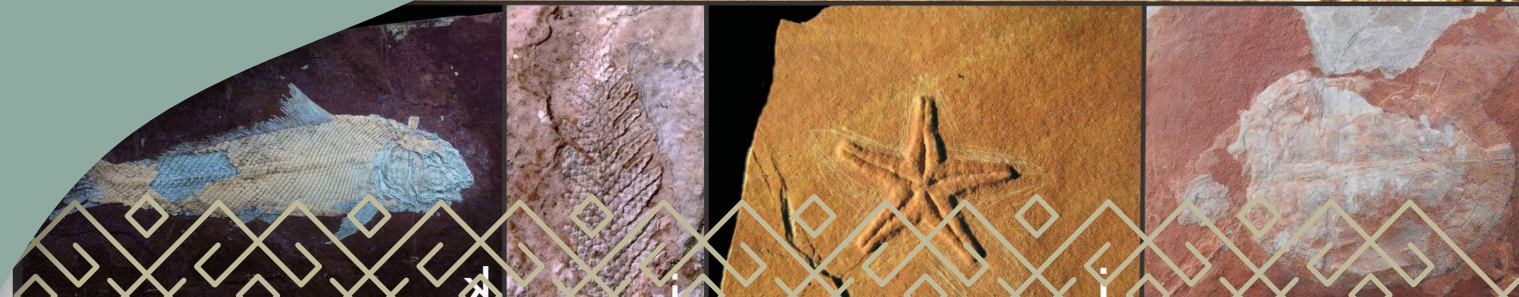
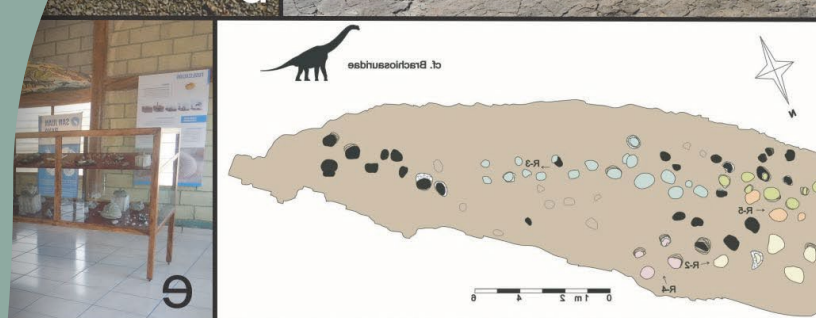
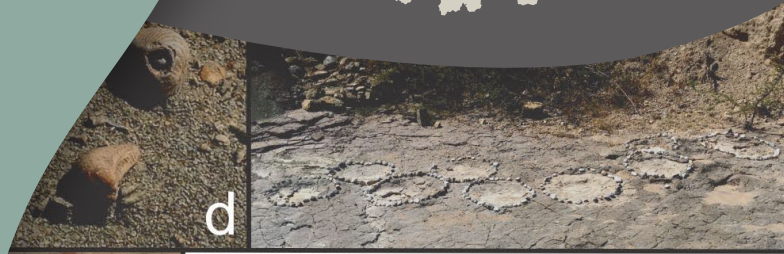


Síntesis de la geohistoria del estado de Puebla

Carlos Castañeda Posadas,
Iván Alarcón Duran,
Dulce María Figueroa Castro
Rosa Emilia Pérez Pérez.



Síntesis de la geohistoria del estado de Puebla

Carlos Castañeda Posadas
Iván Alarcón Duran
Dulce María Figueroa Castro
Rosa Emilia Pérez Pérez
Autores

Eduardo Jáuregui Sainz de Rozas
Corrección de estilo

Karla Rodríguez Rosas
Diseño editorial y de portada

Primera edición, México, 2024

Sergio Salomón Céspedes Peregrina
Gobernador Constitucional del Estado de Puebla

Javier Aquino Limón
Secretario de Gobernación del Estado de Puebla

Gabriela Bonilla Parada
*Presidenta del Sistema Estatal para el
Desarrollo Integral de la Familia*

Charbel Jorge Estefan Chidiac
Secretario de Educación del Estado de Puebla

Edgar Valentín Garmendia de los Santos
*Presidente de la Junta de Gobierno y Coordinación Política del
H. Congreso del Estado Libre y Soberano de Puebla*

María Belinda Aguilar Díaz
Presidenta del Tribunal Superior de Justicia del Estado de Puebla

Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori
*Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología
del Estado de Puebla*

Luis Gerardo Aguirre Rodríguez
Editor Jefe del Área de Publicaciones

María Ixel Hernández Hernández
Editora del Área de Publicaciones

*Publicado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla
(CONCYTEP)
B Poniente de La 16 de Sept. 4511,
Col. Huexotitla, 72534. Puebla, Pue.*

ISBN: 978-607-8963-50-8

CÓDIGO IDENTIFICADOR CONCYTEP: C-L-2024-06-69

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o parcialmente por cualquier medio, indicando los créditos y las fuentes de origen respectivas.

Síntesis de la geohistoria del estado de Puebla

Contenido

SÍNTESIS DE LA GEOHISTORIA DEL ESTADO DE PUEBLA	1
INTRODUCCIÓN	3
BASAMENTOS DEL TERRENO POBLANO	4
PUEBLA DURANTE EL MESOZOICO	8
EL CENOZOICO DE PUEBLA	14
LA CUENCA DE VALSEQUILLO, UN PARAÍSO PARA LA MEGAFUNA DEL PLEISTOCENO	18
CONCLUSIONES	19
BIBLIOGRAFÍA	20
AGRADECIMIENTOS	22

Las opiniones vertidas en el presente documento son responsabilidad única de las y los autores,
y no representa la postura de la institución que edita.

Síntesis de la geohistoria del estado de Puebla

Carlos Castañeda Posadas¹, Iván Alarcón Duran²,
Dulce María Figueroa-Castro³ y Rosa Emilia Pérez-Pérez⁴.

¹Herbario y Jardín Botánico, Laboratorio de Paleobiología,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
carlos.castaneda@correo.buap.mx

²Sección de Paleontología del Centro INAH- Puebla,
Instituto Nacional de Antropología e Historia.

³Laboratorio de Interacciones Ecológicas,
Facultad de Ciencias Biológicas,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

⁴Laboratorio de Liquenología, Facultad de Ciencias Biológicas,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

INTRODUCCIÓN

Al momento de revisar la historia de una región, es común comenzar por hacer referencia a los primeros asentamientos humanos en el sitio y los cambios que han sufrido a lo largo de miles de años. Sin embargo, las condiciones ambientales y geográficas de estos son resultado de la evolución geológica-biológica ocurrida a través de millones de años; procesos que moldearon los escenarios que dieron origen a los ecosistemas que favorecieron la llegada de los primeros humanos y, posteriormente, a los asentamientos de las primeras comunidades. El estado de Puebla no se limita a una historia evolutiva de cientos de años, pues su territorio resguarda una gran diversidad de rocas y fósiles que proveen evidencias de la historia geobiológica de la región, a través de la cual se puede comprender el origen,

establecimiento y modificación del ambiente, hasta los ecosistemas que hoy vemos (Castañeda-Posadas, 2015; Silva-Romo *et al.*, 2015).

En esta obra trataremos de abarcar la historia geobiológica del estado de Puebla, representada por sus principales afloramientos geológicos y fósiles, demostrando que la diversidad geográfica, geológica y biológica no es el resultado de eventos ocurridos en un periodo de tiempo corto, de ahí que aún existan evidencias fósiles esperando ser descubiertas en el corazón del territorio poblano (Figura 1). Por lo tanto, aquí se muestra una parte de esta gran historia e incitamos a todas y todos los apasionados por las ciencias de la tierra a realizar esfuerzos conjuntos que permitan seguir develando los secretos que yacen ocultos en las profundidades de la tierra del estado.

Cronología		Terreno Mixteco	Oaxaquia	Terreno Maya	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Fm. Agua de Luna	Pie de Vaca, Valsequillo	Fm. Teziutlán
		Neógeno			
		Paleógeno	Fm. Coayuca	Fm. Ahuehuetes	Intrusivos
	Mesozoico	Cretácico	Fm. Mexcala	Fm. Morelos	Fm. San Felipe y Fm. Méndez
			Fm. Morelos	Fm. Morelos, Sn. José de Gracia, Sn. Juan Raya, Fm. Tlayúa	Fm. Agua Nueva
			Fm. Agua de Cordero	Fm. Zapotitlán, Fm. Chivillas	Fm. Tamaulipas
		Jurásico		Fm. Otaltepec, Fm. Piedra Hueca	Fm. Taman, Fm. Cahuassas
		Triásico	Complejo Ayú		Fm. Huayacocotla
		Triásico	Fm. La Mora, Fm. Tianguistengo		Complejo Mazateco, Complejo Teziutlán
		Pérmico	Fm. Patlanoaya	Fm. Matzitzí	
	Paleozoico	Carbonífero			?
		Devónico	?	?	
		Silúrico			
		Ordovícico			
		Cámbrico	Complejo Acatlán		?
	Precámbrico	Proterozoico		Complejo Oaxaqueño	
		Arqueano	?	?	

Figura 1
Relación estratigráfica de los principales grupos de roca o formaciones geológicas (Fm) que sobresalen en la historia geobiológica del estado de Puebla. El signo (?) significa eventos desconocidos.

BASAMENTOS DEL TERRENO POBLANO

4

La Tierra se formó hace aproximadamente 4600 millones de años, y los primeros indicios de vida en el planeta datan de hace aproximadamente 3800 millones de años. Desde la formación del planeta y, hasta los primeros indicios de vida, hubo procesos de consolidación de la corteza terrestre, lo que comprendió la acreción de elementos (término que hace referencia a la unión de los elementos químicos por fuerzas electromagnéticas) y el constante bombardeo de meteoritos cercanos a la órbita terrestre, procesos que dieron lugar a la formación y enfriamiento de un cuerpo semiesférico, compuesto principalmente por rocas volcánicas y metamórficas en su “superficie”. Los científicos consideran que, desde hace 2500 millones de años, se comienza a establecer una corteza granodiorítica (rocas ígneas intrusivas constituidas principalmente por cuarzo, feldespatos, y plagioclasas) en la Tierra, es decir, que comienza a formarse la corteza continental y, junto con ella, se establece la tectónica de placas, que es la fuerza dinámica de creación, desarrollo y destrucción de la corteza terrestre y que hoy en día tiene gran injerencia en la geomorfología del planeta. Las rocas más antiguas presentes en el basamento de Puebla datan de hace aproximadamente 1000 millones de

años y pertenecían a pequeñas masas continentales bien establecidas (Castañeda-Posadas, 2015; Silva-Romo *et al.*, 2015).

Actualmente, esas rocas precámbricas se encuentran en afloramientos del centro del estado, que reciben el nombre de Complejo Acatlán. Este complejo constituye el basamento de la historia geológica de Puebla, y representa un microcontinente llamado Oaxaquia. Al cerrarse la cuenca geológica donde se encontraba, se unió a otros continentes cercanos, dando como resultado la formación del supercontinente llamado Rodinia (hace aproximadamente 700 millones de años) (Figura 2a). Lamentablemente, el registro paleontológico de Puebla para ese periodo de tiempo es muy escaso, debido a procesos metamórficos (procesos geológicos en los cuales los minerales de las rocas se transforman como resultado de altas presiones atmosféricas y temperaturas de entre 200 y 550 °C), por lo que es difícil tener evidencias de las características en las que se encontraban. Solo se menciona que eran ambientes marinos someros de plataforma, características ambientales como lo que hoy observamos en el Golfo de México (Silva-Romo *et al.*, 2015; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 2018).

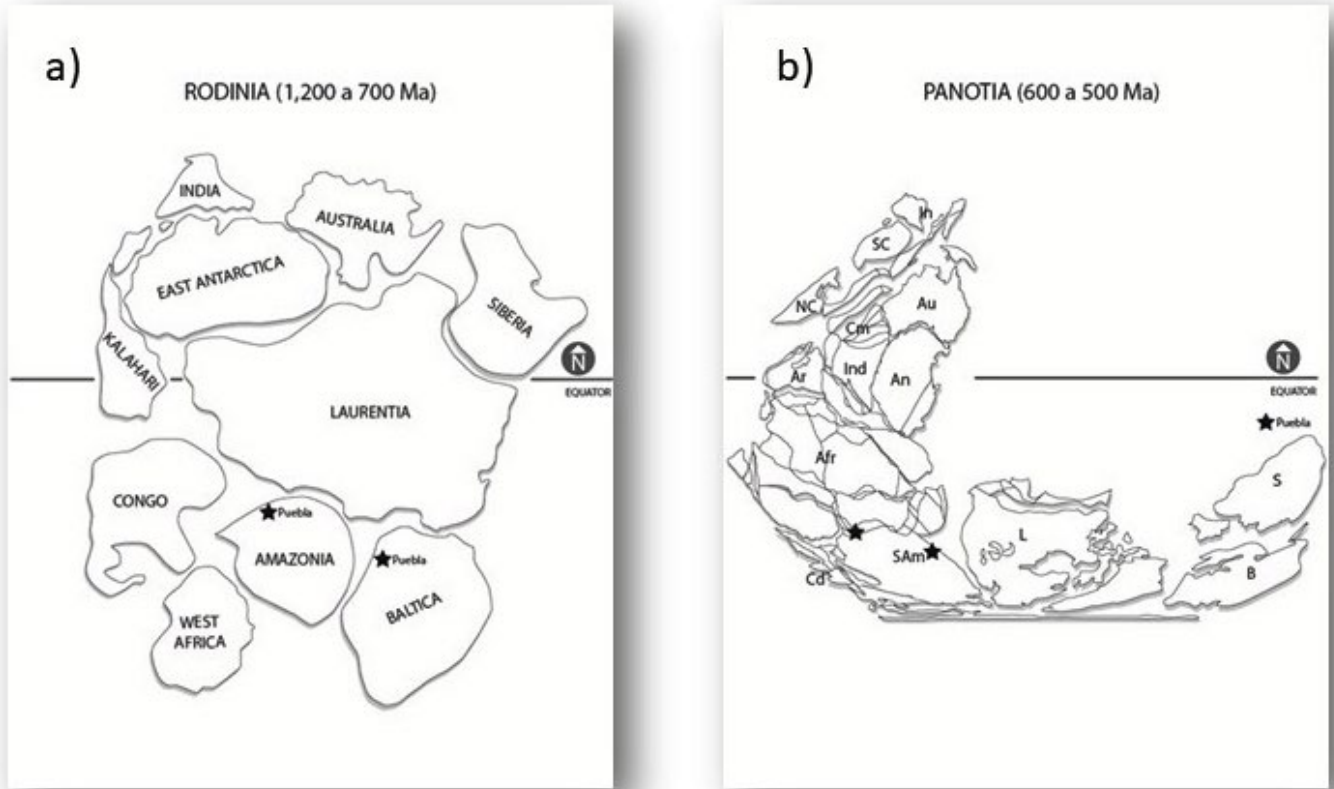


Figura 2

Configuración de los paleocontinentes Rodinia y Panotia. Nota. La estrella representa la posición hipotética del territorio poblano en esas épocas Figura realizada por Vianey Ortega-Ortega, 2023



Figura 3

Afloramiento de las rocas metamórficas del complejo Acatlán cerca de Santo Domingo Tianguistengo, Puebla.

Además de las rocas precámbricas del complejo Acatlán, Puebla cuenta con otros dos basamentos de edades subsecuentes, es decir, más jóvenes que las rocas metamórficas de Oaxaquia. Estos basamentos son el Terreno Maya (ubicado en la parte norte del estado de Puebla) y el Terreno Mixteco (ubicado al sur). Estos dos bloques de tierra tienen una historia geológica particular durante el Paleozoico. El Terreno Maya está representado por rocas de aproximadamente 600 millones de años (edad cámbrica), producto del cierre de la cuenca del océano Panthalasico, proceso geológico que dio

lugar a la formación del supercontinente Pannotia (Figura 2b). En los afloramientos de este conjunto de rocas es posible encontrar restos de fauna del Cámbrico (inició hace 538.8 millones de años y finalizó hace 486.9 millones de años), como las amonitas. Por su parte, el Terreno Mixteco tiene una edad de 350 millones de años y está representado por un conjunto de rocas que se formaron por el cierre de la cuenca del océano Iapetus, lo que ocasionó la formación del último de los supercontinentes; Pangea (Figura 4a).

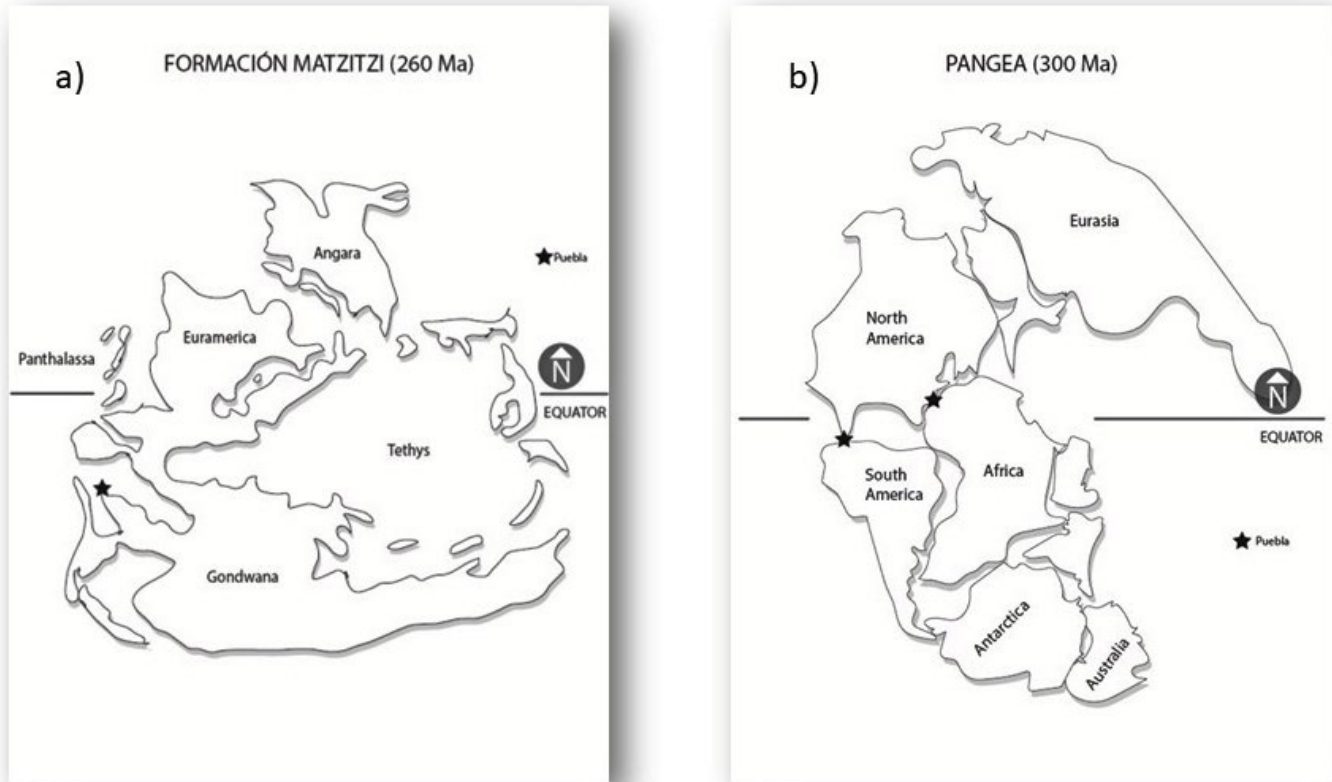


Figura 4

Configuración de los paleocontinentes en Pangea de hace 260 a 300 millones de años. La estrella representa la posición hipotética del territorio poblano en esa época. a) Posición hipotética de la Formación Matzitzi, considerada una región pantanosa. b) Posición de las localidades Poblanas: a la derecha Formación Matzitzi con ambientes de pantano y a la izquierda la ubicación hipotética de la Formación Patlanoaya, representada por ambientes de delta. *Nota. Figura realizada por Vianey Ortega-Ortega 2023.*

Posteriormente, en basamentos poblanos más recientes, figuran los sedimentos mesozoicos, que se encuentran principalmente en contactos discordantes (es decir, donde no hay continuidad del tiempo) derivados de fallas geológicas o contactos erosivos enormes. En consecuencia, la historia geológica de Puebla se ve levemente interrumpida. Sin embargo, a partir de los hallazgos geológicos encontrados en algunas localidades es posible interpretar los eventos que ocurrieron en esas épocas. Por ejemplo, al oriente del estado se encontraba un conjunto de rocas pertenecientes a planicies de inundación (parecido a lo que hoy llamamos

pantanos) y hacia el poniente había posibles deltas del supercontinente llamado Pangea (Figura 4a).

A este conjunto de rocas se le conoce como formación Matzitzi y tiene una edad estimada de 260 millones de años, lo que la ubicaría en el periodo Pérmico (entre 299 y 251 millones de años). Esta formación se caracteriza por su alto contenido fosilífero de plantas. Entre los grupos vegetales que figuran se encuentran Ginkgophyta, Marattiales, Lepidodendrales, Calamites y Cicadales. La presencia de estos grupos vegetales sugiere que durante ese periodo se extendía una gran zona

pantanosas con clima cálido y humedad estacional. Sin embargo, de esos mismos tiempos geológicos, al poniente del estado se reconoce otro conjunto de rocas pertenecientes a secuencias de ambientes marinos cercanos a la costa, llamadas formación Patlanoaya, cuya deposición se extendió desde el Pensilvánico (entre los 318 y 299 millones de años) hasta el Pérmico Temprano (de 298 a 272 millones de años). Esta formación se compone de una secuencia de estratos de sedimentos de areniscas conglomeráticas y alternancia de lutitas tobáceas, seguidas de un paquete de areniscas también conglomeráticas, lutitas verdes además de limolitas con cuarzos y esquistos. Por encima de esas areniscas-lutitas están sedimentos más finos que van desde arenas a arcillas, con fósiles de esponjas, moluscos, equinodermos, briozoarios y celenterados. Le continúa por encima una sección de calcarenitas bioclásticas con alto contenido de fósiles de fusulínidos (Foraminíferos), crinoideos, moluscos, briozoarios y braquiópodos. Por último, se distinguen secuencias de sedimentos finos (lutitas y limolitas), con fósiles de bivalvos y plantas (principalmente helechos) (Silva-Romo *et al.*, 2015; Velasco-de León *et al.*, 2015, 2019a, b).

Así es como se establecieron los tres cimientos geológicos del territorio poblano que en conjunto, soportan la geohistoria del estado, como se describe a continuación.

PUEBLA DURANTE EL MESOZOICO

Por encima de los estratos del Pérmico, existen afloramientos mesozoicos (de 250 a 66 millones de años de antigüedad), considerados como uno de los episodios más fascinantes para los geólogos, paleontólogos y todos aquellos apasionados por la historia de la Tierra, debido a la presencia de un grupo de animales mundialmente reconocido: los dinosaurios. Sin embargo, en Puebla hay pocos registros fósiles de los cuerpos de estos organismos. Los registros más abundantes aparecen como huellas (también llamadas icnitas), principalmente en la parte sur del estado. El aspecto que resalta y que resulta más interesante en esta parte de la historia geobiológica del estado de Puebla es que durante este periodo de tiempo ocurren dos grandes eventos geológicos poco conocidos por la mayoría: i) la separación de los paleocontinentes Gondwana y Laurencia, y ii) el inicio de la formación del Golfo de México (Padilla-Sanchez, 2007; Castañeda-Posadas, 2015; Silva-Romo *et al.*, 2015).

Esta parte de la historia inicia durante el Triásico (que abarca de hace 250 a 200 millones de años), periodo en el que el estado de Puebla está representado por afloramientos de las formaciones La Mora y Tianguistengo. Ambas facies sedimentarias corresponden a secuencias fluviales ubicadas en los márgenes occidentales del supercontinente Pangea. La evidencia geológica que subyace a estas formaciones comienza a evidenciar la separación de Pangea, la migración de Gondwana al sur y de Laurencia al norte, y la apertura del Golfo de México. Esta evidencia se compone de tres partes:

La primera, ubicada al norte del estado, donde se encuentra la sedimentación que representa la

formación de una cuenca aulacógena, o cuenca que se forma por la apertura o rompimiento de una placa tectónica durante el Triásico-Jurásico Inferior. La formación de dicha cuenca se fundamenta en el registro de rocas conglomeráticas y arenosas del Triásico Tardío (entre los 237 y 202

millones de años), pertenecientes a sedimentos de una cuenca continental de ambientes fluviales, que durante el Jurásico Temprano (entre 201 y 175 millones de años) se transformaron en un surco marino de rocas limosas a arcillosas (Formación Huayacocotla) (Silva-Romo *et al.*, 2015; Figura 5).



Figura 5

*Afloramiento de la formación Huayacocotla en la Sierra Norte del estado de Puebla.
Nota. Fotografía de Carlos Castañeda Posadas*

Además, se registran secuencias de lutitas color negro y verde oscuro, intercaladas con areniscas cuarzosas de color gris. Posteriormente, este sitio paleogeográfico (surco marino) se fue rellenando con sedimentos hasta volver a tener una sedimentación tipo continental (dando lugar a la Formación Cahuassas, una secuencia de arenisca, conglomerado y limolita de color rojo), que posteriormente fue cubierta por sedimentos marinos asociados

con la apertura del Golfo de México en el Jurásico Tardío (entre 161 y 146 millones de años; Figura 6). Las secuencias siguientes de rocas subyacentes muestran ambientes marinos más profundos hasta el Cretácico Tardío (hace aproximadamente 100 millones de años), cuando esta secuencia sedimentaria se deforma por un proceso de acortamiento que da como resultado la formación de la Sierra Madre Oriental.



Figura 6
*Afloramiento de formación Cabuñas en la Sierra Norte del estado de Puebla.,
Nota. Fotografía de Carlos Castañeda Posadas.*

La segunda parte se encuentra en la región meridional de Puebla, donde se observan evidencias de la ruptura de Pangea en las secuencias de rocas de las formaciones Ayuquila-Piedras Huecas y Tecomazúchil-Otlaltepec, que muestran el depósito de rocas clásticas en cuencas continentales durante el Jurásico Medio. Esto sugiere la exhumación de la formación Ayú que fue erosionada y los sedimentos originados de ella se depositaron en las formaciones ya nombradas a finales del Jurásico (Silva-Romo *et al.*, 2015).

Durante el Cretácico (es decir de los 145 a los 66 millones de años), esta cuenca era inundable con aguas marinas provenientes del poniente hacia el oriente; algo que puede verse claramente en la región de Zapotitlán Salinas y la Formación Chivillas. En el caso de la Formación Chivillas, se encuentra una acumulación de sedimentos correspondiente a una secuencia de cuenca de rift, que termina en la Falla Oaxaca (otra evidencia de la apertura del Golfo de México), en una formación emblemática llamada Formación Zapotitlán (140 millones de años) del Cretácico Inferior. Esta formación representa una secuencia de estratos generados por los procesos de una transgresión marina (invasión del mar al continente).

En su base es posible encontrar grandes bancos de fósiles marinos (Turritelas, gasterópodos, bivalvos, erizos de mar) y sedimentos clásticos referentes a depósitos cercanos a las costas. Conforme se avanza en la secuencia estratigráfica, se observan sedimentos de mar interno, con una gran abundancia de fósiles de este ecosistema. Este periodo de tiempo se encuentra representado en las rocas poblanas como estratos de calizas que dan lugar a la Formación Morelos. Durante ese tiempo hubo movimientos tectónicos severos, que provocaron levantamientos de estratos hacia la parte poniente del estado y que favorecieron el establecimiento

de condiciones de mares someros, teniendo como resultado una sedimentación calcárea con variaciones en el nivel del mar (regresiones y transgresiones marinas) provocadas posiblemente por la actividad tectónica.

También se puede apreciar un mosaico de diferentes ambientes costeros de depósito con secuencias de sedimentos clásticos al oriente (como es el caso de las formaciones San Juan Raya y Agua de Cordero) y otros de tipo calcáreo al poniente (como la Formación Morelos). La aparición de este mosaico de nichos ambientales propició que, durante el Cretácico Inferior ocurriera una gran diversificación de vida marina. Por ejemplo, la Formación San Juan Raya [localidad cercana a Tehuacán (Figura 7 a-f)], con una edad estimada de entre 145 y 100 millones de años, presenta una gran cantidad de fósiles marinos como corales, moluscos [bivalvos, gasterópodos y cefalópodos (Figura 7b)], braquiópodos, crustáceos y equinodermos en sus afloramientos. Además, es común encontrar intercalados en la secuencia estratos con pisadas de dinosaurio [terópodos (Figura 7c, f), y saurópodos (Figura 7a, d)], cocodrilos, y aves, evidenciando la existencia de ambientes sedimentarios cercanos a las costas.

Para finales del Cretácico Inferior (Albiano; entre 113 y 101 millones de años), los depósitos calcáreos se extendieron por todo el territorio poblano, aunque con distintas peculiaridades en cada sitio. La zona fosilífera de la cantera Tlayúa en Tepexi de Rodríguez es un yacimiento fosilífero de esa época, en cuyas lajas de roca tipo caliza micrítica se encuentran preservados una gran cantidad de fósiles (Figura 7a-k). A la fecha, cerca de 8500 ejemplares han sido recuperados de esa localidad; 80% de ellos son peces. Entre los fósiles identificados, se distingue a los parientes lejanos de las sardinas actuales (de tipo Picnodonte).

Además, se encuentran restos óseos de reptiles, plantas, cangrejos, arácnidos, insectos, equinodermos, moluscos, microfósiles de algas y foraminíferos. La fina conservación de los fósiles de esa localidad ha sido reconocida internacionalmente, otorgándole el nombre de Lagerstätte (término empleado para identificar los yacimientos fosilíferos que cuentan con fósiles en excelente grado de preservación, por lo que tienen gran trascendencia en cuanto a la información que proveen y ameritan su conservación; Castañeda-Posadas, 2015).

Por último, tenemos a la Cantera San José de Gracia, localidad fósil reportada en 2011 por investigadores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) en colaboración con miembros del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). A pesar de ser geográficamente cercana a la conocida Cantera Tlayúa, San José de Gracia es datada para el Turoniano (entre 94 y 90 millones de años aproximadamente) (Figura 71-q). Presenta características litológicas y paleontológicas que no se han reportado en ninguna otra cantera de la región, por lo que la hacen única. Hasta la fecha, en la Cantera San José de Gracia se han recuperado aproximadamente 200 fósiles, que incluyen ejemplares de plantas, amonites, gasterópodos, bivalvos, reptiles marinos y peces teleósteos, siendo este último grupo el más abundante (Alvarado-Ortega *et al.*, 2020).

Los depósitos de rocas calcáreas dejan de observarse en el Cenomaniano (base del Cretácico Tardío; entre 110 y 95 millones de años) y, en sitios como la región de Petlalcingo y la sierra del Tenzo, en el Turoniano. Esto se debe al acortamiento de la corteza, que ocasiona la exhumación de estos afloramientos, provocando el plegamiento de las secuencias sedimentarias que dieron lugar a zonas elevadas como la sierra del Tenzo, la Sierra de Juárez y la Sierra Madre Oriental. Los registros provenientes de la

Cantera Tlayúa, la Cantera de San José de Gracia y Huehuetla aportan evidencias que sostienen que, durante el periodo Cretácico, el territorio poblano se encontraba cubierto por el océano de Tetis, aguas poco profundas, grandes plataformas de carbonato, así como algunas islas y penínsulas expuestas. Estas condiciones ambientales propiciaron la evolución de los peces teleósteos, por lo que hoy en día México es reconocido como un centro de radiación de linajes de ese grupo.

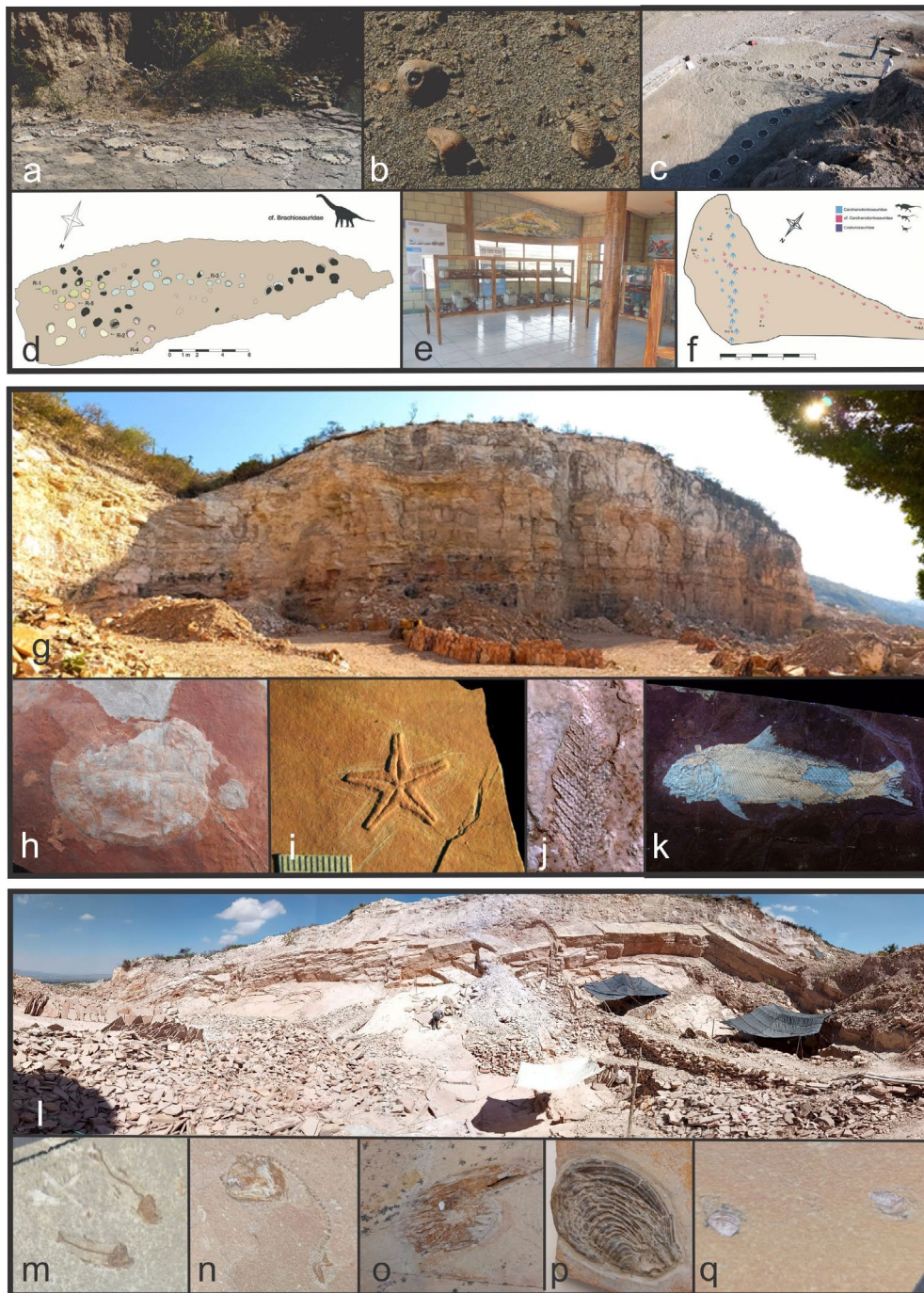


Figura 7

*Principales localidades del Mesozoico en Puebla. Nota. A-F, San Juan Raya (SJR); j-k, Cantera Tlayúa; y l-q, Cantera de San José de Gracia. a) Afloramiento de las pisadas de Sauropodos SJR. b) Afloramiento de los arrecifes SJR, mostrando las turrítelas y trigonias. c) Afloramiento de las pisadas de Terópodos. d) Mapa de ubicación de las pisadas del afloramiento de los saurópodos. e) Sala principal del Museo Comunitario de SJR. f) Mapa de ubicación de las pisadas del afloramiento de los Terópodos. g) Vista panorámica de la cantera Tlayúa, en Tepexi de Rodríguez. Fotografía de Karmina Aranguthy García. h) Fósil de Tortugas de la Cantera Tlayúa. i) Fósil de un equinodermo (estrella de mar) de la cantera Tlayúa. j) Fósil de la impresión de una hoja de conífera de la cantera Tlayúa. k) Fósil de un pez permineralizado de la cantera Tlayúa. l) Fotografía panorámica de la cantera de San José de Gracia en Molcaxac. m-n) Fósiles permineralizados de la cantera de San José de Gracia. o) Fósil de amonoideo de la cantera de San José de Gracia. p) Fósil de bivalvo del género *Inoceramido* de la cantera de San José de Gracia. q) Restos de bivalvos no identificados de la cantera de San José de Gracia.*

EL CENOZOICO DE PUEBLA

14

Esta época, que abarca de los 65 millones de años hasta la actualidad, y que a su vez se divide en Paleógeno y Neógeno, presenta grandes huecos en la historia del territorio poblano. Sin embargo, ese hiato o ausencia de información se debe a procesos geológicos bien documentados y que son los últimos moldeadores del paisaje poblano actual.

Durante el Paleógeno, el proceso de acortamiento de la corteza terrestre continuó, pero los productos geológicos derivados de este proceso fueron distintos entre las zonas norte y sur del estado. En la zona norte, el proceso orogénico llevó a la formación de estructuras plegadas de dirección preferentemente norte-sur, que constituyen parte de la Sierra Madre oriental. Así mismo, esas estructuras plegadas formaron una cuenca de antepaís llamada Chicontepec, donde se acumuló todo el material erosionado de la sierra. Esta secuencia tiene una temporalidad del Paleoceno al Oligoceno.

Por otro lado, en la parte centro-sur del territorio poblano los procesos de acortamiento provocaron fallas geológicas y el doblamiento de los estratos de rocas sedimentarias, dando lugar a cuencas tectónicas. Este proceso provocó la exhumación y erosión de los afloramientos del Paleozoico y Mesozoico, y causó que se originaran cuencas continentales sobre el basamento, secuencias paleozoicas y mesozoicas, con acumulaciones de sucesiones conglomeráticas y, posteriormente, secciones lacustres y volcánico-clásticas. Hay evidencia de actividad volcánica durante el Eoceno-Oligoceno (entre los 56 y 24 millones de años) que edificó estratovolcanes (edificios volcánicos formados por acumulación de varios estratos de material piroclástico y derrames de lava alrededor de un conducto central), y acumulaciones de derrames fisurales al sur del estado. Por ejemplo, en

la región de Coatzingo, donde se encuentra la localidad de los Ahuehuetes, en Tepexi de Rodríguez, datada para el Oligoceno (33.5 millones de años) (Figura 8), diversos estudios han documentado la existencia de una secuencia lacustre con elementos vulcano-sedimentarios con restos de improntas de plantas. En ese sitio se propone la existencia de un gran lago, en el que coexistieron varios elementos vegetales que dieron origen a la selva baja caducifolia que actualmente se distribuye en la localidad. Además, existían zonas con alto relieve topográfico donde posiblemente se encontraba un bosque mesófilo, mientras que en las partes más altas hubo bosques de pino.

Aún hay muchos misterios por descubrir en esta localidad, ya que sobre las improntas de las plantas se han encontrado otros organismos, como el cuerpo fructífero de un hongo, moldes externos de insectos, restos de vertebrados, peces y hasta la pluma de un ave. En la cuenca de la localidad de los Ahuehuetes en conjunto con las zonas fosilíferas de San Mateo Mimiapan (Figura 9) y San Pedro Coyuca, se pueden encontrar grandes troncos permineralizados (Castañeda-Posadas, 2015).



Figura 8
Afloramiento de los Abuchuetes, municipio de Tepexi de Rodríguez, en el estado de Puebla. Nota. Fotografía de Carlos Castañeda Posadas



Figura 9

Maderas permineralizadas en San Mateo Mimiapan, municipio de Zacapala, en el estado de Puebla. Nota. Fotografía de Carlos Castañeda Posadas

Para el Neógeno, la historia de Puebla se asocia con la actividad volcánica que dio lugar al Eje Volcánico Transmexicano. Esto inició durante el Paleógeno en la parte sur del estado y migró a la parte central durante los periodos Mioceno y Plioceno (23 - 5.5 millones de años y 5.5 - 2.5 millones de años, respectivamente). Estos procesos ocasionaron el aislamiento de las grandes cuencas que se habían formado previamente y generaron un gran relieve fisiográfico.

El cuaternario, en especial el Pleistoceno (entre 2.6 y 0.01 millones de años), fue una época caracterizada por bruscos cambios climáticos que modificaron el número y distribución de las especies presentes. Dado que dichos cambios ocurrieron en un lapso de tiempo corto, diversas especies no lograron adaptarse a ellos, lo que desembocó en un proceso gradual de extinción, como lo muestran los estudios realizados en las localidades Valle del Mamut y Rancho Gerardo en Tepexi de Rodríguez, y Santa Cruz Nuevo al sur del estado, así como en la zona de Valsequillo (Figura 10). Por

ejemplo, en la localidad de Pie de Vaca (denominada así por los antiguos pobladores de Tepexi de Rodríguez, por considerar que las icnitas o pisadas fósiles eran producto del paso de una vaca), estudios recientes han determinado que dichas evidencias fueron realizadas por un camélido. También existen rastros de felinos y pecaríes, así como el esqueleto (tafoglifo) de un pequeño flamenco. Por

su parte, la actividad volcánica moldeó el relieve en grandes cuencas que se fueron estrangulando por la edificación de las estructuras volcánicas que actualmente observamos en el paisaje como la Malinche, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote (Castañeda-Posadas, 2015; Herrera-Flores, 2017).



Figura 10
Rescate de material pleistocénico en la localidad las Tazas, Valsequillo, Puebla

LA CUENCA DE VALSEQUILLO, UN PARAÍSO PARA LA MEGAFUNA DEL PLEISTOCENO

18

La ciudad de Puebla es uno de los lugares más emblemáticos de todo México, tanto por su historia colonial y prehispánica, como por su gastronomía, cultura y diversidad biológica. Además, al sur de la capital se encuentra la presa Manuel Ávila Camacho, mejor conocida como la presa de Valsequillo, que es un reservorio natural de agua dentro del cual se construyó, en 1946, una represa para contener por más tiempo el agua de los ríos y arroyos de temporal que la alimentan. Este reservorio natural de agua ya existía hace más de 10000 años, posiblemente con un paisaje muy similar al que se puede observar hoy en día en las regiones donde aún se encuentra la vegetación local. En otras palabras, hace 10000 años existía un cuerpo de agua al sur de la ciudad de Puebla. La recuperación de restos de tortugas fósiles del género *Traquemys* y de anfibios, como ranas, proveen cuenta de ello. Los cuerpos de agua de esa época se encontraban rodeados por pastizales, así como por arbustos y árboles de poca altura como los encinos.

Ese ambiente fue ocupado por la ahora extinta megafauna (conjunto de especies de grandes mamíferos que vivieron a finales del Pleistoceno) y por pequeños vertebrados del orden de los roedores, tales como las tuzas *Cynomys mexicanus* (perrito llanero mexicano), *Thomomys umbrinus* (tuza mexicana), *Cratogeomys castanops* (tuza cara amarillo), *C. merriami* (tuza de la cuenca de México), *Baiomys musculus* (ratón pigmeo sureño), *Peromyscus maldonadoi* (ratón de maldonado), *Microtus mexicanus* (meteorito mexicano), *Neotoma mexicana* (rata de campo cambalachera

mexicana), *Hodomys alleni* (rata cambalachera), *Reithrodontomys megalotis* (rata cosechero común), *Sigmodon hispidus* (rata algodónera crespá). Además se han recuperado algunos ejemplares de lagomorfos, como *Lepus callotis* (liebre torda), *Sylvilagus audubonii* (conejo del desierto) y *Romerolagus diazi* (conejo de los volcanes) (Cruz-Muñoz et al, 2009; Solís-Torres, 2015).

Entre los organismos que conformaban la denominada Megafauna figuran diferentes especies de caballos, como el caballo mexicano (*Equus mexicanus*) y otro caballo de menor tamaño (*E. convercicens*), que recorrían los pastizales aledaños a los cuerpos de agua y cuyas poblaciones fueron lo suficientemente prósperas para dejar evidencias fósiles de su presencia. Además, se distingue la presencia de proboscídeos como el mamut colombiano (*Mammuthus columbi*), que utilizaban esta región con el antiguo paleo-lago para tomar agua y obtener algunos alimentos. Caballos y proboscídeos compartían este vasto escenario con otros herbívoros, como grandes camellos (*Camelops sternus*) y las pequeñas paleo-llamas de cara larga (*Hemiauchenia macrocephala*). De igual manera, se podían encontrar los puercos conocidos como pecaríes (*Platygonus compressus*), manadas de bisontes (*Bison anticus*) y pequeños antilocápidos (*Capromerix statoceros*). Todos estos grupos debían cuidarse de los depredadores que habitaban en la región, como el gato dientes de sable (*Smilodon* sp.), los osos de cara corta (*Arctodus simus*) y el lobo terrible (*Aenocyon dirus*). Otros animales, menos frecuentes que ocuparon la zona fueron los perezosos terrestres, los grandes armadillos o gliptodontes (*Glyptodon cylindricum*) y los pampatéridos (*Holmesina septentrionalis*). La mayoría de estos grandes animales se extinguió hace aproximadamente 10000 años. Afortunadamente, los alrededores de la presa de Valsequillo ofrecen condiciones inusuales e idóneas para la conservación de

los remanentes óseos de estos grandes mamíferos y otros animales de menor talla (Armenta-Camacho, 1978; Gutiérrez *et al.*, 2017).

Todo este conocimiento se ha obtenido a partir de huesos fósiles de distintos grupos de organismos recuperados desde los años 60 del siglo XX. Uno de los personajes que comenzaron la recolección de fósiles en el estado, fue Juan Armenta Camacho, profesor de la Universidad de Puebla, quien gustaba de ampliar el conocimiento sobre el entorno de Puebla, logrando recolectar una gran cantidad de elementos de la extinta megafauna que llegó a habitar en diferentes localidades fosilíferas en los alrededores de la presa de Vasquillo, lo que dio un gran impulso a la paleontología regional. Antes de que el Profesor Armenta se interesara en estos materiales, a principios del siglo XX, el reconocido paleontólogo Henry Fairfield Osborn visitó el Valle de Puebla para extraer material paleontológico de la zona de Valsequillo y estudiarlo en Estados Unidos. Así mismo, cabe hacer mención que el conocimiento sobre estos materiales invaluable se remonta a la época prehispánica, debido a que, incluso los campesinos de esta zona, desde siempre han tenido conocimiento de ellos y los denominaron “huesos de gentil”.

En los años 70 del siglo pasado las localidades pleistocénicas de Valsequillo resaltan desde el punto de vista paleo-arqueológico, ya que parte de los materiales de animales fósiles recuperados muestran evidencias de su uso por sociedades prehispánicas. En Valsequillo se han recuperado fragmentos de hueso de megafauna que parecen punzones, raspadores o puntas con filo. Además, los registros líticos (o rocas talladas como herramientas) del sitio arqueológico y paleontológico de Hueyatlaco en la cuenca de Valsequillo proveen evidencias que indican la presencia del humano hace 25000 años. A partir del estudio de estos materiales, se

han desarrollado proyectos e investigaciones al respecto desde hace años. Últimamente, el proyecto “Reconstrucción paleoambiental del Cuaternario de Valsequillo, Puebla, utilizando vertebrados y polen fósil” se ha mantenido vigente desde 2019, con el aval institucional y aprobado por el Consejo de Paleontología (ConPal) del INAH. Este proyecto tiene por objetivo el estudiar de manera sistemática los sitios con mayor diversidad reportada hasta el momento dentro del área de Valsequillo (Guenther *et al.*, 1973; Malde-Harold *et al.*, 2001; Renne *et al.*, 2005; Feinberg *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

La historia contada a lo largo de estas páginas es una prueba de la cuantiosa información geológica y paleobiológica que resguardan las rocas y sedimentos del territorio poblano y que permiten reconocer algunos episodios geohistóricos de la historia de la Tierra que modelaron la paleogeografía actual de los continentes. Esto, a su vez, repercute en la biodiversidad encontrada en los biomas actuales. El territorio poblano tiene sitios en los cuales se evidencia la radiación de varios grupos biológicos, como el caso de la Cantera Tlayúa para los peces, o la localidad Los Ahuehuetes para grupos de plantas. Por lo que seguir con las investigaciones en los yacimientos poblamos ampliará este conocimiento e información, ya que lo que se tiene actualmente no supera el 20 % de lo que se estima que está resguardado en los sedimentos y rocas de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado-Ortega, J., Cantalice, K. M., Díaz-Cruz, J. A., Castañeda-Posadas, C. y Zavaleta-Villareal, V. (2020). Vertebrate fossils from the San José de Gracia quarry, a new Late Cretaceous marine fossil site in Puebla, Mexico, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(1), A160819. <https://doi.org/10.18268/bsgm2020v72n1a160819>
- Armenta Camacho, J. (1978). Vestigios de labor humana en huesos de animales extintos de Valsequillo, Puebla, México. Gobierno del Estado de Puebla
- Castañeda-Posadas, C. (2015). El registro paleobiológico del estado de Puebla. Editorial Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Cruz Muñoz V. J., Arroyo Cabrales & Graham, R. W., 2009. Rodents and lagomorphs (Mammalia) from the Late-Pleistocene deposits at Valsequillo, Puebla, México. *Current Research in the Pleistocene* Núm. 26, Pp.147-149.
- Feinberg M., Renne R. Waters J. Arroyo Cabrales P., Ochoa Castillo, & M. Perez Campa, 2007. Age of the Xalnene Ash, Central Mexico: A rock magnetic perspective. Age constraints on alleged “footprints” preserved in the Xalnene Tuff near Puebla, Mexico. *Eos Trans. AGU, Joint Assembly*, Abstract GP24A-07. The Geological Society of America. USA. DOI:10.1130/G24913A.1.
- Guenther E. Bunde H. & Nobis G., 1973. Geologische und paläontologische Untersuchungen im Valsequillo bei Puebla, México. *Investigaciones geológicas y paleontológicas en Valsequillo cerca de Puebla, México. Serie: Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft; 6. Publicerad: Wiesbaden: Steiner. LIBRIS-ID: lx7dldb5jn37jt2v.*
- Gutiérrez, J. R. G., Domínguez, A. R., Rodríguez, Z. L. y Moreno, F. J. J. (2017). Megafauna del Pleistoceno del Estado de Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Dirección de Fomento Editorial.
- Herrera Flores, J. A. (2017). Investigaciones paleontológicas en el Valle de Puebla durante el siglo xx Paleontological Research in the Valley of Puebla During the 20th Century *Ciencia Ergo Sum*, 24(3), 259-266.
- Malde Harold E., Steen McIntyre V., Naeser W., Van L., & Sam L., 2011. The stratigraphic debate at Hueyatlaco, Valsequillo, Mexico. *Palaeontologia Electronica* Vol. 14, Issue 3; 44A:26p; Recuperado de: palaeo-electronica.org/2011_3/27_malde/index.html.
- Ortega-Gutiérrez, F., Elías-Herrera, M., Morán-Zenteno, D.J., Solari, I., Weber, B. y Luna-González. (2018). The pre-Mesozoic metamorphic basement of Mexico, 1.5 billion years of crustal evolution. *Earth-Science Reviews*, 183, 2-37. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.03.006>
- Padilla y Sánchez, R. J. (2007). Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 59,19-42. <https://doi.org/10.18268/bsgm2007v59n1a3>

Renne R., Feinberg R., Waters J., Arroyo Cabrales P., Ochoa Castillo M., Pérez Campa & Knight, 2005. Age of Mexican ash with alleged 'footprints', *Nature* 438, E7–E8, DOI:1038/04425.

Silva-Romo, G., Mendoza Rosales, Cl. C. y Morales Barrera, W. V. (2015). Geología del Estado de Puebla. In: Castañeda-Posadas, C. El registro paleobiológico del estado de Puebla, Editorial BUAP. Puebla, México.

Solís-Torres, O.R. (2015). Análisis Arqueozoológico de los Restos de Animales del Pleistoceno Superior de Valsequillo, Puebla, México. Tesis Master in Quaternary and Prehistory URV Master in Quaternary and Prehistory URV.

Velasco-de León, M. P., Ortiz-Martínez, E. L., Lozano-Carmona, D. E. y Flores-Barragán, M. A. 2019. Paleofloristic comparación of the Ayuquila and Otlaltepec basin, middle Jurassic, Oaxaca, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*. 93: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.04.008>

Velasco-de León, M. P., Flores-Barragán, M. A., Ortiz-Martínez, E. L. y Lozano-Carmona, D. E. 2019. Catálogo de nuevos registros de paleoflora del Paleozoico superior de México. UNAM, FES Zaragoza. Ciudad de México.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo de Ciencias y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP) por los apoyos brindados. También a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) por el apoyo en las diferentes investigaciones a los autores. Al consejo de Paleontología del INAH, por la aprobación de los proyectos No. 401.1S.3-2020/131, 401.1S.3-2021/260 y No. 401.1S.3-2022/265.



