



Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo

Editoras

**Griselda Pulido-Flores
Ana Laura López-Escamilla
María Teresa Pulido-Silva**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO



ESTUDIOS BIOLÓGICOS EN LAS ÁREAS NATURALES DEL ESTADO DE HIDALGO

Griselda Pulido-Flores
Ana Laura López-Escamilla
María Teresa Pulido-Silva

editoras



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Luis Gil Borja

Rector

Humberto A. Veras Godoy

Secretario General

Marco Antonio Alfaro Morales

Coordinador de la División de Extensión

Octavio Castillo Acosta

Director del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Alberto Enrique Rojas Martínez

Jefe del Área Académica de Biología

Enrique Rivas Paniagua

Director de Ediciones y Publicaciones

Portada: *Echinocactus grusonii*, cactácea de la región de Zimapán, Hidalgo.

Fotografía: Ana Laura López–Escamilla.

Primera edición: 2008

© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Abasolo 600, Centro, Pachuca, Hidalgo, México, CP 42000

Correo electrónico: editor@uaeh.edu.mx

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra

sin el consentimiento escrito de la UAEH

ISBN 970-769-133-6

BOSQUEJO GEOLÓGICO Y POTENCIAL PALEONTOLÓGICO DE LA RESERVA BARRANCA DE METZTITLÁN

Carlos Esquivel-Macías, Víctor M. Bravo-Cuevas, Katia González-Rodríguez, Miguel Ángel Cabral-Perdomo y Jesús Castillo-Cerón

Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Los rasgos fisiográficos y geológicos del terreno en que se encuentra la barranca de Metztlán son diversos. Las rocas que afloran en esta región constituyen imponentes paisajes áridos que revelan una parte de la historia geológica del estado de Hidalgo, ya que los cuerpos rocosos, en particular los originados por procesos sedimentarios, son sitios idóneos para la preservación de fósiles y en muchos casos albergan una importante paleodiversidad marina, cuyo estudio aporta información paleoambiental y paleogeográfica relevante acerca de la evolución biótica del centro de México.

Provincialización morfotectónica y geológica de la barranca de Metztlán

La barranca de Metztlán se ubica geográficamente entre los 20°10'-20°50' latitud norte y 91°02'-98°21' longitud oeste. Desde un punto de vista morfotectónico, es decir, de la combinación de la orografía y los movimientos corticales que la han producido, se encuentra en el sector oriental de la provincia Sierra Madre Oriental; esta última se extiende a los estados de Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León y San Luis Potosí (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

Con base en un criterio estrictamente geológico, es decir, por la composición de las rocas, la mitad oriental de la barranca de Metztlán pertenece a la Sierra Madre Oriental y la mitad occidental a la Plataforma Valles-San Luis Potosí (Carrasco-Velázquez, 1970; Carrillo-Bravo, 1971; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992; López-Doncel, 2003), constituyendo el río Venados parte del límite entre ambas provincias geológicas; asimismo, el extremo meridional colinda con el Eje Volcánico Trasversal (Córdoba *et al.*, 1992; INEGI, 1992; Fries, 1962; Segeström, 1956; López-Ramos, 1972).

Desde el punto de vista geomórfico consiste en cordones plegados estrechamente espaciados, valles y mesetas intermontanas alargadas, que constituyen una porción de las cordilleras de mediana elevación del norte del estado de Hidalgo (Ferrusquía-Villafranca, 1998; Aranda-Gómez *et al.*, 2000).

Marco geológico generalizado

La barranca de Metztlán tiene una geología relativamente diversa, la cual incluye un conjunto de rocas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas (Figura 1), que testifican los últimos 290 millones de años de la historia geológica del territorio hidalguense.

El basamento incluye una potente secuencia de sedimentos del Pérmico superior que aflora en la porción nororiental de la región, la cual consiste en lutitas, limolitas y areniscas pertenecientes a la formación Tuzancoa (Sour-Tovar *et al.*, 2005).

El Mesozoico está representado por unidades líticas del Triásico, Jurásico y Cretácico. Las rocas triásicas son escasas y se encuentran expuestas únicamente en el rincón nororiental; consisten en lutitas, lutitas arenosas y conglomerados de color rojo de la formación Huizachal (Imlay *et al.*, 1948; Carrillo-Bravo, 1971).

Al oriente de la región, pero no específicamente en la reserva, los sedimentos jurásicos consisten en una secuencia de lutitas negras bandeadas, apizarradas y fracturadas de la formación Huayacocotla del Jurásico temprano (Imlay *et al.*, 1948). Asimismo, se reconocen paquetes de calizas con un alto contenido de manganeso y de estructura bandeada que son parte de la formación Tamán del Jurásico tardío (Heim, 1948). Las rocas pertenecientes a dichas uni-

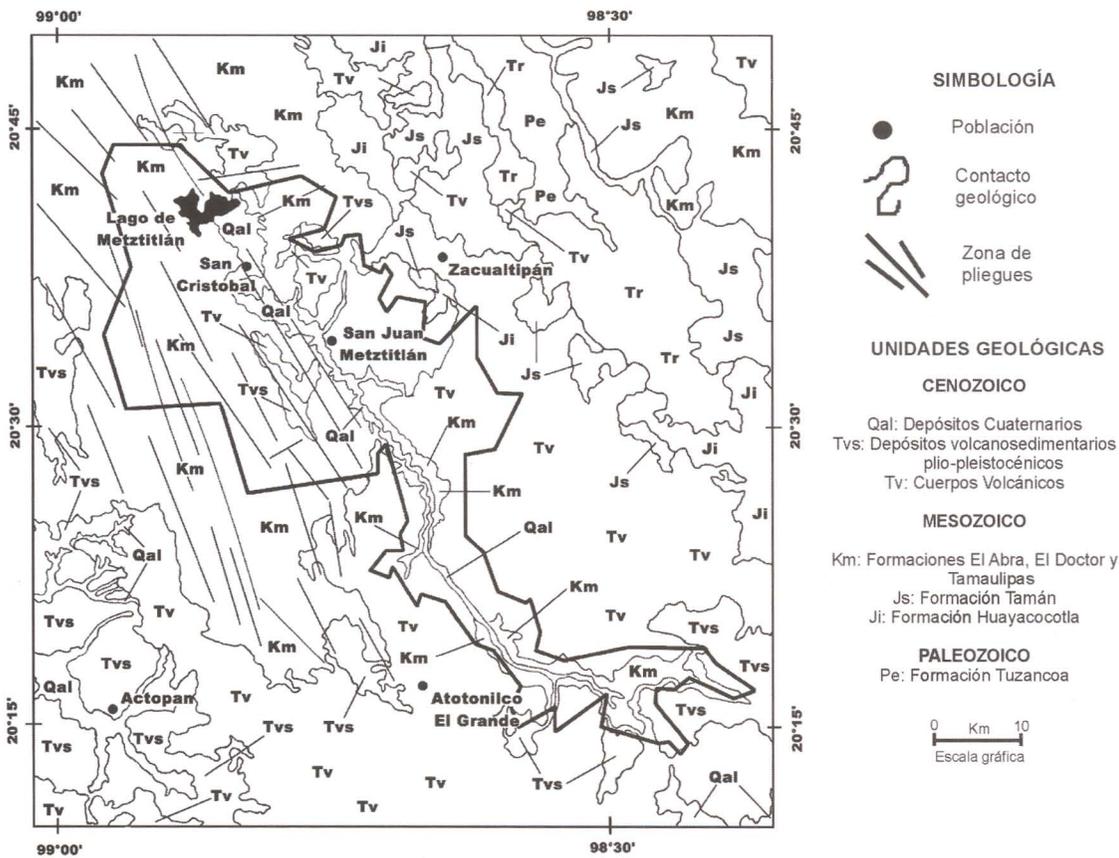


Figura 1. Mapa geológico generalizado de la región central del estado de Hidalgo, donde se destaca la extensión que ocupa la reserva de la barranca de Metztitlán (modificado de INEGI, 1983).

dades están expuestas en el sector nororiental de la región considerada; sin embargo, se encuentran sepultadas a gran profundidad en la zona que específicamente forma parte de la reserva.

Las rocas cretácicas son el componente principal de la reserva y en algunos casos alcanzan espesores hasta de 6 mil metros (Carrillo-Bravo, 1971), consistentes en un conjunto de secuencias calcáreas con escaso aporte de material terrígeno que evidencian una cuenca marina compleja. Asimismo, testifican edades que van de 112 a 94 millones de años, es decir, de la parte más tardía del Cretácico temprano y la parte más temprana del Cretácico tardío, segmento temporal que en México se distingue informalmente como Cretácico medio (Enos, 1974).

Las unidades del Cretácico medio forman una amplia faja de sedimentos que se exponen en sentido noroeste-sureste e incluyen bancos calizos masivos, calizas biomicríticas con intercalaciones de pedernal y calizas micríticas

alternadas con lutitas bandeadas, que evidencian desde ambientes arrecifales hasta de cuenca abierta, pasando por pie de talud. Las secuencias en conjunto se han identificado como pertenecientes a las formaciones El Abra, El Doctor, Tamaulipas, Otates, Cuesta del Cura y Tamabra (Carrillo-Martínez, 1981; Consejo de Recursos Minerales, 1992; Ferrusquía-Villafranca, 1998; INEGI, 1983; López-Doncel, 2003), pero su identidad taxonómica formal y edad precisa aún son controvertidas.

La cobertura cenozoica comprende rocas volcánicas y volcanosedimentarias terciarias, así como depósitos cuaternarios. La secuencia terciaria ocupa la mayor parte del sector meridional e incluye basaltos, andesitas y brechas volcánicas; asimismo, exposiciones de areniscas de grano grueso, fuertemente alteradas con intercalaciones irregulares de clastos volcánicos de composición variable de las formaciones Zumate, Tarango y Atotonilco el Grande (Fries, 1962; Consejo de Recursos Minerales, 1992; INEGI, 1983).

Por su parte, los depósitos cuaternarios incluyen arcillas y limos pobremente consolidados de origen fluviolacustre y forman el fondo de los valles.

Aspecto geológico actual

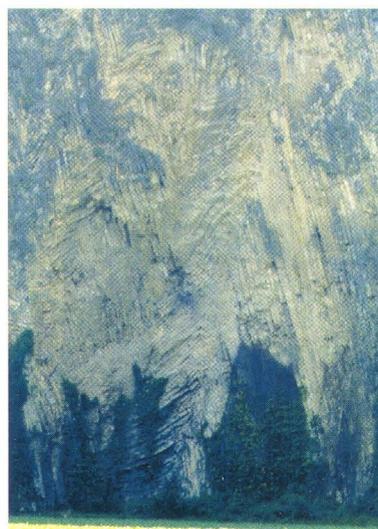
En la actualidad es posible reconocer la sucesión de pliegues, tanto apretados como abiertos, dispuestos linealmente y agrupados en anticlinales y sinclinales, que configuran la topografía del terreno en que se circunscribe la barranca de Metztlán (Aranda-Gómez *et al.*, 2000). Aunado a esto, se tienen sucesiones de estratos masivos y tableados, los cuales se encuentran expuestos debido a los efectos de erosión y fenómenos de diastrofismo diversos

que condujeron al desarrollo de bloques de fallas normales, inversos y cabalgaduras, resultado de deformación compresiva en sentido horizontal (Ferrusquía-Villafranca, 1998). Cabe destacar aquí que, en algunos casos, el efecto en conjunto generó metamorfismo regional de bajo grado, testificado por la presencia de filitas (*Figura 2A*) que en algunos afloramientos muestra metamorfismo más intenso.

El modo de deformación que se observa en la región es análogo a los pliegues petrolíferos cretácicos del sureste de México y son sitios promisorios para la exploración petrolera (Carrillo-Bravo, 1971; Carrillo-Martínez y Suter-Cargneluti, 1982; Suter-Cargneluti *et al.*, 1997), aspecto



A



B



C



D

Figura 2. Rasgos geológicos sobresalientes que se reconocen actualmente en la reserva Barranca de Metztlán. A. Secuencia de filitas que testifican metamorfismo regional de bajo grado en las calizas tableadas del sector oriental de la reserva. B. Conjunto de pliegues en las calizas tableadas del sector oriental. C. Topografía kárstica que se desarrolla en calizas de banco del sector occidental de la reserva. D. Panorámica del lago de Metztlán donde se observa en primer plano del lado derecho un bloque fallado de calizas tableadas y en el fondo los bloques de la caliza masiva de banco.

que no debe perderse de vista en la perspectiva de la conservación de la reserva (*Figura 2B*).

La erosión reciente ha generado disolución de las calizas masivas en muchos sitios, llegando a formar oquedades (*Figura 2C*) con escaso aporte de aguas subterráneas, excepto las que aportan los escurrimientos del lago de Metztitlán (*Figura 2D*) y que, en este caso, le confieren a la región una escasa topografía kárstica.

Sinopsis de la historia geológica

Durante el Mesozoico, la región que ahora forma parte de la reserva Barranca de Metztitlán fue un mar desde somero a profundo, que incluía bancos arrecifales. Los sedimentos triásicos y jurásicos indican dos periodos de regresión marina, mientras que aquellos cretácicos testifican el desarrollo de una cuenca oceánica compleja en un contexto trasgresivo y de expansión asociado a la retracción del mar de Tethys (Anderson y Schimdt, 1983; Ross y Scotesse, 1988).

El resultado neto del proceso tectónico que originó la región fue de levantamiento; sin embargo, no hay información acerca de la velocidad del mismo (Ferrusquía-Villafranca, 1998). La edad del episodio de deformación estructural corresponde al Terciario inferior (aproximadamente hace 60 millones de años) y se propone que se relaciona con el mismo evento que generó las Rocallosas en

Estados Unidos, además de que coincide aproximadamente con la formación de los Himalayas y los Alpes; esta actividad tectónica ocurrida a nivel mundial se conoce como la Orogenia Laramídica (Carrillo-Martínez y Suter-Cargneluti, 1982). De manera concomitante, se considera que durante dicho fenómeno comenzó a ocurrir la fase final de apertura del golfo de México, asociada al origen de las Antillas y Yucatán (Ross y Scotesse, 1988).

Potencial paleontológico

Como se mencionó en párrafos precedentes, las rocas del Cretácico constituyen el núcleo de la reserva Barranca de Metztitlán. Las secuencias calcáreas correspondientes son de origen marino y representan ambientes de depósito apropiados para la preservación de restos fósiles, tanto de invertebrados como de vertebrados (*Figura 3*).

Una parte de los sedimentos cretácicos consiste en areniscas calcáreas de las formaciones El Abra / El Doctor, las cuales son restos de esqueletos de carbonato de calcio, precipitados por organismos costeros y de agua superficial (Dunham, 1962). Este tipo de rocas está formado por una proporción variable de arena, así como fragmentos de bivalvos, gasterópodos, corales, foraminíferos y rudistas; en particular, estos últimos son sumamente abundantes (*Figura 4*).



Figura 3. Cuerpos de roca representativos de la barranca de Metztitlán con potencial fosilífero. A. Secuencia de las calizas de banco del sector occidental de la reserva. B. Secuencia de las calizas biomicríticas alternadas con bandas de pedernal, que afloran en el sector oriental de la reserva.



A



B

Figura 4. Ejemplares de fósiles marinos representativos de las secuencias calcáreas de banco que se encuentran en el núcleo de la reserva Barranca de Metztitlán. A. Asociación de rudistas en una facies lagunar. B. Vista trasversal de un rudista bivalvo donde se aprecian las cámaras radiales de la concha.

Los foraminíferos son excelentes indicadores geocronológicos y se sabe de su presencia en algunas localidades que se circunscriben al sector occidental de la barranca de Metztitlán, es decir, la porción que involucra la provincia geológica plataforma Valles-San Luis Potosí. Algunos estudios sobre este grupo de organismos conducen a considerar edades que van de los 108 a los 92 millones de años (Aguayo-Camargo, 1998; Alencáster, 1998). Asimismo, la información disponible para los macroinvertebrados mencionados es relevante para establecer las relaciones de origen y dispersión de las paleofaunas marinas del Mesozoico de México, con respecto a las de otras partes del mundo (Alencáster, 1984; 1990).

Recientemente, algunos investigadores del Museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo se dedican al estudio de los moluscos (gasterópodos y bivalvos) y se apoyan en el estudio de los foraminíferos como bioindicadores de ambientes de depósito. El análisis taxonómico, petrológico y a nivel de microfacies indica hasta ahora la existencia de ambientes peri-arrecifales, tales como barrera, pendiente de talud, pie de talud y/o plataforma abierta.

En las calizas tableadas que tradicionalmente se consideran del Cretácico superior (INEGI, 1983) existe potencial para el hallazgo de peces, cefalópodos y equinodermos. Estudios preliminares de estas rocas conducen a postular

que hay continuidad lateral y temporal con las formaciones Tamaulipas, El Abra y El Doctor que incluyen facies de cuenca de las formaciones, lo cual se establecerá eventualmente mediante un muestreo intenso que documente dicha transición utilizando fósiles, y con un estudio a nivel de facies.

Por otra parte, en la barranca de Metztitlán también se reconocen secuencias de micritas oscuras o lodos calcáreos con intercalaciones frecuentes de pedernal, las cuales son propias de ambientes de cuenca marina abierta y profunda con poca oxigenación, donde es muy probable que afloren foraminíferos planctónicos, cefalópodos, amonoides, así como equinodermos, crustáceos y aun peces. Esta interpretación es congruente con el hecho de que en regiones aledañas a Zimapán, en la porción noroccidental del estado de Hidalgo, se tienen hallazgos de dichos grupos de organismos procedentes de sedimentos con una constitución lítica semejante (Vega-Vera, 2003; Fielitz y González-Rodríguez, 2005; González-Rodríguez y Bravo-Cuevas, 2005).

Los hechos antes expuestos muestran objetivamente la gran significación geológica y paleontológica que tienen las rocas cretácicas que forman el núcleo de la reserva Barranca de Metztitlán. Por tanto, el estudio litoestratigráfico y el análisis taxonómico de los restos fósiles que albergan las secuencias sedimentarias correspondientes permi-

tirán precisar la identidad litológica y geocronológica de los cuerpos de roca involucrados, así como conocer la paleodiversidad marina que habitó el estado de Hidalgo hace aproximadamente 100 millones de años. Al mismo tiempo, la interpretación paleoambiental y paleogeográfica conducirá a corroborar y/o modificar los modelos de evolución biótica del Mesozoico del centro de México en conjunto.

Finalmente, en el extremo sur de la reserva están expuestos algunos sedimentos volcanosedimentarios de las formaciones Atotonilco el Grande y Tarango, que representan el relleno de un valle antiguo que actualmente se desagua a través del río Metztlán (Fries, 1962; INEGI, 1983). De estratos con esta constitución lítica, ubicados unos 15 km al oriente de la población de Atotonilco el Grande, se han reportado restos de mastodontes y caballos del Plioceno tardío – Pleistoceno temprano (Villarello y Böse, 1902). Con base en esto, no debe descartarse la posibilidad de encontrar fósiles de vertebrados terrestres cenozoicos en aquellas secuencias promisorias que forman parte de la extensión meridional de la barranca de Metztlán.

Glosario

Amonoideos. Moluscos cefalópodos extintos, con una concha univalva generalmente enrollada, dividida internamente en una serie de cámaras. Son representantes típicos del Mesozoico.

Anticlinal. Estructura geológica del orden de docenas a cientos de kilómetros, que se manifiesta como un arqueamiento o “arruga” de la corteza por causas de empuje lateral de una placa cortical sobre otra; el efecto genera una cordillera o “cordón”.

Arenisca. Roca de sedimento detrítico cementado, compuesta principalmente por granos de cuarzo.

Biomicrocristas. Calizas micro-cristalinas, con tamaño de grano menor a 0.01 milímetros.

Bivalvo. Organismo acuático perteneciente al grupo de los moluscos, cuyo cuerpo se encuentra contenido entre dos valvas o conchas asimétricas en vista superior.

Bloque. Estructura geológica generalmente prismática o piramidal del orden de cientos a miles de metros, producto del rompimiento de la corteza superior por

esfuerzos comprensivos o por distensión de la corteza; el efecto genera una montaña.

Cabalgadura. Bloque plano que se desplaza hacia arriba durante el proceso de fallamiento vertical o normal de la corteza; el otro bloque resultante se hunde y forma un graben o valle plano.

Caliza. Roca sedimentaria en cuya composición interviene un componente dominante de carbonato de calcio.

Conglomerado. Roca formada por la aglutinación de fragmentos más o menos redondeados de otras rocas preexistentes en una matriz de grano fino.

Corales. Organismos coloniales que desarrollan crecimiento con base en sus propios esqueletos de carbonato de calcio, los cuales son pequeñas copas divididas por seis septos. Coloquialmente se le dice coral a la construcción calcárea que generan y es el grupo dominante en los arrecifes contemporáneos, muy frecuentes en los arrecifes del Cretácico.

Cretácico. Periodo geológico con duración de 75 millones de años. Entre 140 y 65 millones de años de antigüedad absoluta.

Cuaternario. Periodo geológico que comprende los dos millones de años más recientes de la historia del planeta.

Diastrofismo. Deformación a gran escala de la corteza terrestre, que origina continentes, cuencas oceánicas, cordilleras.

Facies. Variaciones laterales del ambiente de depósito que se forman en las rocas sedimentarias.

Falla. Línea de ruptura de forma variable que se produce cuando se aplican diferentes esfuerzos sobre las rocas.

Filita. Roca producida por un fenómeno de metamorfismo incipiente en el que actúan temperaturas de algunos cientos de grados centígrados.

Foraminíferos. Animales unicelulares marinos que secretan una concha de carbonato de calcio y son indicadores de ambientes de depósito.

Gasterópodos. Organismos pertenecientes a los moluscos, con una concha univalva generalmente en espiral y un opérculo que les permite refugiarse. Se conocen tradicionalmente como caracoles y algunas especies tienen

colores sumamente brillantes y sin concha que resultan sorprendentes.

Geomórfico. Perteneciente o relativo a la geomorfología; disciplina que estudia la topografía terrestre y parte de los fenómenos que la producen.

Jurásico. Periodo geológico que inicia 200 millones de años atrás y concluye hace 140 millones de años, con una duración absoluta de 60 millones de años.

Karst. Estructura de disolución en las rocas calizas que genera cavidades cuya fase final es la formación de cavernas.

Limolita. Roca sedimentaria de grano fino que se produce cuando se consolidan sedimentos de origen continental en las cercanías de la desembocadura de ríos.

Litoestratigráfico. Criterio para dividir los estratos rocosos de acuerdo con su pertenencia a cuerpos de roca previamente reconocidos y cartografiados, denominados formalmente formaciones.

Lutita. Roca sedimentaria compuesta de sedimentos de grano muy fino y de composición arcillosa.

Morfotectónico. Relación existente entre la fisiografía de una región con su geología, estructura e historia.

Orografía. Descripción del paisaje en función de sus elevaciones y depresiones.

Pedernal. Roca silíceica que se origina por la precipitación de silicatos en el agua de mar y posteriormente se consolida por diferentes procesos de deshidratación, suele ser fosilífera.

Pérmico. Último periodo geológico de la era Paleozoica, va de 290 a 248 millones de años de antigüedad absoluta, con una duración de 42 millones de años.

Pliégue. Estructura geológica producida como respuesta a un efecto de compresión horizontal en la corteza terrestre.

Regresión marina. Retirada del mar de una gran zona de terreno, en un periodo relativamente corto.

Rudistas. Organismos del grupo de los moluscos, en particular de las almejas, que tienen una concha con relieves y aspecto complicado y tosco (rudo), que les permitía sobrevivir en ambientes de alta energía, así como establecer simbiosis con organismos fotosintéticos.

Sinclinal. Relieve negativo resultado de plegamiento cortical,

que se manifiesta como valle o cuenca alargada que se genera en contraparte a un anticlinal.

Tectónico. Adjetivo aplicado a los procesos que ocurren en la corteza terrestre, resultado del mecanismo de movimiento lateral de las placas litosféricas.

Terciario. Periodo geológico con una duración de 63 millones de años aproximadamente, entre los 65 y los 2 millones de años de antigüedad absoluta.

Trasgresión marina. Invasión de una gran zona de tierra por el mar, en un espacio relativamente corto de tiempo.

Volcanosedimentario. Sedimentos o rocas que se originan por la mezcla de material volcánico y terrígeno.

Referencias

- Aguayo-Camargo, J. E., 1998. The Middle Cretaceous El Abra Limestone at its Type Locality (Facies, Diagenesis and Oil Emplacement), East Central México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 15(1):1-8.
- Alencáster, G., 1984. Late Jurassic-Cretaceous molluscan paleogeography of the southern half of Mexico. *En: Westermann G. E.G. (Ed.). Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America: Canada, Geological Association of Canada. Special Paper. 27:77-88.*
- Alencáster, G., 1990. Los rudistas: Origen, diversificación, provincialismo en Eurasia en América y extinción. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*. 3(1):47-65.
- Alencáster, G., 1998. New caprinid rudist genera *Guzzyella* and *Muelleredia* (Bivalvia-Hippuritacea) from the Albian (Cretaceous) of central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 15(1):91-104.
- Anderson, T. y V. Schimdt, 1983. The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean sea region during Mesozoic time. *Geological Society of American Bulletin*. 94:947-996.
- Aranda-Gómez, J. J., R. Torres-Hernández, G. Carrasco-Núñez y A. Aguillón-Robles, 2000. Contrasting Styles of Laramide Folding Across the West-Central Margin of Cretaceous Valles-San Luis Potosí Carbonate Platform, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 17(2):97-111.
- Carrasco-Velázquez, B., 1970. La formación El Abra (formación El Doctor) en la plataforma Valles-San Luis Potosí. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, (julio). 97-99 p.
- Carrillo-Bravo, J., 1971. La plataforma Valles-San Luis Potosí. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*. 23(1-6):102.
- Carrillo-Martínez, M., 1981. Contribución al estudio geológico del macizo calcáreo "El Doctor", Querétaro. *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 5(1):25-29

- Carrillo-Martínez, M. y M. Suter-Cargneluti, 1982. Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro. *En*: Libro guía de la excursión geológica a la región de Zimapán. Sociedad Geológica Mexicana. México, 1-20 p.
- Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía geológico-minera del estado de Hidalgo. Pub. M-3e. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Subsecretaría de Minas e Industria Básica. 95 p.
- Córdoba, D., C. Pedrazzini, J. López-Ávila, L. Mora-Silva y A. Castro-García (comps.), 1992. Carta geológica del estado de Hidalgo, escala 1:250 000. UAEH, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Educación Pública, México, un mapa.
- Dunham, R., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*. 108-121 p.
- Enos, P., 1974. Reefs, Platforms, and Basin of Middle Cretaceous in Northeast México. *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. 58(5):800-809, 9 figs.
- Ferrusquía-Villafranca, I., 1998. Geología de México: una sinopsis. *En*: Ramamoorthy, T. P., R. Bye y A. Lot (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Geología, UNAM. 1998, 3-109 p.
- Fielitz, Ch. y K. González-Rodríguez, 2005. A new ichthyotringoid from the El Doctor Formation (Cretaceous, Albian-Cenomanian), Zimapán, Hidalgo, Mexico. *En*: Poyato-Ariza, F. J. (ed.). *Fourth International Meeting on Mesozoic Fishes – Systematics, Homology, and Nomenclature, Extended Abstracts*. Madrid, Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid / Universidad Autónoma Metropolitana. 91-93 p.
- Fries, C., 1962. Hoja Pachuca 14q-e (11), con resumen de la geología de la hoja Pachuca, estados de Hidalgo y México. Universidad Nacional Autónoma de México, serie 1:100 000. Mapa con texto.
- González-Rodríguez, K. A y V. M. Bravo-Cuevas, 2005. Potencial fosilífero de la cantera Muhi (formación El Doctor: Albiano-Cenomaniano) de la región de Zimapán, estado de Hidalgo. *Paleos Antiguo*. 1(1):27-41.
- Heim, A., 1948. The front ranges of the Sierra Madre Oriental, Mexico, from Cd. Victoria to Tamazunchale. *Eclogae Geologicae Helveticae*. 33:314-362.
- Imlay, R. W., E. Cepeda, M. Álvarez y T. Díaz, 1948. Stratigraphic Relations of Certain Jurassic formations in eastern Mexico. *American Association of Geologist Petroleum Bulletin*. 32:1750-1761.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1983. Hoja Pachuca, carta geológica. Esc. 1: 250 000. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1992. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. México. 134 p.
- López-Doncel, R., 2003. La formación Tamabra del Cretácico medio en la porción central del margen occidental de la plataforma Valles-San Luis Potosí, centro-noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 20(1):1-19.
- López-Ramos, E., 1972. Carta geológica del estado de Hidalgo, esc. 1:500 000. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie de Cartas Geológicas Estatales, un mapa.
- Ortega-Gutiérrez, F., M. Mitre-Salazar, J. Roldán-Quintana, J. J. Aranda-Gómez, D. Morán-Zenteno, J. A. Alanís-Álvarez y A. F. Nieto-Samaniego, 1992 (1993). Carta geológica de la república mexicana, esc. 1: 2 000 000. 5ª ed. Instituto de Geología, UNAM y Secretaría de Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, México. Un mapa con texto explicativo.
- Ross, M. y C. Scotese, 1988. A hierarchical tectonic model of the Gulf of México and Caribbean Region. *Tectonophysics*. 158:139-168.
- Segeström, K., 1956. Estratigrafía y tectónica del Cenozoico entre México, DF, y Zimapán, Hgo. *En*: Maldonado Koerdell (ed.). *Estratigrafía del Cenozoico y Mesozoico a lo largo de la carretera entre Reynosa, Tamaulipas, y México DF*. Tectónica de la Sierra Madre Oriental. Vulcanismo en el valle de México. Congreso Geológico Internacional, excursiones A-14 y C6:311-322.
- Sour-Tovar, F., A. Pérez-Huerta, S. A. Quiroz-Barroso y E. Centeno-García, 2005. Braquiópodos y trilobites del Pérmico del noroeste del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 22:24-35.
- Suter-Cargneluti, M., J. Contreras-Pérez y H. Ochoa-Camarillo, 1997. Structure of the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt in east-central Mexico. *En*: II Convención sobre la evolución geológica de México y recursos asociados, Pachuca, Hidalgo, Libro-guía de las excursiones geológicas, excursión 2, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo e Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. 45-63 p.
- Vega-Vera, F., 2003. Early Cretaceous arthropods from plattenkalk facies in Mexico. *Contributions to Zoology*. 72(2-3):187-189.
- Villarello, J y E. Böse, 1902. Criaderos de fierro de la hacienda de Vaquerías en el estado de Hidalgo. *Boletín del Instituto de Geología*. Universidad Nacional Autónoma de México. 16:15-44.