Boucot *et al.*, 1997; Sour-Tovar, 1999).

4.2.2. Mesozoico

Para el Triásico Superior–Jurásico Inferior, Tamaulipas formó parte de la región occidental de Pangea, tiempo durante el cual se depositaron sedimentos continentales que dieron origen a las secuencias rojizas del valle del Huizachal (Barboza-Gudiño *et al.*, 2010). A la par, durante el límite Triásico–Jurásico comenzó la separación de Pangea, dado que la placa Norteamericana se separó de las placas sudamericana y africana (Padilla, 1986). Este proceso dio como resultado la apertura del Golfo de México, y a su vez, inició la formación de diferentes estructuras geológicas, como orógenos y cuencas, lo que controló la distribución de los mares y los procesos de sedimentación del noreste de México (Goldhammer y Johnson, 2001; Fastovsky *et al.*, 2005). El proceso de apertura del Golfo de México finalizó en el Jurásico Medio–Tardío, tiempo en que ocurrió una transgresión marina en el noreste de México. Dicho evento dio origen al Golfo de Sabinas, la Isla de Coahuila y la Península y Archipiélago de Tamaulipas (Morán-Zenteno, 1986). Para el Jurásico Superior, el Golfo de México se caracterizó por sus plataformas de aguas someras, en las que se depositaron grandes cantidades de carbonatos (Williams-Rojas y Hurley, 2001).

Para el Cretácico Inferior (Berriasiano–Barremiano) las condiciones tectónicas se mantuvieron estables, acumulándose grandes cantidades de carbonatos hacia las tierras emergidas, las cuales fueron bordeadas por sedimentos clásticos, predominando ambientes de plataformas carbonatadas (Mckee *et al.*, 1990). Basándose

en el taxón *Hegaratella baezi*, Cantú-Chapa (2012), estableció que durante el Berriasiano, Tamaulipas formó parte de la región occidental del mar de Tethys, que se encontraba conectada con ciertas regiones de Europa. Así mismo, durante el Cretácico Temprano los ambientes pelágicos y de aguas someras experimentaron una serie de cambios paleoambientales, relacionados con el Evento Anóxico Oceánico 1a, en el noreste de México, observado un recambio de comunidades marinas de ambientes someros a faunas de aguas profundas (Núñez-Useche *et al.*, 2020). Por otro lado, en el Cretácico Tardío, el Golfo de México se encontraba conectado con el Mar Interior Occidental de los Estados Unidos, ocurriendo una serie de transgresiones y regresiones marinas y cambios en los patrones de sedimentación en el noreste de México, (McFarlan y Menes, 1991; Goldhammer y Johnson, 2001). Específicamente, en la parte final del Cretácico Tardío (Campaniano–Maastrichtiano), el aporte de sedimentos clásticos provenientes del oeste de México incrementó considerablemente, además de que en el Golfo de México aumentó la subsidencia, lo que dio origen a potentes secuencias de margas y lutitas (Padilla, 1986).

Con esto, se puede observar que las facies marinas de Tamaulipas cambiaron fuertemente a lo largo del Mesozoico. Para el Triásico, así como para el Jurásico Inferior los depósitos de sedimentos señalan medios continentales con influencia volcánica (Mixon *et al.*, 1959; Rubio-Cisneros *et al.*, 2011; Barboza-Gudiño *et al.*, 2014), mientras que para el Jurásico Superior, las unidades litoestratigráficas están representadas por una potente secuencia de rocas carbonatadas, por lo que se refleja un episodio transgresivo a aguas someras (Gamper, 1977). Posteriormente, para el Cretácico Inferior, las facies cambiaron a condiciones oceánico-pelágicas, en las que se desarrollan faunas de amonites y bivalvos, así como calpionélidos y foraminíferos (Gamper, 1977; Eguluz-De Antuñano *et al.*, 2012). En las rocas del Cretácico Superior comienzan a notarse modificaciones en las características sedimentológicas, cambiando de carbonatos a terrígenos, los cuales formaron lutitas y margas principalmente. Para este momento, los ambientes correspondían a un talud de cerca de 1000 m de profundidad, en donde se desarrollaron foraminíferos bentónicos (Alegret *et al.*, 2004).

4.2.3. Cenozoico

Coincidiendo con el inicio del Cenozoico (Paleoceno temprano), se desarrolló el orógeno mexicano del Cretácico–Paleógeno, evento que influyó en la formación de las cadenas plegadas y cabalgadas de la Sierra Madre Oriental (Fitz *et al.*, 2018). Este evento produjo el plegamiento y levantamiento de las potentes secuencias carbonatadas mesozoicas, las cuales aportaron grandes cantidades de terrígenos y clastos (Sohl *et al.*, 1991). Al inicio del Eoceno comenzaron a depositarse dichos clastos, formando diferentes cuencas sedimentarias (de Cserna, 1989), entre ellas la cuenca de Burgos en la parte noroeste de Tamaulipas, desarrollada en un sistema de barras-barreras y deltas que dieron origen a

grandes secuencias de lutitas y areniscas (Padilla, 1986). Para el Oligoceno, los constantes aportes de sedimentos en las cuencas continuaron, hasta que disminuyeron en el Mioceno, completándose la formación de las cuencas de antepaís, entre ellas la cuenca Tampico-Misantla depositada al este de Tamaulipas (Salvador, 1991).

A inicios del Paleógeno inferior continuaron las condiciones de depósito similares a las mesozoicas, en ambientes de profundidades considerables y con un buen aporte de sedimentos terrígenos, donde se desarrollaron foraminíferos bentónicos (Alegret *et al.*, 2004). Los continuos flujos de material terrígeno perduraron durante el Eoceno–Oligoceno, mientras que para el Mioceno disminuyó, dando origen a la formación de cuencas de antepaís, entre ellas la Cuenca Tampico-Misantla (Salvador, 1991). No obstante, existían ambientes transicionales, ya que González-Terrazas (2006) describió un medio de playa abierta formada durante el Oligoceno tardío–Mioceno temprano, la cual dió paso a la Formación Mesón que forma parte de dicha cuenca.

4.3. Perspectivas

De las tres eras correspondientes al Fanerozoico, las más estudiadas en Tamaulipas son el Mesozoico y el Cenozoico, con pocos trabajos para el Paleozoico. Para el Paleozoico, el Misisípico es el más estudiado, seguido del Silúrico, mientras que el Pensilvánico y Pérmico han sido pobremente trabajados. Los braquiópodos representan el grupo mejor conocido, tanto para el Silúrico como para el Misisípico. A pesar de que hay reportes de pelmatozoos, corales rugosos y tabulados silúricos, no se han realizado estudios sistemáticos de ninguno de estos grupos. Lo mismo sucede con los invertebrados carboníferos, donde se han registrado bivalvos, gasterópodos y briozoos misisípicos, al igual que crionoideos pensilvánicos, y hasta la fecha siguen sin ser descritos. Otro grupo poco estudiado son los fusulinidos, tanto pensilvánicos como pérmicos, así como los amonoideos pensilvánicos, para los que sólo existe un estudio.

Con respecto al Mesozoico, las rocas del Cretácico Inferior han sido muy estudiadas, pero son las del Cretácico Superior a las que se les ha prestado mayor atención. Referente a los taxones mesozoicos, los amonites del Cretácico Inferior representan el grupo más estudiado, seguido por los calpionélidos. A pesar de existir reportes de bivalvos, crinoideos, esponjas y corales para las rocas de dicha edad, no se han realizado estudios taxonómicos de tales grupos. En lo que concierne al Cretácico Superior, los foraminíferos son el grupo mejor conocido, seguido de los bivalvos y amonites. Aunque se tienen reportes de crinoideos y decápodos para dicha edad, no se han abordado estudios taxonómicos para los mismos.

Referente al Cenozoico, las rocas del Paleoceno inferior son las más estudiadas, mientras que los estratos del Eoceno y Oligoceno han sido poco trabajados, al igual que las

localidades del Mioceno (Neógeno inferior). Referente a los grupos más estudiados, son los foraminíferos del Paleoceno inferior los mejor conocidos, seguidos de los bivalvos y gasterópodos del Eoceno, Oligoceno y Mioceno, así como los equinoideos del Oligoceno y Mioceno. Por otro lado, los corales, cefalópodos y decápodos han sido pobremente estudiados para las rocas del Cenozoico en general.

Esto demuestra que el estado de Tamaulipas aún cuenta con material diverso de protistas e invertebrados marinos que no ha sido estudiado, ya que a pesar de que se han descrito numerosos ejemplares fósiles, aún hay grupos que son prácticamente desconocidos. Además, no se cuenta con información suficiente para establecer como fueron cambiando las condiciones paleoambientales a lo largo del tiempo, siendo inherente la necesidad de realizar más estudios de esta índole.

5. Conclusiones

El Estado de Tamaulipas cuenta con un registro estratigráfico muy completo, con unidades litológicas, tanto formales como informales, que representan distintas edades de las tres eras del Fanerozoico, ya sea del Paleozoico (Silúrico medio-tardío, Misisípico Temprano, Pensilvánico Medio, Pérmico temprano), en las que ocurren principalmente braquiópodos y crinoideos en ambientes de plataforma continental; del Mesozoico (Triásico Tardío, Jurásico, Cretácico), donde se reportan especialmente amonites, calpionélidos y foraminíferos que se depositaron en plataformas carbonatadas y facies de aguas profundas; y del Cenozoico (Paleógeno, Neógeno), en donde se presentan comúnmente foraminíferos, bivalvos, gasterópodos y equinoideos en facies de aguas profundas y playas someras. Esto denota que las rocas de Tamaulipas poseen una gran importancia para el entendimiento de la historia geológica del noreste de México, debido a los distintos eventos registrados en las mismas, tales como modificaciones en el nivel del mar y cambios en sus cuencas sedimentarias.

A pesar de la gran diversidad faunística reportada para la región, el conocimiento de sus biotas aún es limitado y requiere de una mayor atención, principalmente aquellos taxones que carecen de estudios sistemáticos formales, incluyendo grupos paleozoicos (p. ej. trilobites, bivalvos, gasterópodos, corales, esponjas y briozoos), mesozoicos (p. ej. esponjas, corales y crinoideos) y cenozoicos (p. ej. cefalópodos y corales). Otro aspecto que requiere consideración es la revisión del material depositado en las colecciones, esto último con el objetivo de actualizar la taxonomía del material estudiado en el siglo pasado, el cual es abundante. Esto, subsecuentemente ayudará a establecer edades relativas fehacientes a ciertas unidades litoestratigráficas del Estado de Tamaulipas, ya que algunas aún se encuentran en discusión.

Del mismo modo, un aspecto importante para el entendimiento de las biotas y la historia geológica del país es

el conocimiento de la evolución paleoambiental, que hasta la fecha sigue siendo poco estudiada en la región. Debido a esto, no solo es necesario centrarse en el estudio petrográfico de las rocas carbonatadas sino también en ciertos grupos que aporten información al respecto, como son los briozoos y crinoideos paleozoicos, así como los crinoideos mesozoicos.

Finalmente, en localidades como el Cañón del Novillo (Victoria), “El Cielo” (Gómez Farías), El Cañón de la Servilleta (Mante), así como los yacimientos de los municipios de Bustamante, Hidalgo, Tula y San Carlos, afloran rocas con potencial fosilífero, las cuales no han sido estudiadas hasta el momento. Es evidente que las secuencias marinas de Tamaulipas siguen siendo de gran interés paleontológico y sedimentológico, por lo que su estudio ayudaría a enriquecer el conocimiento sobre la evolución geológica, ambiental y paleogeográfica del noreste de México.

Agradecimientos

El primer autor agradece los apoyos brindados por el Gobierno del Estado de Tamaulipas, el Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología y el Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, así como al programa XXIX Verano de la Investigación Científica de la Academia Mexicana de Ciencias, para el desarrollo del proyecto “Protozoos e invertebrados fósiles de Tamaulipas, México”. Los autores agradecen las observaciones y sugerencias brindadas por los árbitros, Dra. Claudia Serrano-Brañas (Benemérita Escuela Normal de Coahuila/Smithsonian Institution) y Dr. Francisco Sánchez-Beristain (Facultad de Ciencias, UNAM), las cuales enriquecieron ampliamente el manuscrito original. Asimismo, se aprecia considerablemente el apoyo brindado por el Dr. Josep Moreno-Bedmar, Editor en Jefe de Paleontología Mexicana. MATM agradece el apoyo parcial proporcionado por el proyecto PAPIIT IA103920 (DGAPA-UNAM) para la realización de este trabajo.

Referencias

- Alegret, L., Thomas, E., 2001, Upper Cretaceous and lower Paleogene benthic foraminifera from northeastern Mexico: Micropaleontology, 47(4), 269–316. <https://doi.org/10.2113/47.4.269>.
- Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J.A., Liesa, C., Meléndez, A., Molina, E., Thomas, E., 2002, The Cretaceous/Tertiary boundary: sedimentology and micropaleontology at El Mulato section, NE Mexico: Terra Nova, 14(5), 330–336. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.2002.00425.x>.
- Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E., 2004, Bioestratigrafía y reconstrucción paleoambiental del tránsito Cretácico-Paleógeno en El Mimbral (México): Geo-Temas, 6(4), 357–360.
- Alemán-Gallardo, E.A., Ramírez-Fernández, J.A., Weber, B., Velasco-Tapia, F., Casas-Peña, J.M., 2019, Novillo Metamorphic Complex, Huizachal-Peregrina Anticlinorium, Tamaulipas, Mexico: Characterization and development based on whole-rock geochemistry and Nd-isotopic ratios: Journal of South American Earth Sciences, 96, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102382>.

- Baliński, A., 2012, The brachiopod succession through the Silurian–Devonian boundary beds at Dnistrove, Podolia, Ukraine: *Acta Palaeontologica Polonica*, 57(4), 897–924. <http://dx.doi.org/10.4202/app.2011.0138>.
- Barboza-Gudiño, J.R., Zavala-Monsiváis, A., Venegas-Rodríguez, G., Barajas-Nigoche, L.D., 2010, Late Triassic stratigraphy and facies from northeastern Mexico: Tectonic setting and provenance: *Geosphere*, 6(5), 621–640. <https://doi.org/10.1130/GES00545.1>.
- Barboza-Gudiño, J.R., Ramírez-Fernández, J.A., Torres-Sánchez, S.A., Valencia, V.A., 2011, Geocronología de circones detríticos de diferentes localidades del Esquistos Granjeno en el noreste de México: *Boletín de la Sociedad Geológica de México*, 63(2), 201–216. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2011v63n2a5>.
- Barboza-Gudiño, J.R., Ocampo-Díaz, Y.Z.E., Zavala-Monsiváis, A., López-Doncel, R.A., 2014, Procedencia como herramienta para la subdivisión estratigráfica del Mesozoico temprano en el noreste de México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(3), 303–324. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2014.3.236>.
- Barragán, R., Maurrasse, F.J.-M.R., 2008, Lower Aptian (Lower Cretaceous) ammonites from the basal strata of the La Peña Formation of Nuevo León State, northeast Mexico: biostratigraphic implications: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(1), 145–157.
- Becerra-Rodríguez, A.G., Correa-Sandoval, A., Torres-Martínez, M.A., 2020, Revisión histórica del registro fósil de protozoos e invertebrados marinos del estado de Tamaulipas, México: *Paleontología Mexicana*, 9(2), 135–143.
- Boucot, A.J., Blodgett, R., Stewart, J.H., 1997, European province late Silurian brachiopods from the Ciudad Victoria area, Tamaulipas, northeastern Mexico: *Geological Society of America, Special Paper*, 321, 273–294. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2321-3.273>.
- Buitrón-Sánchez, B.E., Arellano-Gil, J., Flores de Dios, L.A., 1998, Crinoides del Pensilvánico del Cañón de la Peregrina, Estado de Tamaulipas, México (resumen), *en* Primera Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, México D.F., México: México, Unión Geofísica Mexicana, p. 55.
- Cameron, K.L., Lopez, R., Ortega-Gutiérrez, F., Solari, L.A., Keppie, J.D., Schulze, C., 2004, U-Pb geochronology and Pb isotopic compositions of leached feldspars: Constraints on the origin and evolution of Grenville rocks from eastern and southern Mexico: *Geological Society of America Memoir*, 197, 755–768. DOI: <https://doi.org/10.1130/0-8137-1197-5.609>.
- Cantú-Chapa, C.M., 1976, Estratigrafía de la Formación La Peña (Aptiano Sup.) en el área de Monterrey, N.L.: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 8(4), 7–16.
- Cantú-Chapa, A., 2009, Ammonites of the Cretaceous Tarais and lower Tamaulipas formations in eastern Mexico, *en* Bartolini, C., Román Ramos J.R. (eds.), *Petroleum systems in the southern Gulf of Mexico*: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 90, 191–216.
- Cantú-Chapa, A., 2012, Présence d'*Hegaratella* Nikolov & Sapunov 1977, ammonite du Berriasien (Crétacé inférieur) à Victoria, au nord-est du Mexique: *Revue de Paléobiologie*, 11, 53–61.
- Carrillo-Bravo, J., 1961, Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 13, 1–98.
- Casas-Peña, J.M., Ramírez-Fernández, J.A., Velasco-Tapia, F., Alemán-Gallardo, E.A., Augustsson, C., Weber, B., Frei, D., Jenchen, U., 2021, Provenance and tectonic setting of the Paleozoic Tamatán Group, NE Mexico: Implications for the closure of the Rheic Ocean: *Gondwana Research*, 91, 205–230. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2020.12.012>.
- Centeno-García, E., 2005, Review of upper Paleozoic and lower Mesozoic stratigraphy and depositional environments, central and west Mexico: Constraints on terrane analysis and paleogeography: *Geological Society of America, Special Paper*, 393, 233–258. DOI: <https://doi.org/10.1130/0-8137-2393-0.233>.
- Clark, J.M., Hopson, J.A., 1985, Distinctive mammal-like reptile from Mexico and its bearing on the phylogeny of the Tritylodontidae: *Nature*, 315, 398–400. DOI: <https://doi.org/10.1038/315398a0>.
- Clark, J.M., Hernández-Rivera, R., 1994, A new burrowing diapsid from the Jurassic La Boca Formation of Tamaulipas, Mexico: *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14, 180–195. DOI: <https://doi.org/10.1080/002724634.1994.10011551>.
- Clark, J.M., Hopson, J.A., Hernández, R., Fastovsky, D.E., Montellano, M., 1998, Foot posture in a primitive pterosaur: *Nature*, 391, 886–889. DOI: <https://doi.org/10.1038/36092>.
- Cloud Jr, P.E., 1944, Permian brachiopods, *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*: Geological Society of America, Special Paper, 52, 49–69. <https://doi.org/10.1130/SPE52-p1>.
- de Cserna, Z., 1989, An outline of the geology of Mexico: The Geology of North America - An overview: The Geological Society of America, A, 233–264. <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-A.233>.
- Dunbar, C.O., 1944, 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*: Geological Society of America Special Paper, 52, 35–49. <https://doi.org/10.1130/SPE52-p1>.
- Eguiluz-De Antuñano, S., Aranda-García, M., Marrett, R., 2000, Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53(1), 1–26. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2000v53n1a1>.
- Eguiluz-de Antuñano, S., Olivares-Ramos, D., López-Martínez, R., 2012, Discordancia entre el Jurásico y Cretácico en Huizachal, Tamaulipas, México. Su posible correlación con un límite de secuencia global: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29(1), 87–102.
- Eguiluz-de Antuñano, S., Solís Pichardo, G., Vega, F.J., 2020, Contribución al conocimiento paleontológico, geocronológico y paleoambiental de la Formación Jackson inferior (Eoceno Superior), en la Cuenca de Burgos, Tamaulipas, México: *Paleontología Mexicana*, 9(2), 121–134.
- Esquivel-Macias, C., Solís-Marín, F.A., Buitrón-Sánchez, B., 2004, Nuevos registros de placas columnares de crinoideos (Echinodermata, Crinoidea) del Paleozoico Superior de México, algunas implicaciones paleobiogeográficas y paleoambientales: *Coloquios de Paleontología*, 54, 15–23.
- Fastovsky, D.E., Clark, J.M., Strater, N.H., Montellano, M., Hopson, J.A., 1995, Depositional environments of a Middle Jurassic terrestrial vertebrate assemblage, Huizachal Canyon, Mexico: *Journal of Vertebrate Paleontology*, 15(3), 561–575. <http://dx.doi.org/10.1080/002724634.1995.10011249>.
- Fastovsky, D.E., Hermes, D., Strater, N.H., Bowring, S.A., Clark, J.M., Montellano, M., Hernández, R., 2005, Pre–Late Jurassic, fossil-bearing volcanic and sedimentary red beds of Huizachal Canyon, Tamaulipas, Mexico, *en* Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B. (eds.), *The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives*: Geological Society of America, Special Paper, 393, 259–282. <http://dx.doi.org/10.1130/0-8137-2393-0.401>.
- Fitz-Díaz, E., Lawton, T.F., Juárez-Arriaga, E., Chávez-Cabello, G., 2018, The Cretaceous-Paleogene Mexican orogen: Structure, basin development, magmatism and tectonics: *Earth-Science Reviews*, 183, 56–84. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.03.002>.
- Gamper, M.A., 1977, Estratigrafía y microfácies cretácicas en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental): *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 38, 1–17. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM1977v38n1a1>.
- Gardner, J., 1945, Mollusca of the Tertiary Formations of Northeastern Mexico: *Geological Society of America, Memoir*, 11, 1–322. <https://doi.org/10.1130/MEM11>.
- Gibson, M.A., 1992, Some epibiont-host and epibiont-epibiont relationships from the Birdsong Shale member of the lower Devonian Ross Formation (west-central Tennessee, USA): *Historical Biology*, 6(2), 113–132. <http://dx.doi.org/10.1080/10292389209380422>.

- Goldhammer, R.K., Johnson, C.A., 2001, Middle Jurassic-Upper Cretaceous Paleogeographic evolution and sequence stratigraphic framework of the northwest Gulf of Mexico rim, *en* Bartolini, C., Buffler, T., Cantú-Chapa, A. (eds.), The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins and petroleum systems: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 75, 45–81. <https://doi.org/10.1306/M75768C3>.
- González-Terrazas, D.I., 2006, Estudio paleontológico de algunos equinoides terciarios de la localidad Guadalupe Victoria, municipio de Abasolo, Tamaulipas, México: México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis profesional, 61 pp.
- Guajardo-Cantú, E., de la Cruz, F.T., Hernández-Ocaña, M.I., Chacón-Baca, E., López, J.C.J., 2019, Gasterópodos (Mollusca, Gastropoda) del Eoceno en el municipio General Bravo de la Cuenca de Burgos, Nuevo León, México: *Paleontología Mexicana*, 8(2), 109–120.
- Heredia-Jiménez, D.P., Alanís-Pavón, A., Quiroz-Barragán, J., Becerra-Rodríguez, A.G., Torres-Martínez, M.A., 2019, Braquiópodos del Pérmico medio (Wordiano) de las Delicias, Coahuila, México: *Paleontología Mexicana*, 8(2), 89–96.
- Humphrey, W.E., 1949, Geology of Sierra de Los Muertos area, Mexico (with descriptions of Aptian cephalopods from the La Peña Formation): *Geological Society of America Bulletin*, 60, 89–176. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1949\)60\[89:GOTSDL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1949)60[89:GOTSDL]2.0.CO;2).
- Ifrim, C., 2019, *Schlueterella stinnesbecki* n. sp. (Ammonoidea, Diplomoceratidae) del Turoniano-Coniaciano del noreste de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 71(3), 841–849. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2019v71n3a13>.
- Ifrim, C., Stinnesbeck, W., 2013, Ammonoids from the Maastrichtian (Late Cretaceous) at El Zancudo, Nuevo Laredo, Tamaulipas, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(1), 189–200. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2013v65n1a14>.
- Ifrim, C., Lara-de la Cerda, J.E., Peña-Ponce, V.H., Stinnesbeck, W., 2017, The Upper Campanian-lower Maastrichtian cephalopod fauna of Botellos, Nuevo León: a key to understand faunal turnover across the Campanian-Maastrichtian boundary in NE Mexico: *Acta Geologica Polonica*, 67(1), 145–162. <https://doi.org/10.1515/agp-2017-0009>.
- Ifrim, C., Múzquiz, H.P., Stinnesbeck, W., 2019, Ammonoids, their biozonation and their palaeobiogeographic relation across the Turonian-Coniacian boundary in northern Coahuila, Mexico: *Cretaceous Research*, 102, 170–195. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2019.03.014>.
- Imlay, R.W., 1937, Lower Neocomian fossils from the Miquihuana Region, Mexico: *Journal of Paleontology*, 11(7), 552–574.
- Imlay, R.W., 1938, Ammonites of the Taraises Formation of northern Mexico: *Geological Society of America, Bulletin*, 49, 539–602. <https://doi.org/10.1130/GSAB-49-539>.
- Imlay, R.W., 1940, Neocomian faunas of northern Mexico: *Geological Society of America, Bulletin*, 51, 117–190. <https://doi.org/10.1130/GSAB-51-117>.
- Israelsky, M.C., 1933, A new species of echinoids from Tamaulipas, México: *San Diego Society Natural History Transitions*, 8(22), 275–276.
- Jackson R., 1937, Mexican fossil Echini: *Proceedings United States Natural Museum*, 84, 227–237.
- Keller, G., Stinnesbeck, W., Lopez-Oliva, J.G., 1994, Age, deposition and biotic effects of the Cretaceous/Tertiary boundary event at Mimbral, NE Mexico: *Palaios*, 9(2), 144–157. <https://doi.org/10.2307/3515102>.
- King, K.C., Wright, R., 1979, Revision of the Tampa Formation, West-Central Florida: *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 29, 257–262.
- Longoria, J.F., Gamper, M.A., 1974, Two new species of Upper Cretaceous planktonic Foraminiferida from the *Abathomphalus mayaroensis* Zone of Mexico: *Micropaleontology*, 20(4), 473–477.
- Martínez-Díaz, J.L., Aguillón-Martínez, M.C., Luque, J., Vega, F.J., 2017, Paleocene decapod crustacea from northeastern Mexico: Additions to biostratigraphy and diversity: *Journal of South American Earth Sciences*, 74, 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.01.005>.
- McFarlan Jr., E., Menes, L.S., 1991, Lower Cretaceous, *en* Salvador, A. (ed.), The Gulf of Mexico basin: *Geological Society of America, The Geology of North America*, J, 181–204. <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-J.181>.
- McKee, J.W., Jones, N.W., Long, L.E., 1990, Stratigraphy and provenance of strata along the San Marcos fault, central Coahuila, Mexico: *Geological Society of America, Bulletin*, 102(5), 593–614. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1990\)102<0593:SAPOSA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1990)102<0593:SAPOSA>2.3.CO;2).
- Mendoza-Maya, A.K., Moreno-Bedmar, J.A., Chávez-Cabello, G., 2017, Amonites del Aptiano superior de la Formación La Peña de la sección de Los Chorros, Coahuila, noreste de México: *Paleontología Mexicana*, 6(1), 43–49.
- Miller, A.K., 1944, Permian cephalopods, *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*: *Geological Society of America, Special Paper*, 52, 71–128. <https://doi.org/10.1130/SPE52-p1>.
- Miller, A.K., Furnish, W.M., 1938, Aturias from the Tertiary of Mexico: *Journal of Paleontology*, 12(2), 149–155.
- Mixon, R.B., Murray, G.E., Díaz, G.T., 1959, Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), state of Tamaulipas, Mexico: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 23, 757–771.
- Montellano, M., Hopson, J.A., Clark, J.M., 2008, Late Early Jurassic mammaliaforms from Huizachal Canyon, Tamaulipas, México: *Journal of Vertebrate Paleontology*, 28(4), 1130–1143. <https://doi.org/10.1671/0272-4634-28.4.1130>.
- Morán-Zenteno, D.J., 1986, Breve revisión sobre la evolución tectónica de México: *Geofísica Internacional*, 25(1), 9–38.
- Murray, G.E., Furnish, W.M., Carrillo B.J., 1960, Carboniferous goniatites from Caballeros Canyon, State of Tamaulipas: *Journal of Paleontology*, 34, 731–737.
- Núñez-Useche, F., Barragán, R., Torres-Martínez, M.A., López-Zúñiga, P.A., Moreno-Bedmar, J.A., Chávez-Cabello, G., Canet, C., Chacón-Baca, E.C., 2020, Response of the western proto-North Atlantic margin to the early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE) 1a: an example from the Cupido platform margin-Gulf of Mexico, NE Mexico: *Cretaceous Research*, 113, 104488. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104488>.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1978, El Gneis Novillo y rocas metamórficas asociadas en los Cañones del Novillo y de la Peregrina, área de Ciudad Victoria, Tamaulipas: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 2(1), 19–30.
- Ortega-Gutierrez, F., Ruiz, J., Centeno-Garcia, E., 1995, Oaxaquia, a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the late Paleozoic: *Geology*, 23(12), 1127–1130. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023%3C1127:OAPMAT%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023%3C1127:OAPMAT%3E2.3.CO;2).
- Ovando-Figueroa, J.R., Moreno-Bedmar, J.A., Chávez-Cabello, G., Minor, K.P., 2015, Lower Aptian ammonites of the Sierra de Parras, Coahuila State, northern Mexico: *Carnets de Géologie*, 15(1), 1–11. <https://doi.org/10.4267/2042/56250>.
- Padilla, R.J., 1986, Post-Paleozoic tectonics of northeast Mexico and its role in the evolution of the Gulf of Mexico: *Geofísica Internacional*, 25(1), 157–206.
- Palmer, K.V., Brann, D.C., 1965, Catalogue of the Paleocene and Eocene Mollusca of the southern and eastern United States. Part 1. Pelecypoda, Amphineura, Pteropoda, Scaphopoda and Cephalopoda: *Bulletins of American Paleontology*, 48, 1–471.
- Porras-López, E.P., 2017, Análisis paleobiogeográfico de los braquiópodos productidos (Strophomenata: Productidina) del Carbonífero de la región de Nochistlán, Oaxaca, México: México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis profesional, 73 pp.
- 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(2), 120–130. <http://10.4072/rbp.2019.2.04>.

- Ramírez-Ramírez, C., 1992, Pre-Mesozoic geology of Huizachal-Peregrina Anticlinorium. Ciudad Victoria, Tamaulipas, and adjacent parts of eastern Mexico: U.S.A., University of Texas, Tesis doctoral, 450 pp.
- Reynoso, V.H., 1996, A Middle Jurassic Sphenodon-like sphenodontian (Diapsida: Lepidosauria) from Huizachal Canyon, Tamaulipas, Mexico: *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16, 210–221. <https://doi.org/10.1080/02724634.1996.10011309>.
- Reynoso, V.H., 2005, Possible evidence of a venom apparatus in a Middle Jurassic sphenodontian from the Huizachal red beds of Tamaulipas, Mexico: *Journal of Vertebrate Paleontology*, 25, 646–654. [https://doi.org/10.1671/02724634\(2005\)025\[0646:PEOAVA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1671/02724634(2005)025[0646:PEOAVA]2.0.CO;2).
- Reynoso, V.H., Clark, J.M., 1998, A dwarf sphenodontian from the Huizachal Formation of Tamaulipas, Mexico: *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18, 333–338. <https://doi.org/10.1080/02724634.1998.10011061>.
- Rubio-Cisneros, I.I., Lawton, T.F., 2011, Detrital zircon U-Pb ages of sandstones in continental red beds at Valle de Huizachal, Tamaulipas, NE Mexico: Record of Early-Middle Jurassic arc volcanism and transition to crustal extension: *Geosphere*, 7(1), 159–170. <https://doi.org/10.1130/GES00567.1>.
- Rubio-Cisneros, I.I., Ramírez-Fernández, J.A., García-Obregón, R., 2011, Análisis preliminar de procedencia de rocas clásticas jurásicas del valle de Huizachal, Sierra Madre Oriental: Influencia del vulcanismo sinsedimentario y el basamento cristalino: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(2), 137–156. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2011v63n2a1>.
- Salvador, A., 1991, Origin and development of the Gulf of Mexico Basin, in Salvador, A. (ed.), *The Gulf of Mexico basin: Geological Society of America, The Geology of North America*, J, 389–444. <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-J.389>.
- Sohl, N.F., Martínez, E., Salmerón-Ureña, P., Soto-Jaramillo, F., 1991, Upper Cretaceous, in Salvador, A. (ed.), *The Gulf of Mexico basin: Geological Society of America, The Geology of North America*, J, 205–244. <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-J.205>.
- Sour-Tovar, F., 1999, Braquiópodos del Misisípico Inferior (Osageano) de la Formación Vicente Guerrero en el anticlinorio Huizachal-Peregrina, Norte de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis doctoral, 69 pp.
- Sour-Tovar, F., Martínez-Chacón, M.L., 2004, Braquiópodos chonetoides del Carbonífero de México: *Revista Española de Paleontología*, 19(2), 125–138. <https://doi.org/10.7203/sjp.19.2.20527>.
- Sour-Tovar, F., Álvarez, F., Martínez-Chacón, M.L., 2005, Lower Mississippian (Osagean) spire-bearing brachiopods from Cañón de la Peregrina, north of Ciudad Victoria, Tamaulipas, northeastern Mexico: *Journal of Paleontology*, 79(3), 469–485. [https://doi.org/10.1666/0022-3360\(2005\)079%3C0469:LMOSBF%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0022-3360(2005)079%3C0469:LMOSBF%3E2.0.CO;2).
- Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S.A., Quiroz-Barragán, J., Torres-Martínez, M.A., González-Mora, S., 2016, Presencia de *Anisopyge perannulata* y *Ditomopyge* cf. *D. whitei* (Trilobita, Proetidae) en el Pérmico (Guadalupense medio) de la Formación Las Delicias, Coahuila, norte de México: *Paleontología Mexicana*, 5(2), 103–109.
- Stewart, J.H., Blodgett, R.B., Boucot, A.J., Carter, J.L., López-Ramos, R., Keppie, J.D., 1999, Exotic Paleozoic strata of Gondwanan provenance near Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico: *Geological Society of America, Special Paper*, 336, 227–252. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2336-1.227>.
- Stinnesbeck, W., 1994, Icnofósiles de la Formación Guacamaya (Pérmico inferior) del Cañón La Peregrina, al noreste de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 7(2), 47–55.
- Torres-Martínez, M.A., Heredia-Jiménez, D.P., Quiroz-Barroso, S.A., Navas-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, 41–55. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.03.002>.
- Torres-Martínez, M.A., Núñez-Useche, F., Barragán, R., 2020, Ichnologic note first occurrence of the microcoprolite *Palaxius salataensis* in the Aptian (Lower Cretaceous) of northeast Mexico and its paleoecological implications: *Ichnos*, 27(4), 361–368. <https://doi.org/10.1080/10420940.2020.1747060>.
- Vega, F.J., Nyborg, T.G., Fraaije, R.H.B., Espinosa, B., 2007, Paleocene decapod crustacea from the Rancho Nuevo Formation (Parras Basin-Difunta Group), Northeastern México: *Journal of Paleontology*, 81(6), 1442–1451. <https://doi.org/10.1666/06-018R.1>.
- Vega, F.J., Garassino, A., Zapata-Jaime, R., 2013, *Enoploclytia tepeyacensis* n. sp. (Crustacea, Decapoda, Erymidae) from the Cretaceous (Campanian) of Coahuila, NE Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(2), 207–211. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2013v65n2a1>.
- Vega, F.J., Centeno-García, E., Martínez-Díaz, J.L., Espinosa, B., Ventura, J.F., 2016, Late Cretaceous brachyuran crustaceans from Northeastern Mexico, in Khosla, A., Lucas, S.G. (eds.), *Cretaceous Period: Biotic diversity and biogeography: New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 71, 307–315.
- Vega, F.J., Naranjo-García, E., Aguillon, M.C., Posada-Martínez, D., 2019, Additions to continental gastropods from the Upper Cretaceous and Paleocene of NE Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 71(1), 169–191. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2019v71n1a9>.
- Villanueva-Olea, R., Quiroz-Barroso, S.A., Quiroz-Barragán, J., Torres-Martínez, M.A., Sour-Tovar, F., 2021, Placas columnares de crinoideos de la Formación Las Delicias, Pérmico inferior y medio de Coahuila, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73(1), 1–17. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2020v73n1a040820>.
- Weber, B., Scherer, E.E., Schulze, C., Valencia, V.A., Montecinos, P., Mezger, K., Ruiz, J., 2010, U–Pb and Lu–Hf isotope systematics of lower crust from central-southern Mexico—Geodynamic significance of Oaxaquia in a Rodinia Realm: *Precambrian Research*, 182(1–2), 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2010.07.007>.
- Williams-Rojas, C.T., Hurley, N.F., 2001, Geologic controls in reservoir performance in Muspac and Cathedral gas fields, Southeastern Mexico, in Bartolini, C., Buffler, R.T., Cantú-Chapa, A. (eds.), *The Western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, Sedimentary Basins, and Petroleum Systems: American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, 75, 443–472. <https://doi.org/10.1306/M75768C21>.
- Zell, P., Stinnesbeck, W., 2016a, *Salinites grossicostatum* (Imlay, 1939) and *S. finicostatum* sp. nov. from the latest Tithonian (Late Jurassic) of northeastern Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(2), 305–311. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2016v68n2a8>.
- Zell, P., Stinnesbeck, W., 2016b, Paleobiology of the latest Tithonian (Late Jurassic) ammonite *Salinites grossicostatum* inferred from internal and external shell parameters: *PloS one*, 11(1), e0145865. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145865>.
- Zell, P., Stinnesbeck, W., Beckmann, S., 2016a, Late Jurassic aptychi from the La Caja Formation of northeastern Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 515–536. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2016v68n3a8>.
- Zell, P., Stinnesbeck, W., Hering, F., 2016b, A coral-rich unit of Berriasian (Early Cretaceous) age in the Sierra Madre Oriental of northeastern Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*, 69, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.03.010>.