



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Iztapalapa

**Tafonomía y bioestratigrafía de una localidad marina de la Formación
Zapotitlán en Los Reyes Metzontla, Zapotitlán, Puebla.**

TESIS

Para obtener el grado de

Maestro en Biología

PRESENTA

Victor Manuel Escalante Hernández

Fecha: 19/01/2026

COMITÉ TUTORAL

TUTOR

Dr. Antonio Zoilo Márquez García

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

ASESORAS

Dra. Rosa María de Lourdes Omaña Pulido

Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Blanca Estela Margarita Buitrón Sánchez.

Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

La Maestría en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al
Sistema Nacional de Posgrados de SECIHTI

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

Victor Manuel Escalante Hernández

El día 27 de abril del año de 2026.

Comité Tutorial y Jurado

Director: Dr. Antonio Zoilo Márquez García

Asesora: Dra. Rosa María de Lourdes Omaña Pulido

Asesora: Blanca Estela Margarita Buitrón Sánchez

Sinodal: M. en C. Delfino Hernández Láscars

Sinodal: M. en C. Iván Manuel Cuadros Mendoza

Declaración de originalidad

El que suscribe Victor Manuel Escalante Hernández, alumno del posgrado Maestría en Biología, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y autor(a) de la tesis o idónea comunicación de resultados titulada: "Tafonomía y bioestratigrafía de una localidad fosilífera de la Formación Zapotitlán en Los Reyes Metzontla, Zapotitlán, Puebla.",

Declaro que:

1. La tesis o idónea comunicación de resultados que presento ante el jurado para lo obtención del grado de Maestría en Biología es de mi autoría y original creación, producto del resultado de mi trabajo de investigación personal e individual; el cual cuenta con las correspondientes citas textuales del material bibliográfico utilizado y con el debido otorgamiento de los créditos autorales.
2. En la tesis o idónea comunicación de resultados no he reproducido párrafos completos; ilustraciones, fotografías, diagramas, cuadros y tablas, sin otorgamiento del crédito autoral y fuente correspondiente.
3. En consecuencia, relevo de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma Metropolitana de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre la tesis o idónea comunicación de resultados, respondiendo por la autoría y originalidad de la misma, asumiendo todas las consecuencias económicas y jurídicas si ésta no fuese de mi creación.

La presente declaración de originalidad se firma en la Ciudad de México el 27 de abril del 2026.

Atentamente



Victor Manuel Escalante Hernández

Este documento debe ser firmado con tinta azul y debe anexarse copia en la tesis o idónea comunicación de resultados (tesina, reporte, etc.), el documento original será conservado por el Coordinador del Posgrado.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00251

Matrícula: 2233804710

Tafonomía y bioestratigrafía de una localidad marina de la Formación Zapotitlán en Los Reyes Metzontla, Zapotitlan, Puebla.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 27 del mes de abril del año 2026 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

M. EN C. DELFINO HERNANDEZ LASCARES
DRA. ROSA MARIA DE LOURDES OMAÑA PULIDO
M. EN C. IVAN MANUEL CUADROS MENDOZA
DRA. BLANCA ESTELA MARGARITA BUITRON SANCHEZ

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN BIOLOGÍA

DE: VICTOR MANUEL ESCALANTE HERNANDEZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



VICTOR MANUEL ESCALANTE HERNANDEZ

ALUMNO

REVISÓ

MTRA. ROSALBA SEPÚLVEDA DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

DRA. EDITH ARENAS RIOS

PRESIDENTE

M. EN C. DELFINO HERNANDEZ LASCARES

VOCAL

DRA. ROSA MARIA DE LOURDES OMAÑA
PULIDO

VOCAL

M. EN C. IVAN MANUEL CUADROS MENDOZA

SECRETARIA

DRA. BLANCA ESTELA MARGARITA BUITRON
SANCHEZ

DEDICATORIA

Ica in huey in mahuizo altépetl Los Reyes Metzontla itlacahuan

Ica notlazotlaliz Rutzin in notahtzin in nonantzin in nohueltiuh.

Ica nocalmecac in motenehua Universidad Autónoma Metropolitana ihuan

huehuenemilizmatilaboratorio itlaca.

Al grande y honorable pueblo de los Reyes Metzontla y su gente.

A mi estimada Ruth, a mi padre, madre y hermana.

A mi escuela, la Universidad Autónoma Metropolitana y a todos los miembros del
Laboratorio de Paleontología

Càsēthùá 2026

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, me permito agradecer a toda la gente y pueblo de Los Reyes Metzontla por los permisos para trabajar en la comunidad, por su amabilidad y apoyo durante las estancias de campo. A las autoridades de la presidencia auxiliar y el comisariado ejidal, así como a todas las y los artesanos del centro de acopio de artesanías de barro bruñido "*Tua Nda*". *Xuàsåyá* (gracias), sin ustedes este trabajo no sería posible.

A los miembros de mi comité tutorial, Antonio Zoilo Márquez García, Rosa María de Lourdes Omaña Pulido y Blanca Estela Margarita Buitrón Sánchez, así como a Delfino Hernández Lascares por el tiempo dedicado para el buen trayecto de esta tesis, por su asesoría y oportunas observaciones.

A los miembros del Instituto de Geología por su amable aceptación y el apoyo logístico ofrecido para realizar las láminas en sección delgada y algunas recomendaciones metodológicas.

A Jorge Bertín Nicolas Salazar, Gabriel Flores Romero y Atzin Salinas Estefania por su apoyo durante las salidas de campo, en tomar datos y mover las muestras desde los cerros. En particular a Jorge Bertín por el apoyo con recomendaciones académicas y personales para el buen resultado de esta tesis.

A mis compañeros de la Maestría en Biología y en particular a Dulce Selene Nolasco Ramíres, Jorge Luis Reyes Díaz y María Pilar López García por su apoyo durante los cursos, así como por hacer este viaje más ameno.

A los profesores y miembros del comité de la Maestría en Biología por su compromiso en la formación de los estudiantes de posgrado en tan variadas ramas del saber.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada para la realización de la maestría.

A mi familia por el apoyo logístico y personal durante este largo trayecto, en particular a Ruth Carmona Jiménez, quien me inspiró para llegar hasta aquí desde antes de aplicar al posgrado, *tlazocamatic notlazotlaliz, nelli nimiztlazotla, ma xianyazque in nonahuac in yancuic otli*

RESUMEN

El sur del estado de Puebla presenta un rico registro fósil. A diferencia de la mejor conocida Formación San Juan Raya, la Formación Zapotitlán se ha estudiado pobremente a nivel paleontológico, particularmente en su afloramiento más sureño. El objetivo del presente trabajo es reconocer los cambios, relaciones y preservación entre las comunidades biológicas que vivieron durante los periodos de deposición de una localidad fosilífera en Los Reyes Metzontla, Zapotitlán, Puebla, con énfasis en el registro de gasterópodos. La localidad de estudio se encuentra próximo a los poblados de Los Reyes Metzontla y San José Dixiñado. Se realizaron tres prospecciones geológicas con apoyo de información cartográfica trabajada en ArcMap 10.8. Se ubicó cada estrato, midiendo espesor, rumbo y echado, se realizaron dos columnas estratigráficas y un perfil geológico. Se recolectaron fósiles y muestras de roca, asignándolos a su posición estratigráfica correspondiente, realizando cortes en sección delgada, las muestras se depositaron en la Colección del Laboratorio de Paleontología y Riesgo Geológico de la UAM Iztapalapa. El basamento de la zona de estudio está conformado por arenisca fuertemente plegada de la Formación Matzitzi (Carbonífero-Pérmico) sobre las cuales se depositan de forma discordante caliza correspondiente a la Formación Zapotitlán (Barremiano-Aptiano). Toda la zona se ve alterada por un intrusivo andesítico de hornblenda (Oligoceno). El afloramiento de la Formación Zapotitlán estudiado se ve conformado por una secuencia de caliza y conglomerado calcáreo de 30 cm a 3 metros de espesor en un ambiente de depósito de plataforma continental postarrecifal. Destaca la presencia de dos estratos con

depósitos de tormenta que se definen al microscopio como packstone a grainstone esparítico pobremente clasificado con granos sub-redondeados a angulosos conformados por sedimentos silíceos y carbonatados, con aglutinación de sedimentarios que sugieren un evento de redeposición, además, presenta restos fragmentados de gasterópodos de las especies, *Pchelincevia coquandiana*, *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis*, *Prisconatica pedernalis*, bivalvos no determinados y foraminíferos asignados a *Choffatella decipiens* y *Buccicrenata hedbergi*. Esta fauna relaciona a la localidad con otros yacimientos en el mar de Tethys durante el Cretácico Inferior. A nivel tafonómico, los gasterópodos macroscópicos no presentan arreglo diferencial y se extiende por 30 metros su depósito en el horizonte del estrato a lo largo de un gradiente clasificado por tamaño desde conchas de 15 cm hasta restos de 3 cm, que desaparecen posteriormente. Las facies observadas asociadas muestran marcas de corriente bidireccionales sobreyacidas por clastos redondeados y restos de gasterópodos, terminando en ondulitas. En conjunto con el ambiente de depósito en la plataforma continental, sugiere una tempestita, por tanto, se define una asociación fósil de enterramiento o tafocenosis. A nivel bioestratigráfico pudieron definirse una biozona correspondiente a *Pchelincevia coquandiana* (Barremiano-Aptiano) y otra para *Prisconatica pedernalis* (Aptiano).

ABSTRACT

The state of Puebla, México, has a fossil record with good preservation. Current knowledge is mainly about to San Juan Raya Formation and Matzitzi Fm., but the Zapotitlán Formation is poorly studied in paleontological research, particularly in the most southern outcrops. The objective of present thesis is recognizing the change, relationship and preservation conditions to the biological communities that lived in depositional period from a gastropod fossiliferous locality in Los Reyes Metzontla geological outcrops. It is located between Los Reyes Metzontla and San José Dixiñado. Three geological surveys were carried out, be used cartography information used in ArcMap 10.8. All layers of rocks were located and measured, two stratigraphic columns and a geological cross sections were created. The fossils were collected, prepared and deposited in the Collection of the Laboratorio de Paleontología y Riesgo Geológico, UAM Iztapalapa. The basement is compounded of folded sandstone from Matzitzi Fm. (Carboniferous-Permian). Limestone from Zapotitlan Fm (Barremian-Aptian) is deposited in angular unconformity. All units are affected by a andesite with hornblende (Oligocene). Zapotitlan Fm. unit in Los Reyes Metzontla is compound of a limestone and calcareous conglomerate sequence with 30 to 3 meters. The depositional environment is a post-arrecifal continental shelf. Two layers have storm deposits, in thin sections is defined as a packstone to grainstone poorly classified with polymicritic sub rounded and angular grain and agglutinated sediments that suggest a redeposition event, this shows fragmentary fossils of gastropods from the species *Pchelincevia coquandiana*, *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis*, *Prisconatica pedernalis*; not identified

bivalves and foraminiferous from the species *Choffatella decipiens* and *Buccicrenata hedbergi*. All fauna is related with Tethys faunas from Lower Cretaceous. In a taphonomic level, all macroscopic gastropods do not show any particular arrangement, they were deposited 30 meter around the layer, and they are classified in a gradient by size. All facies show bidirectional currents overlaid by rounded clasts and gastropod remains, ending in ripples. It suggests a storm deposit; therefore, the fossil association is a burial association or taphocenosis. In a biostratigraphy level, two biozones can be defined, a *Pchelincevia coquandiana* zone (Barremian-Aptian) and *Prisconatica pedernalis* zone (Aptian)

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
Marco geográfico.....	4
Hidrografía.....	5
Marco Geológico.....	5
Localidad fosilífera de estudio.....	9
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	10
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
HIPÓTESIS	15
OBJETIVOS	16
METODOLOGÍA	17
TRABAJO DE CAMPO	17
TRABAJO DE LABORATORIO Y GABINETE	19
RESULTADOS	22
GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA.....	22
PETROGRAFÍA ÓPTICA DE LAS LAMINAS EN SECCIÓN DELGADA.....	31

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA.....	35
OBSERVACIONES TAFONÓMICAS Y BIOSTRATIGRÁFICAS.	56
DISCUSIÓN	62
AMBIENTE DE DEPÓSITO Y RELACIÓN RESPECTO A LA TAFONOMÍA DE GASTERÓPODOS.....	62
Ambiente de depósito de la Formación Zapotitlán.	62
Formación del estrato fosilífero con gran concentración de gasterópodos.....	64
Registro de tempestitas en México.....	69
Determinación tafonómica.....	71
BIOESTRATIGRAFÍA DE LOS GASTERÓPODOS E IMPLICACIONES EN LA EDAD DE LA FORMACIÓN ZAPOTITLÁN	72
CONCLUSIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	98
Anexo 1: Imagen satelital de la localidad de Los Reyes Metzontla.....	98
Anexo 2: Modelo de elevación de Los Reyes Metzontla.....	99
Anexo 3: Mapa geológico de la localidad de Los Reyes Metzontla.....	100

Anexo 4: Datos de la sección estratigráfica Z-1.....	101
Anexo 5: Datos de la sección estratigráfica Z-2.....	103
Anexo 6: Breve descripción sobre los foraminíferos recuperados.....	105
Anexo 7: Sección geológica de la localidad “E” en Los Reyes Metzontla.....	113

II) INTRODUCCIÓN

El estudio de la Paleontología en México es muy extenso. Más de un siglo respaldan el actual conocimiento sobre la diversidad biológica del pasado. Considerando esta riqueza, el número de investigaciones ha aumentado en los últimos años (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005; Gudiño Maussán y Guzmán, 2014; Chacón-Baca *et al.* 2020), no obstante, aún es necesario profundizar en el estudio de varias regiones y localidades.

El área comprendida en el sur de Puebla y norte de Oaxaca es, a la fecha, una de las regiones más estudiadas a nivel paleontológico, enfocando su estudio en la Formación Matzitz (Weber y Cevallos-Ferriz, 1994; Weber, 1997; Hernández Lascars, 2000; Centeno García *et al.* 2009; Villanueva-Amadoz *et al.* 2022) y la Formación San Juan Raya (Nyst y Galeotti, 1839, 1840; D'Orbigny, 1850; Aguilera *et al.* 1896; Cotteau, 1890; Muellerried, 1933a, 1933b; Calderón García, 1956; Alencáster, 1956; Buitrón, 1970, entre otros). No obstante, la compleja geología de la región con variados afloramientos sedimentarios de diferentes periodos (Silva Romo, *et al.* 2019) es evidencia del gran potencial paleontológico no explorado. Así como los reportes de nuevas localidades fosilíferas que han recibido un énfasis menor en las últimas décadas, entre estas se encuentra la Formación Zapotitlán. De igual manera, aunque la mayoría de los estudios se han orientado en la descripción de las especies fósiles, existen enfoques que pueden aportar más información sobre la vida del pasado, como, por ejemplo, la tafonomía y la bioestratigrafía.

La Tafonomía, es la disciplina que se encarga del estudio de los procesos *post mortem* que llevan a la preservación de los organismos, o alguna evidencia de su pasar por la tierra, como restos fósiles. Su estudio busca definir las diferentes formas en las que se asocian los restos fósiles para poder diferenciar entre asociaciones biológicas que reflejan a las comunidades ecológicas originales (Biocenosis), las asociaciones producto de la muerte de los organismos (Tanatocenosis) y por los procesos de transporte y depósito (Tafocenosis) (García y Contreras, 2014)

La Bioestratigrafía, en cambio, es una rama de la estratigrafía que estudia los restos y evidencias de vida preservadas en los estratos, asociándolos a su organización en la columna para definir unidades concretas a partir de la presencia de fósiles índice que indiquen una edad específica (Hedberg, 1980; Quiroz Barroso, 2014). Esta rama determina unidades bioestratigráficas, definida como un cuerpo de roca caracterizado por su contenido fósil, y su caracterización y división en biozonas es independiente de las unidades litostratigráficas y cronoestratigráficas (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 2005; 2020)..

La información conjunta de estas dos ramas de las ciencias paleontológicas permite conocer mejor los cambios biológicos y sus asociaciones en los ambientes del pasado o descartar asociaciones artificiales creadas por procesos geológicos.

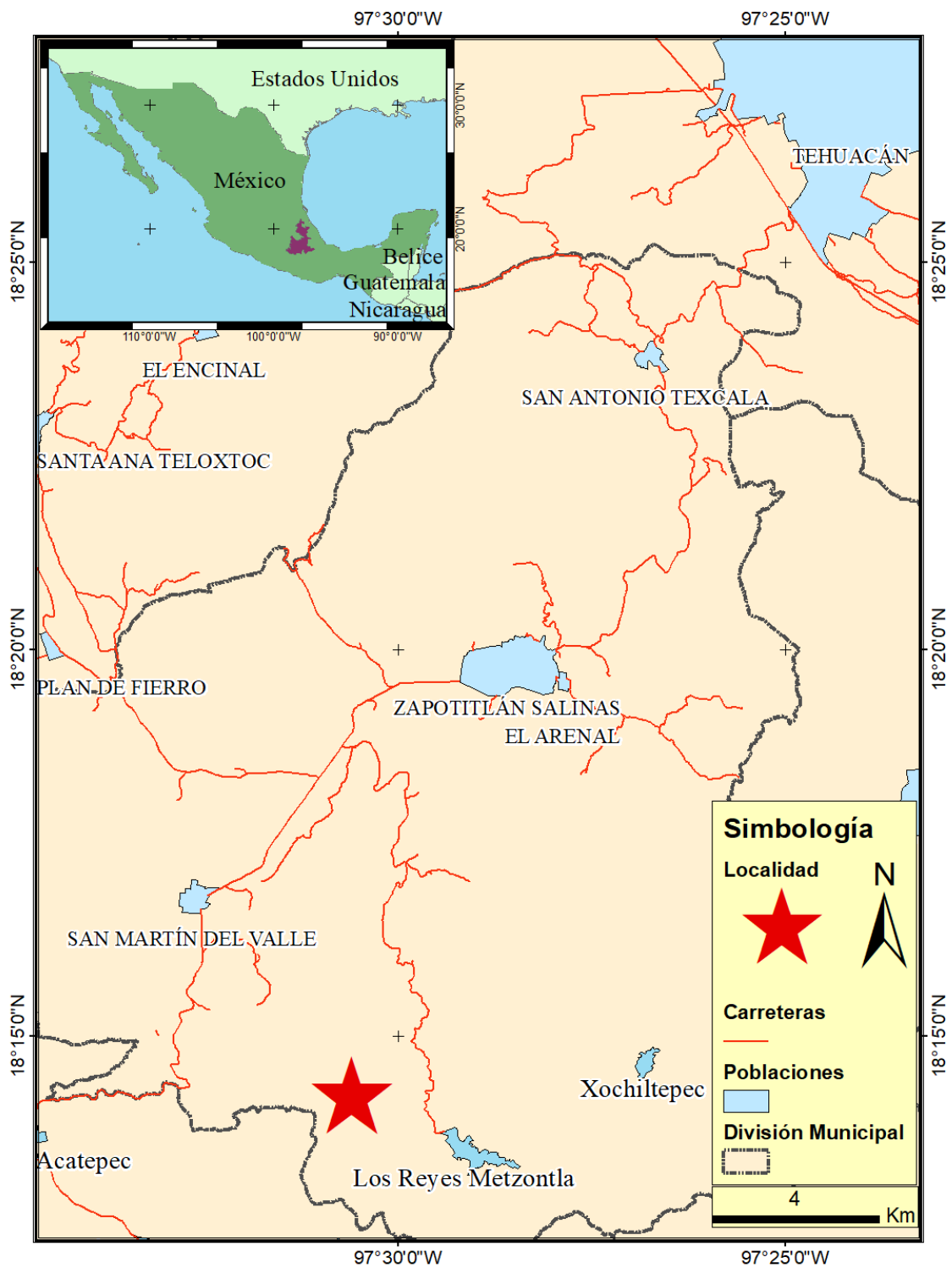


Figura 1: Ubicación de la localidad de estudio.

GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los Reyes Metzontla (Lugar de los magueyes viejos) es una localidad y pueblo originario enclavado en el sur del estado de Puebla, a 30 km de la ciudad de Tehuacán. Políticamente pertenece a la municipalidad de Zapotitlán entre las coordenadas 18°13'59"N; 97°29'35"O y 18°13'29"N; 97°29'05"O. Se encuentra dentro de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Se comunica al norte por una brecha de terracería parcialmente pavimentada desde la carretera federal Huajuapán de León-Tehuacán, y al este con la localidad de San Francisco Xochiltepec por una brecha de terracería (Figura 1) (INEGI, 2021a; 2021b).

El poblado es principalmente reconocido por los estudios arqueológicos y etnográficos en torno a la comunidad *Ngiwa* (Nombre autonómico de los denominados “*Popolocas de Puebla*”) asentada en la zona y la importancia de su cerámica, única en Mesoamérica, que es muestra de su conocimiento tradicional de los recursos geológicos y biológicos de la región (de la Vega Doria y Ánimas Moctezuma, 2005; García Valenzuela, 2011).

Marco geográfico

El área de estudio se encuentra flanqueada por dos grandes cadenas montañosas, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur. Pertenecen a la provincia de la Sierra Madre del Sur dentro de la subprovincia de las Sierras Centrales de Oaxaca (INEGI, 1991; 2001).

El terreno es relativamente plano al noroeste de la localidad, sin embargo, al aproximarse a la región de estudio, se vuelve accidentado con elevación de cadenas montañosas. La elevación aproximada del terreno va de los 1500 a los 2500 m.s.n.m. (ver anexos), habiendo variaciones del terreno de hasta 1000 metros. Sin embargo, la zona de mayor interés se encuentra en un rango de 1700 a 1900 m.s.n.m. al noroeste

Hidrografía

La subcuenca de Zapotitlán es la superficie hidrográfica que comparten Zapotitlán Salinas, San Martín Atexcal y Los Reyes Metzontla (López-Galindo *et al.* 2003). La principal corriente de agua de la región es el río Zapotitlán. El principal afluente corre por el asentamiento homónimo, pero presenta una bifurcación hacia el sur por la Barranca Nacional hasta Los Reyes Metzontla. Otro afluente por considerar es el arroyo “Agua del Burro”, que corre en dirección este-oeste solo en época de lluvias (Hernández-Lascares, 2000). Otros afluentes corresponden a escurrimientos de temporal de las laderas circundantes.

Marco Geológico

Toda la zona descansa sobre un basamento Pre-Pensilvánico de origen metamórfico formado por los complejos Oaxaqueño, Acatlán y Ayú (Silva-Romo *et al.*, 2019), de los cuales solo los primeros dos afloran próximos a la zona de estudio. López Ticha (1985) lo asigna a la cuenca de Tlaxiaco, con continuidad en los estados de Guerrero, Oaxaca y el sur de Puebla. El más antiguo es el Complejo Oaxaqueño, con una edad de entre 1000 a 1300 millones de años, correspondientes al Mesoproterozoico medio y tardío,

entre el Ectasiano-Esteniano (Cohen *et al.*, 2013). Se reconocen tres unidades: Unidad Huitzo (1012 ± 12 millones de años); Unidad El Catrín (≥ 1350 ma.); Unidad El Márquez (≥ 1140 ma.) (Solari *et al.*, 2003) que aflora en la porción sur de Los Reyes Metzontla, en la localidad de Santiago Coatepec. El Complejo Acatlán está compuesto por rocas polimetamórficas asignadas a un rango de edad del Cámbrico al Pérmico (Silva-Romo *et al.*, 2019). Aflora en varias zonas de Puebla y Oaxaca, pero tiene presencia en el centro y centro-oeste del núcleo urbano de Los Reyes Metzontla.

Los afloramientos metamórficos se encuentran en contacto en diferentes zonas con la Formación Matzitzi, la cual sobresale por su rico contenido de plantas fósiles. Geológicamente está formada por una secuencia de lutitas y areniscas cuarzosas y subcuarzosas, con intercalaciones de conglomerados masivos y horizontes de carbón mineral (Hernández Lascares, 2000). La literatura respecto a esta formación es extensa y destaca el gran debate respecto a su edad. De acuerdo con Weber y Cevallos-Ferriz (1994) y Weber (1997) se asigna una edad Leonardiana (Finales del Pérmico temprano) con base a dos aspectos importantes, el primero es la asociación de las floras de Puebla con material del Leonardiano de Texas, Estados Unidos de América, y el segundo, por la descripción de una nueva especie de Gigantopterid (*Lonesomia mexicana* Weber 1997), grupo de plantas cuya aparición se atribuía antiguamente al periodo Pérmico. Centeno García y colaboradores (2009) realizaron un estudio sedimentológico de la Formación Matzitzi y la toba Atolotitlán, datando con métodos radiométricos trazas de un intrusivo volcánico en la secuencia sedimentaria, concluyendo con ello un rango de edad Pérmico-Triásico para estas trazas volcánicas.

En contraposición, Hernández Láscares (2000) asigna una edad Pensilvánica (Carbonífero tardío) con base en la presencia de trazas de carbón y la asociación florística de la formación con plantas carboníferas en Europa. Villanueva-Amadoz y colaboradores (2022), aportando a este debate, realizan un estudio palinológico de la formación, además de discutir la dificultad de asignar una edad precisa con macroflora, por ejemplo, con las Gigantopteridales, por su amplio alcance estratigráfico. Los autores reportan la presencia de los palinomorfos *Latipulvinites kosankii* Peppers 1964 y *Thymospora thiennesii* Wilson y Venkatachala, 1963 proponen una edad Pensilvánica tardía, pero mencionan la necesidad de realizar más estudios.

En Los Reyes Metzontla, la Formación Matzitzí habitualmente se encuentra en contacto con una unidad geológica denominada “Lechos Rojos”. Esta es sedimentaria y está compuesta por secuencias de conglomerados, con intercalaciones de arenisca de grano medio y grueso en parte conglomerática, intercalado con arcillas bentónicas de color rojo y limolita (Hernández Láscares, 2000). Aunque considerada como indeterminada, es tradicionalmente referenciada como de edad Aptiana (Hernández Láscares, 2000; Centeno-García *et al.* 2009). Mendoza-Rosales (2010) propone esta unidad como Formación La Compañía.

Omaña y González-Arreola (2008), determinan un afloramiento compuesto por un conglomerado rojizo sobreyacido por capas gruesas y delgadas de arenisca gris verdosa intercaladas por arenisca y caliza, en contacto con los Lechos Rojos en Santiago Coatepec. Determinan edad Kimmeridgiana (Jurásico Tardío) para las areniscas por la presencia de foraminíferos bentónicos.

Sobre estas areniscas, sobreyace un afloramiento calcáreo, principalmente en las porciones superiores de las elevaciones montañosas alrededor de Los Reyes Metzontla, que corresponde a la Formación Zapotitlán. Esta formación está conformada por una secuencia de lutitas y lutitas margosas (Hernández Láscares, 2000) así como por calizas (micríticas) de intemperismo nodular, con grandes bancos de Monopleuras y Nerineas (González Hervert, 1984). Buitrón (1970) describe una secuencia de lutita calcárea gris, micácea, de estratificación delgada con intercalaciones de caliza, arenisca y margas, con conglomerados gruesos. De acuerdo con una revisión realizada por Juárez-Arriaga y López-Palomino (2007), concluyen que la edad más precisa asignada a la formación es Barremiano. Esta formación se extiende por todo el municipio de Zapotitlán, hasta San Antonio Texcala (Pueblo productor de Onix) pasando por la cabecera municipal de Zapotitlán Salinas, donde entra en contacto con las formaciones Miahuatepec y San Juan Raya. Se extiende su afloramiento desde el norte de Los Reyes Metzontla hasta el cerro “El Coatepe” al sur de San Luis Atolotitlán, donde entra en contacto con el Complejo Oaxaqueño y el Complejo Acatlán; y termina a lo largo de la Falla Santa Lucía hasta Oaxaca (Castillo Reynoso y Martínez de la Paz, 2012).

Finalmente se resalta la presencia de secuencias volcánicas cenozoicas con episodios de hundimientos que permitieron la acumulación de depósitos fluviales y lacustres, piroclastos y derrames lávicos. Este magmatismo ocurrió por toda la localidad durante el Oligoceno y cubre varias de las unidades estratigráficas anteriores. Este vulcanismo

está representado por la Formación Huajuapán, compuesta por andesita y toba andesítica (Castillo Reynoso y Martínez de la Paz, 2012).

En general se puede mencionar la presencia de varios hiatus geológicos entre el Mesoproterozoico, el Paleozoico superior hasta el Jurásico Superior, Cretácico inferior y posteriormente el Paleógeno y Neógeno (López-Ramos, 1985; Hernández Láscars, 2000; Centeno-García *et al*, 2009; Silva-Romo *et al*. 2019).

Localidad fosilífera de estudio

La zona de estudio se encuentra a dos kilómetros al noroeste del poblado de Los Reyes Metzontla. Se reconoce por la presencia de una gran densidad de gasterópodos aun indeterminados en un único estrato de color café rojizo, tentativamente identificado como caliza con visibles cristales de calcita. Esta unidad se encuentra a 1800 m.s.n.m. y la presencia de fósiles ya no se observa en los estratos inferiores altitudinalmente. Subiendo altitudinalmente continúan los estratos café rojizo carente de fósiles hasta entrar en contacto con un afloramiento grisáceo de lutitas con presencia de bivalvos y gasterópodos poco definidos. Aun cuando la zona fue trabajada por Alencáster y Hernández Láscars (1991) y Hernández Láscars (2000), aun es necesario enriquecer el reconocimiento de la geología de la zona.

III) ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Los estudios en torno a la Formación Zapotitlán se encuentran estrechamente vinculados con los estudios de la Formación San Juan Raya desde el siglo XIX hasta principios de siglo XX.

El primer estudio en la región es también considerado una de las primeras descripciones de fósiles de México en la literatura científica formal, que fue realizada por Nyst y Galeotti (1839,1840), quienes estudiaron cefalópodos fósiles de la región de Tehuacán, asignando una edad Jurásica, donde se incluye la descripción detallada de *Ammonites rioi* Nyst y Galeotti, 1840, hoy *Phylloceras rioi* Nyst y Galeotti, 1840. Posteriormente, varios autores proponen una edad cretácica (D'Orbigny, 1853; Aguilera *et al.* 1896; Cotteau, 1890). Aguilera y colaboradores (1896) realizan un bosquejo geológico completo del territorio nacional, resaltando en Los Reyes Metzontla la presencia de la Formación Matzitzi en el rumbo a Xochitepec. Igualmente identifican un Cretácico Inferior en el lugar como Formación San Juan Raya en el rumbo desde Zapotitlán a Caltepec, pasando por Los Reyes y Xochitepec. Asimismo, mencionan la presencia de granito a la altura de la iglesia de la comunidad y un conglomerado rojo del Pleistoceno.

Juárez-Arriaga y López-Palomino (2007) revisan la bibliografía de la Formación Zapotitlán, considerando a Aguilera (1906) como el primer trabajo formal desde la geología de esta formación, pero describe la unidad con el nombre de “División Zapotitlán”, detallando que está compuesta por capas de caliza verdosa o amarillenta

de grano fino, predominantes entre Zapotitlán Salinas y la Barranca del Tabaco. Reconoce dos porciones: (1) “las Salinas”, porción inferior compuesta de esquistos con esponjas, corales y bancos de monopleuras; (2) “Zapotitlán”, parte superior de esquistos y depósitos carbonatados con corales, nerineidos, monopleuras, *Vola* cf. *V. stava*, *Pholadomya* cf. *P. gigantea*, *Astarte* y un amonoideo del género *Desmoceras*.

Posteriormente, Muellerried (1933a, 1933b) realiza un estudio paleontológico y estratigráfico amplio en toda la región de Tehuacán. Su énfasis en Los Reyes Metzontla es escaso, destacando la presencia de los complejos metamórficos que categoriza como “Arcaiozóico” y una serie de conglomerados rojizos al sur del poblado. Respecto a los depósitos calcáreos, discute una edad Barremiana inferior/Aptiana con base en los descubrimientos de amonoideos entre el poblado de San Antonio Texcala y Zapotitlán. Se basa en la descripción de *Desmoceras difficile* Nicklès 1894 y *Pulchellia* para el Barremiano. El Aptiano lo reconoce para el área que se conoce actualmente como Formación San Juan Raya, en el poblado homónimo, los amonoideos estudiados que refuerzan esta idea son del género *Tetragonites*.

Calderón García (1956) reconoce posteriormente como independientes las formaciones San Juan Raya y Zapotitlán. Sobre esta última la describe como una unidad del Barremiano que se extiende desde el norte de San Antonio Texcala hasta la Sierra de Santa Rosa, marca su límite norte en la Sierra de Tehuacán y Sierra del Yeso, y su límite sur en la Sierra de Santa Rosa, el Valle de Acatepec y al suroeste de San Francisco Xochiltepec. Litológicamente describe lutitas calcáreas grises, micacíferas, de estratigrafía delgada, con margas grises intercaladas, areniscas de

grano fino y por bancos gruesos de caliza gris con abundantes monopleuras y nerineas. Sin embargo, sería Alencáster (1956) quien retomaría el estudio de estas formaciones desde el punto de vista paleontológico, centrándose especialmente en la Formación San Juan Raya. Respecto al área de Los Reyes Metzontla, menciona únicamente la presencia de la Formación Zapotitlán en contacto con rocas continentales del Jurásico.

Calderón García (1956) divide la formación en dos miembros, el miembro “Agua de Burro” del Barremiano Superior y el miembro “Agua del Cordero” del Barremiano Inferior y Superior, limitando finalmente con la Formación San Juan Raya que categoriza como Aptiana. Posteriormente, Barceló-Duarte (1978) separa los miembros y les da la categoría de formaciones, dando nacimiento a la Formación Agua de Burro y la Formación Agua del Cordero.

Buitrón (1970) retoma los trabajos anteriores, describiendo varias especies de equinodermos (*“Cidaris” muellerriedi* Lambert 1935, *Salenia mexicana* Schlüter 1883-1892, *Pseudocidaris clunifera* Bourguet 1742, *Goniopygus (Goniopygus) zitteli* Clark 1891 y *Magnosia (Magnosia) lens* Desor 1858). Esta autora confirma la edad Barremiana para la zona, datación que posteriormente también retoma González-Hervert (1984), quien realiza un estudio detallado de los conglomerados pre-Pensilvánicos de Los Reyes Metzontla y discute la geología estructural del lugar, pero no profundiza en su contenido fósil.

Alencáster y Hernández Láscare (1991) retoman brevemente el contenido fósil de Los Reyes Metzontla, proponiendo la edad de la formación al Neocomiano, nombre dado antiguamente a las ahora edades Barriasiano, Valanginiano, Hauteriviano y Barremiano (Cohen *et al.* 2013), por la presencia de gasterópodos típicos de este intervalo de tiempo como *Columbellina* d'Orbigny 1843, *Purpuroidea* Lycett 1848, el nerinéido del género *Oligoptycis* Pcelincev 1953, *Lunatia* Gray 1847 y probablemente el género *Tylostoma*. También reportan varias especies de pelecípodos como *Neithea* (*Neitheops*) *atava* Roemer, *Lima* (*Plagiostoma*) cf. *L. kanei* Imlay, y *Aetostreon reedi* Imlay. Los autores destacan especialmente el reporte de los géneros *Pachyrismella* y *Trichites* por ser representativos principalmente del Jurásico Superior, siendo *Trichites* el único con dos especies reportadas hasta entonces para el Cretácico.

Mendoza-Rosales (2010) realiza un estudio geológico para toda la región del sur de Zapotitlán. Retoma el reporte de fósiles de *Colomiella recta* Bonet 1982, *Defrandella veracruzana* Trejo 1972 y *Parachitinoidea cuvillieri* Trejo 1972 para el arroyo de los Reyes Metzontla que se asocian a la Formación Zapotitlán. Sin embargo, el enfoque de su estudio se centra en el tramo que corresponde entre los Reyes Metzontla y Caltepec y el estudio de las formaciones La Compañía y Caltepec (Nombre que asigna a la unidad conocida como “Lechos Rojos”).

En general, este es el panorama de los estudios paleontológicos de la región de Los Reyes Metzontla, los cuales se limitan a revisiones generales de toda el área de Tehuacán o Zapotitlán, por lo que es necesario un estudio pormenorizado desde esta óptica. La importancia de la localidad de estudio ya ha sido mencionada brevemente

por las asociaciones de gran cantidad de gasterópodos en una franja muy estrecha (Alencáster y Hernández Láscars, 1991), no obstante, no se profundizó debido ser publicado en formato de resumen de congreso. Algo que resalta en la mayoría de los trabajos es la ausencia de un énfasis en las secuencias estratigráficas y biostratigráficas de la Formación Zapotitlán, ni en los procesos que llevaron a su muerte y conservación de los restos fósiles. La gran mayoría de los estudios revisados se limitan a la descripción de las especies, sin mencionar su relación estratigráfica, lo que limita el conocimiento de su contexto temporal y puede crear duda sobre su asignación a una u otra formación.

Algunos estudios con mayor enfoque estratigráfico próximos a Los Reyes Metzontla fueron realizado por Omaña y González-Arreola (2008) en Santiago Coatepec, con su estudio micropaleontológico de las secuencias jurásicas. En ese sentido, el estudio de estos dos aspectos dentro de las ciencias biológicas y geológicas (Tafonomía y Bioestratigrafía) enriquecerá el conocimiento de la diversidad paleontológica en la localidad desde una óptica no abordada anteriormente.

IV) PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es la secuencia estratigráfica para la localidad y que especies de moluscos gasterópodos y pelecípodos se encuentran presentes?
- ¿Cuál es la secuencia estratigráfica observada en Los Reyes Metzontla?
- ¿Cuáles fueron los procesos tafonómicos que pudieron dar origen a los depósitos fosilíferos que afloran en Los Reyes Metzontla?
- ¿Cuál es la correlación bioestratigráfica existente entre esta y otras localidades?

V) HIPÓTESIS

Las acumulaciones de grandes contenidos de gasterópodos reportadas por Alencáster y Hernández Láscars (1991) probablemente se formaron durante un evento catastrófico que originó olas de gran magnitud en los mares mesozoicos, acarreado consigo la fauna de la zona bentónica y depositándola en un momento único, formando un tipo de roca particular conocido como tempestitas.

La estratigrafía del lugar estará caracterizada por un intervalo desde Jurásico superior, (Kimmeridgiano), representada por los restos de areniscas en contacto próximo a la Formación Matzitz, similares a los reportados por Omaña y González-Arreola (2008) en la próxima localidad de Santiago Coatepec. Un hiatus se marcará hasta el Cretácico Inferior (probablemente Barremiano) correspondiente a los afloramientos al norte de Los Reyes Metzontla.

VII) OBJETIVOS

Objetivo general

- Reconocer los cambios, relaciones y preservación entre las comunidades biológicas que vivieron durante los periodos de deposición de una localidad fosilífera en Los Reyes Metzontla, Zapotitlán, Puebla.

Objetivos particulares

- Definir las especies de gasterópodos presentes en cada nivel estratigráfico en Los Reyes Metzontla
- Determinar una edad tentativa con base en la presencia de fósiles índice en la columna estratigráfica.
- Correlacionar las especies presentes en la localidad con otros afloramientos fosilíferos.
- Definir los procesos tafonómicos que llevaron a la preservación de las comunidades fósiles observadas.

VII) METODOLOGÍA

En primera instancia se realizó una revisión bibliográfica extensa de la literatura conocida respecto a la geología y especialmente la paleontología de Los Reyes Metzontla para conocer, en términos generales, las características más relevantes de la zona (Ver antecedentes y justificación, p. 9). De igual manera se realizó una extensa cartografía enfocada en la zona de estudio para el registro de los datos de campo y el reconocimiento de los diferentes afloramientos. Se usó el programa de sistema de información geográfica ARCGIS versión 10.8 para la realización de los mapas que incluyen: imágenes satelitales, modelo de elevación y mapa geológico (Ver Anexos 1-3). La información vectorial y ráster se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI) y del Servicio Geológico Mexicano (SGM). Las imágenes aéreas fueron tomadas de ArcMap 10.8 (ESRI, 2011).

TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron tres prospecciones en la localidad de estudio. Durante la primera prospección se identificaron los principales afloramientos de la formación Zapotitlán con una secuencia estratigráfica reconocible y medible, además de marcar un límite inferior de la unidad de estudio y los grupos de restos fósiles preservados. Toda la información fue georreferenciada con ayuda de la cartografía elaborada para campo (Anexos 1-3) y de GPS (Marca Garmin Etrex 22x).

Durante la segunda prospección se realizó un levantamiento estratigráfico de forma descendente por medio de la medición de estratos y el registro de su posición espacial

empleando brújula tipo Bruton para definir el rumbo y echado. Se midió el grosor de las capas con cinta métrica en los estratos. Donde la inclinación o complicaciones en el terreno impidió una medición directa, se recurrió a una resolución trigonométrica para medir el espesor con la siguiente formula (Quiroz Barroso, 2014).

$$BC = AB(\text{sen}(\alpha_1 + \alpha_2))$$

Donde:

BC = Espesor del estrato

AB = Longitud de la pendiente.

α_1 = Inclinación del echado del estrato

α_2 = Angulo de inclinación de la pendiente.

Igualmente se determinó su composición litológica con base en sus características físicas de las muestras en mano (Anexo 4). Se midió una columna de 89 metros.

En una tercera prospección geológica se tomaron muestras de roca fresca utilizando un martillo de geólogo y cincel. Se terminó con los levantamientos estratigráficos, incluyendo una segunda columna de 19 metros. Estas muestras se analizaron posteriormente en laboratorio.

Las capas portadoras de fósiles se registraron añadiendo fotografías y planos orientados con brújula para determinar posteriormente: condiciones de arrastre; presencia o ausencia de evidencia de depredación, carroña o descomposición;

acomodo preferencial; grado de fragmentación; desarticulación y deformación de los restos; posición y arreglo espacial en el estrato y asociación con otros fósiles o elementos geológicos. Los ejemplares fósiles recolectados para su correcta identificación se resguardaron en la Colección Paleontológica de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, siguiendo la organización pertinente.

TRABAJO DE LABORATORIO Y GABINETE

Las muestras fósiles fueron preparados por medio de percutores eléctricos, cinceles, brochas, cepillos y/o punzones, según los requerimientos de cada ejemplar. Para los gasterópodos nerineidos se realizó, además, cortes axiales para observar características anatómicas del interior de la concha por medio de corte con sierra de disco de diamante y pulimento manual con lijas de agua de 80, 120, 240, 340 y 400. Para su identificación se usó la clasificación taxonómica de propuesta en el “Treatise on Invertebrate Paleontology” (Brookes Knight *et al.*, 1964; Teichert *et al.*, 1964; Durham *et al.*, 1966a 1966b; Cox *et al.*, 1969a 1969b; Arkell *et al.*, 1978) más bibliografía complementaria (Kollmann, 2014; Galicia, 2016; Bouchet, 2017; Rodríguez Moreno, 2019; Hernández Láscars, 2023).

Para la estudio de las muestras de roca recolectadas en un contexto general, se realizó una determinación a microscopio por medio de la elaboración de láminas en sección delgada de las muestras E-09, E-16, E-18, Y-3 y Y-16 para representar las secciones basal, media y superior de las columnas medias. Por cada roca se realizaron dos cortes, uno en el techo del estrato y otro en el lateral. Se emplearon discos de corte de

diamante para separar el fragmento principal, seguido por un proceso de desbaste por medio de granos de sílice graduados de 80, 120, 240, 340, 400 y 600 hasta crear una superficie lo suficientemente delgada que permitiera el paso de la luz a través de la muestra, posteriormente fueron montadas con resina sobre un portaobjetos y pulidas una vez más con una lija de agua de 1000 colocada sobre un vidrio para evitar deformaciones en la superficie.

Las láminas en sección delgada fueron observadas usando un microscopio petrográfico (Olympus). Su clasificación se realizó de acuerdo con bibliografía especializada (Reineck y Singh, 1975; Mackenzie y Guilford, 1996; Mackenzie y Adams, 1997; Adams *et al.*, 1997).

Toda la información se contextualizó a nivel estratigráfico y a las asociaciones registradas en campo para determinar biozonas con base en fósiles índice y contextos de preservación tafonómica para poder diferenciar entre asociaciones biológicas que reflejan a las comunidades ecológicas originales (Biocenosis), las asociaciones producto de la muerte de los organismos (Tanatocenosis) y por los procesos de arrastre y deposición (Tafocenosis) (García y Contreras, 2014).

La información cartográfica recabada en campo fue procesada en ArcMap 10.8 (ESRI, 2011), complementada con información vectorial del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI) y del Servicio Geológico Mexicano (SGM) e imágenes aéreas del mismo programa. Esta información se representó en mapas topográficos, geológicos y perfiles topográficos, editados en Photoshop CS4 para armar los perfiles

geológicos. Para la elaboración de las columnas estratigráficas se empleó el software SedLog ver. 3.1 (Zervas *et al.* 2009) con ediciones en Photoshop CS4.

Los datos de campo, taxonomía, tafonomía y estratigrafía fueron vaciados y procesados en una base de datos en PaleoTax Hdb2Win Version 2.5.2 (Löser, 2004).

VIII) RESULTADOS

GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA.

Se recorrieron alrededor de cinco kilómetros para poder definir la geología en la región. Se observó una geología complicada con diversos procesos magmáticos que complican la definición de la secuencia estratigráfica, sin embargo, se pudo identificar un afloramiento calcáreo con la estratigrafía definida en un tramo de 500 metros sobre una montaña sedimentaria, en una variación de altitud entre 1872 a 1923 m.s.n.m.

La sección estratigráfica se encuentra rodeada en su flanco este por una toba andesítica de color rojizo que se intercala con un ígneo de color gris con trazas de hornblenda (Figura 2, Figura 5). Ambos intrusivos se intercalan a lo largo del terreno, dejando ver ventanas estratigráficas con afloramientos de la Formación Matzitzi. Por acción de la meteorización química por agua de las lutitas en las zonas de mayor altitud, los afloramientos en el terreno se encuentran cubiertos por una capa de rocas carbonatadas recristalizadas.

Al norte de la sección se extiende un suelo bien formado con recubrimiento vegetal compuesto por mezquites y algunas cactáceas, entre ellas especies protegidas dentro de la reserva. Junto a los intrusivos ígneos que cortan la secuencia, no es posible observar el contacto entre la Fm. Matzitzi y la Fm Zapotitlán. No obstante, y siguiendo la continuidad lógica de los estratos, el próximo cerro Zoluche presenta una estratificación clara (Localidad “E” Figura 5).



Figura 2: Afloramientos de un intrusivo ígneo con trazas de hornblenda al este de la localidad de estudio.

La secuencia estratigráfica medida (Figura 5; Anexo 4; véase sección geológica) está compuesta por una secuencia de calizas y calizas masivas de color gris con espesores superiores a un metro, presentan una inclinación de entre 18 a 38°. Toda la secuencia se encuentra afectada por una serie de fracturamientos y micro fallamientos con rellenos de calcita, destaca un gasterópodo recuperado con una fractura y una microfalla que realizan un corte transversal a la concha.

Se lograron detectar seis capas portadoras de macrofósiles. Describiendo desde la capa inferior hacia la superior:

E01: Caliza gris de 1.8 metros de espesor con fracturamientos y escasos fósiles de bivalvos, estos materiales no pudieron ser extraídos para su estudio en laboratorio.

E10: Caliza de color gris de 1.8 m de espesor, con presencia de bivalvos fuertemente incrustados (figura 3A). Se encuentran de forma esporádica a lo largo de la capa portadora.

E11: Caliza gris de 2.1 m. de espesor parcialmente oxidada con escasa presencia de bivalvos a lo largo del horizonte de la capa.



Figura 3: Ejemplares fósiles recuperados en la localidad de Los Reyes Metzontla. De izquierda a derecha: A) Fósiles de bivalvos B) Fósiles de gasterópodos, destaca la gran densidad de ejemplares en el estrato, pero su ausencia total en capas inferiores o superiores

E13: Caliza de color gris de 0.35 m de espesor, presenta restos de bivalvos fuertemente incrustados en el material pétreo. Resalta la erosión en esta capa, ya que la pérdida de material dejó expuesto el estrato inferior por aproximadamente 180 metros, correspondientes a gran parte de la pendiente de la ladera.

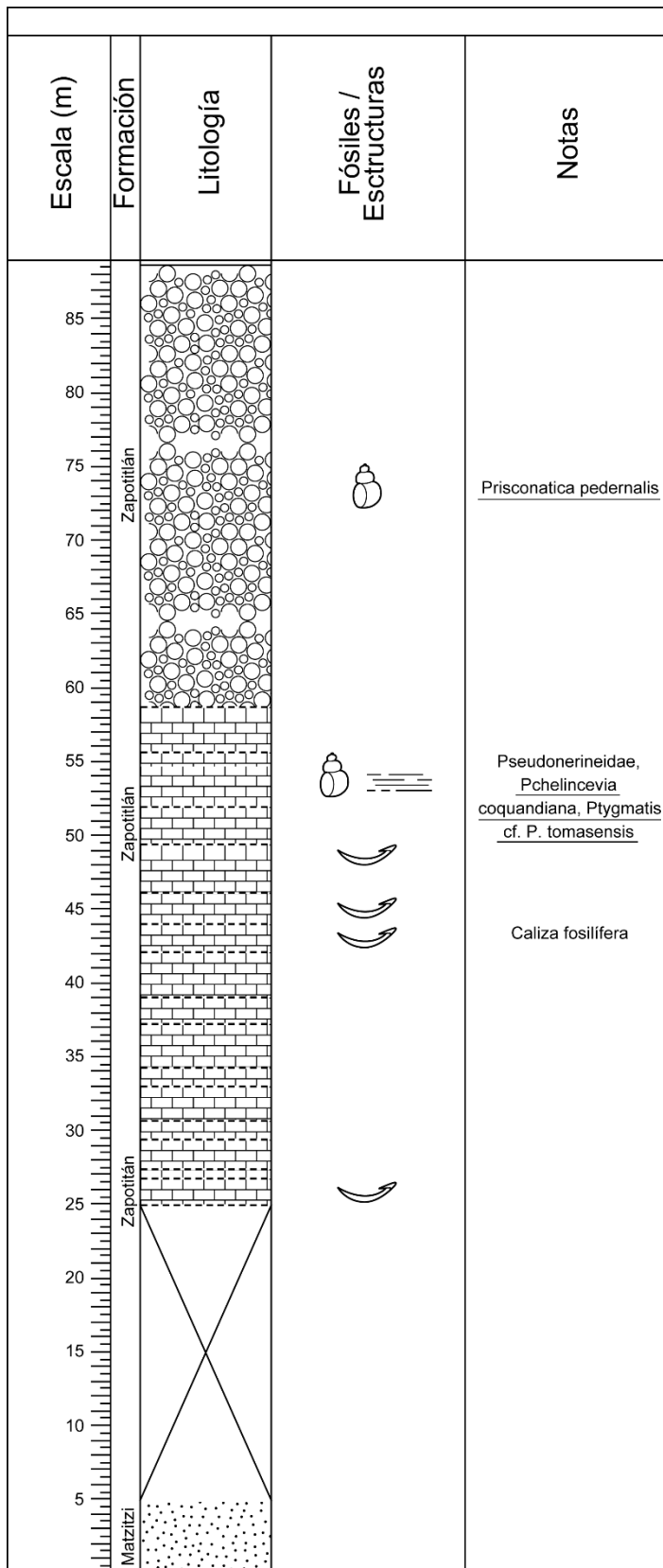
E16: Calizas de color rojizo, probablemente por acción de la meteorización, atravesada por varias fallas de entre 3 a 30 cm de largo. Presenta una gran cantidad de fósiles de gasterópodos sobrepuestos unos sobre otros (Figura 3B). Su presencia parece concentrarse solo en una sección del estrato, conforme aumenta la distancia en dirección E-O se observa una reducción notable en el número de ejemplares hasta desaparecer. Abarcan una zona lineal de solo 30 metros a lo largo del afloramiento. La dimensión de los ejemplares varía de entre 1 cm a organismos de concha turritelada incompletos de 15 cm, con ausencia de la protoconcha y solo en dos ejemplares se observa un fragmento del hombro. La mayoría de los ejemplares de mayor tamaño se concentran en el extremo este del depósito, conforme se aleja del núcleo con mayor abundancia, van disminuyendo sus dimensiones hasta desaparecer.

E19: Conglomerado calcáreo masivo, con clastos sub-redondeados de hasta cinco centímetros de diámetro, se extiende por 30 metros y a lo largo de una elevación de 20 metros en el terreno, conformando una elevación conglomerática del terreno con la presencia de escasos gasterópodos (Figura 4). Indica un evento de deposición de alta energía.



Figura 4: Elevación del conglomerado calcáreo observado a través de ventana entre la cobertura vegetal.

La secuencia anteriormente descrita se encuentra al norte de una falla que corta la región en dirección Este-Oeste. Al sur de la secuencia fue posible distinguir un nuevo afloramiento con una estratigrafía clara, se denominó a esta zona como localidad “Y” (Figura 7). Está conformado por una secuencia de 19 metros de calizas claras con intercalación de conglomerados. Destaca la gran cantidad de restos fósiles en estratos concretos, así como gran claridad de los ambientes de depósito de la secuencia. La cobertura vegetal, así como la falla, no permitieron definir el contacto inferior, de igual manera, un intrusivo ígneo corta parcialmente la localidad.



Litología



Arenisca



Caliza



Conglomerado

Simbolos



Bivalvos



Gasterópodos



Estratificación gradada

Figura 5: Columna estratigráfica para la localidad “E”, con un espesor de 89 metros en total, para datos complementarios véase anexo 4.

Destacan dos capas de 0.39 y 0.59 metros de espesor con una clara estratificación gradada (Figura 6) donde los clastos y contenido fósil son clasificados por tamaño, conformando el 60% aproximadamente del estrato de una caliza fosilífera de textura clástica, un 30% de una intercalación de granos de menor tamaño y fósiles de gasterópodos depositados por tamaños, terminando en la sección superior con conglomerados sub-redondeados de hasta 3 cm de grosor.



Figura 6: Estrato gradado con presencia de fósiles de gasterópodos y clastos sub-redondeados con alto grado de clasificación, se observan posibles marcas de corriente en más de una dirección.

las diversas montañas que rodean el pueblo de Los Reyes Metzontla. Informes de habitantes de la zona y algunos investigadores previos, indican la presencia de secuencias calcáreas de color gris con presencia de fósiles, en algunos casos es posible distinguir la estratigrafía con claridad a la distancia (Figura 8). Sin embargo, en los alcances materiales del presente trabajo y los conflictos ejidales que se viven en la zona desde al menos un siglo atrás, no fue posible prospectar estos sitios.



Figura 8: Afloramiento parcialmente expuesto al noroeste de la localidad “E”, sugiere la continuidad horizontal de los estratos, compartido en la cima de las montañas circundantes.

PETROGRAFÍA ÓPTICA DE LAS LAMINAS EN SECCIÓN DELGADA.

Todas las rocas analizadas en la secuencia se corresponden a rocas sedimentarias carbonatadas, con soporte micrítico en diferentes grados, es decir, el cementante que aporta de forma principal a la cohesión de la roca son microcristales de calcita.

Estrato E-09: Al microscopio la roca se define como un mudstone conformada por un soporte de matriz micrítico en base a la clasificación de Dunham. Presenta una textura de biomícríta dispersa a biomicrita empaquetada con algunos microfracturamientos rellenos con cristales de calcita. Los restos de microfósiles identificables corresponden a restos fragmentados y mal clasificados de gasterópodos, bivalvos, braquiópodos, equinodermos y foraminíferos no determinados (Figura 9; ver anexo 6).

Estrato E-16: Al microscopio se define como un grainstone pobremente clasificado conformado de granos angulosos silíceos, carbonatados y algunos microcristales sumamente escasos de hematita, los sedimentos no se encuentran uniformemente repartidos, en algunas secciones de la lámina se observan restos aglutinados de forma independiente, en algunos casos con restos fósiles asociados. Presenta una textura bioesparítica mal seleccionada. Se observan restos de conchas calcáreas de organismos fósiles, pero su nivel de ruptura impide su correcta determinación, con excepción de restos de algunos foraminíferos referidos a *Choffatella decipiens*. Toda la muestra se ve afectada por microfracturas.

Estrato E-18: Al microscopio se define como un wackestone moderadamente clasificado de textura bioesparítica moderadamente seleccionada. Se observan restos fragmentados de gasterópodos, bivalvos y el foraminífero *Choffatella decipiens*,

Y-3: Al microscopio se describe como un packstone a grainstone pobremente clasificado conformado de granos de sub-redondeados a angulosos conformado por restos litoclásticos silíceos pero principalmente carbonatados, se observan secciones de la lámina con restos aglutinados diferenciados del resto de la roca. Se observan restos fragmentarios de fósiles de gasterópodos, posibles bivalvos y restos de conchas calcáreas no identificables, así como probables restos de *Choffatella* sp.

Y-16: La roca a microscopio es un wackestone a packstone bien clasificado con cristales redondeados. Presenta una textura bioesparítica escasamente lavada. La muestra carece casi en su totalidad de fragmentos de conchas, pero es abundante en restos de foraminíferos grandes (*Choffatella decipiens* y *Buccicrenata hedbergi*) bien conservados sin evidencia de arrastre o re-depósito, como era el caso de los estratos Y-3 y E-16.

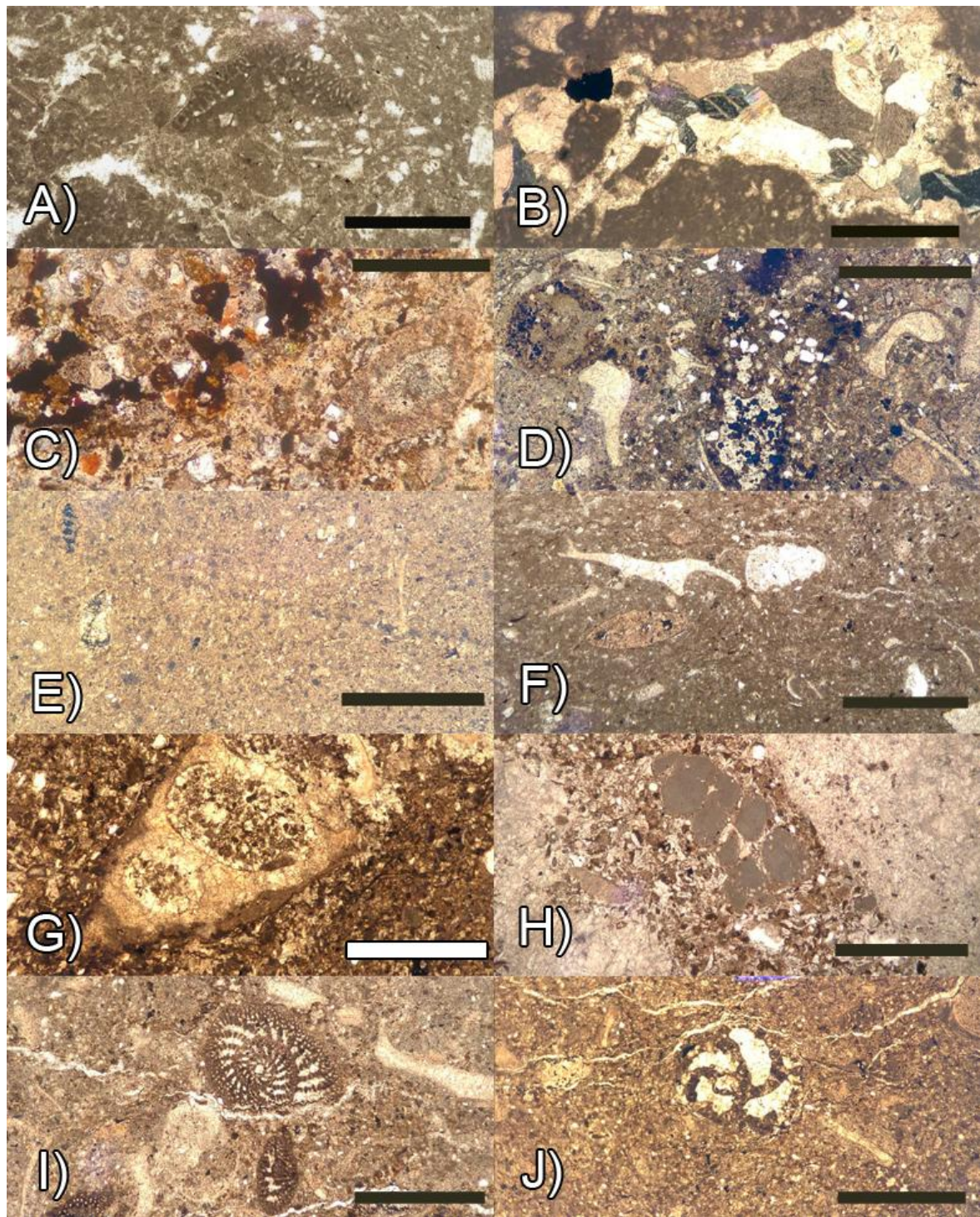


Figura 9: Fotomicrograffas de láminas en sección delgada de la Formación Zapotitlán: A) E-09, corte del techo del estrato bajo luz normal B) E-09, corte lateral

del estrato bajo luz polarizada; C) E-16, corte del techo del estrato bajo luz polarizada, obsérvese los cristales en color rojo ocre indicando presencia de hematita, además de la diferencia entre los depósitos en los extremos opuestos del corte; D) E-16, corte lateral del estrato bajo luz normal; E) E-18, corte del techo del estrato bajo luz normal; F) E-18, corte lateral del estrato bajo luz normal; G) Y-3, corte del techo del estrato bajo luz polarizada, se observa un corte axial de la concha de un gasterópodo; H) Y-3, corte lateral del estrato bajo luz normal; i) Y-16, corte del techo del estrato bajo luz normal, en este estrato se presentan los foraminíferos mejor conservados (*Choffatella decipiens*) pero destaca la ausencia de conchas calcáreas; J) Y-16, corte lateral del estrato bajo luz normal con testa de *Buccicrenata hedbergi*. Todas las barras de escala representan un milímetro.

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA.

El material referido en este trabajo fue depositado en la Colección de Paleontología del Laboratorio de Paleontología y Riesgo Geológico. Departamento de Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Bajo los números de catálogo UAMI-RMtz-001 al UAMI-RMtz-033.

Phylum MOLLUSCA

Clase GASTROPODA Cuvier 1795

Descripción general: La concha de los gasterópodos tiene forma espiral asimétrica y puede ser cónica o planiespiral y generalmente dexógira, solo en ciertos casos, levógira. Presenta varias vueltas divididas por una sutura que diferencia las vueltas. Las vueltas disminuyen de tamaño hacia el ápice, donde se encuentra la protoconcha.. En la parte posterior la vuelta del cuerpo, donde vivía el organismo y termina en una abertura que puede extenderse en los labios. La abertura termina en un canal posterior denominado sifón. En corte longitudinal, se distingue un eje central desde el cual se enrollan las vueltas denominada columela (Barnes, 1985; Hernández Láscars, 2023). Desde este plan corporal general, los gasterópodos presentan una diversidad morfológica que puede incluir diferentes formas de la concha como números de vueltas, costillas axiales o espirales, carenas, bandas subsuturales o espinas. Esto permite clasificarlos en diferentes niveles taxonómicos (Hernández Láscars, 2023).

Alcance estratigráfico: Cámbrico-Reciente.

Heterobranchia *incertae sedis*

Superfamilia NERINEOIDEA Zittel, 1873

Familia NERINEIDAE Zittel, 1873

Descripción general: La concha varia en tamaño y es turritada, cilíndrica o cónica, con numerosas vueltas que aumentan gradualmente el tamaño, la sutura es impresa. La vuelta del cuerpo es baja y canal sifonal corto y con la abertura estrecha, presenta bandas espirales lisas o con tubérculos y líneas de crecimiento oblicuas muy finas. El grado de complejidad de los pliegues varia con cada especie. Presenta de uno a tres pliegues columelares hacia la apertura y delimitan el pliegue sifonal, con un pliegue parietal y labial elevados en abertura (Delpey, 1940; Buitrón y Barceló-Duarte, 1980; Buitrón y Pantoja-Alor, 1998; Rodríguez Moreno, 2019).

Alcance estratigráfico: Jurásico-Cretácico

Género: *Pchelincevia* Lyssenko & Aliev, 1987

Pchelincevia coquandiana (d'Orbigny 1842)

Lamina 1A

Material: UAMI-RMtz-001, UAMI-RMtz-002.

Localidad y posición estratigráfica: El ejemplar procede del estrato E-16 y Y-5 en los Reyes Metzontla, Formación Zapotitlán.

Descripción: La concha es de gran tamaño, cilíndrica y con vueltas en espiras poco diferenciadas entre sí, la línea sutural es ancha, convexa y con la presencia de dos hileras de nódulos por vuelta; el ápice está presente pero la vuelta del cuerpo y el sifón no son apreciables. Se observan 22 vueltas en el ejemplar de mayor tamaño. Presenta tres pliegues simples, el lóbulo columelar es el que exhibe mayores dimensiones. Se observan el pliegue labial amplio y poco profundo y un pliegue columelar y parietal profundos y amplios.

Tabla 1: Dimensiones en cm de *Pchelincevia coquandiana*.

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro mínimo	Altura del ejemplar	No de vueltas observadas
UAMI-RMtz-001	1.5	0.2	12.1	22
UAMI-RMtz-002A	1.3	-	5.2	9
UAMI-RMtz-002B	1.45	0.78	9.1	14

Discusión: Los ejemplares reportados de *Pchelincevia coquandiana* representan algunos de los ejemplares más completos reportados para México, donde el de mayor tamaño presenta hasta 22 vueltas observables, la matriz de roca que los contiene fuertemente afectados por microfallamientos y microfracturamientos lo que complicó realizar cortes axiales de los ejemplares de forma uniforme, pero es posible observar que el lóbulo labial es de menor tamaño al columelar y parietal.



Figura 10: *Pchelincevia coquandiana* (UAMI-RMtZ-001) en vista lateral. La barra de escala representa 1 cm.

Se registra esta especie en localidades del mar de Tethys del Cretácico Temprano, entre ellas, en México se registra su presencia en el Hauteriviano-Aptiano de Michoacán, el Aptiano de Zitlala, Guerrero, Colima, el Aptiano-Albiano de Coixtlahuaca, Oaxaca y el Aptiano de San Luis Atolotitlan, Puebla (Buitrón, 1981; Buitrón y Rivera-Carranco, 1985; Hernández Lascares y Buitrón, 1992; Buitrón-Sánchez y Gómez-Espinosa, 2003; Buitrón Sánchez *et al.* 2007; Omaña *et al.* 2012; Galicia, 2016). A nivel mundial se reporta para el Urganiano de Francia y Suiza; el Aptiano de España, Italia, Rumania y Líbano; el Barremiano de Serbia; El Aptiano de Marruecos, Túnez y Somalia (Buitrón y Rivera-Carranco, 1985), el Aptiano/Albiano del Norte de Pakistán (Pudsey *et al.* 1985) y el Albiano de Japón (Kase, 1984).

Comparado con los ejemplares reportados por Hernández Lascares y Buitrón (1992), los ejemplares recolectados representan los mejor conservados para la región hasta el momento.

Alcance estratigráfico: Se reconoce en la bibliografía entre Hauteriviano-Aptiano

Familia Ptygmatididae Pchelintsev, 1960

Descripción general: Conchas turriteladas con vueltas. con dos pliegues columelares extendidos hacia el lóbulo columelar. El pliegue parietal se desarrolla en el interior de la vuelta; presentan pliegues truncados o bifurcados en los lóbulos anteriores. Los pliegues columelares son pronunciados y curvados.

Alcance estratigráfico: Jurásico-Cretácico

Subfamilia Ptygmatidinae Pchelintsev 1960

Descripción general: La concha tiene forma turritelada con las vueltas de la espira cóncavas y de sección transversal rómbica; los dos pliegues columelares se extienden por separado hasta la inductura columelar, los pliegues parietal y palatino son delgados o casi ausentes en la última vuelta, hay incisiones entre los pliegues columelares que son profundos y curvos.

Alcance estratigráfico: Jurásico-Cretácico

Género : *Ptygmatis* Shape 1850

Ptygmatis cf. *P. tomasensis* Allison 1955

Lamina 1 B-G

Material: UAMI-RMtz-003, UAMI-RMtz-004, UAMI-RMtz-005, UAMI-RMtz-006, UAMI-RMtz-007, UAMI-RMtz-008, UAMI-RMtz-009, UAMI-RMtz-010, UAMI-RMtz-011, UAMI-RMtz-012, UAMI-RMtz-013, UAMI-RMtz-014, UAMI-RMtz-015.

Localidad y posición estratigráfica: Los ejemplares proceden del estrato E-16, Y-03. Y-05 y Y-06 en los Reyes Metzontla, Formación Zapotitlán.

Descripción: La concha es de forma turritelada, grande con vueltas de la espira moderadamente cóncavas, las vueltas son más anchas que altas con una unión sutural bordeada por un cordón espiral, en el corte axial se observa una cavidad con cuatro pliegues, el pliegue columelar primario es poco profundo con terminación angular, el pliegue columelar secundario forma una ranura corta y subtriangular que divide al lóbulo parietal en dos. Ambos pliegues columelares tienen el mismo tamaño y se proyectan de la columna en forma de M. El pliegue labial es profundo, triangular y con terminación angular dirigida a la abertura. El pliegue parietal es profundo con terminación angular. El lóbulo labial es triangular y de la misma dimensión que el lóbulo parietal superior (Figura 10).

Tabla 2: Dimensiones del ejemplar de *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis* en cm.

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro mínimo	Altura del ejemplar (Fragmentario)	No de vueltas observadas
UAMI-RMtz-003 ⁽¹⁾	1.8	1.2	2.5	3
UAMI-RMtz-004 ⁽²⁾	2.5	2.3	4.1	3
UAMI-RMtz-005 ⁽³⁾	1.6	1.3	3.4	3
UAMI-RMtz-006 ⁽⁴⁾	1.22	0.83	3	5
UAMI-RMtz-007 ⁽⁵⁾	2.91	2.25	5.52	4
UAMI-RMtz-008 ⁽⁶⁾	2	1.3	4.1	4
UAMI-RMtz-009 ⁽⁷⁾	3.2	2.9	4.4	3
UAMI-RMtz-010 ⁽⁸⁾	2.88	2.32	5.63	5
UAMI-RMtz-011 ⁽⁹⁾	3	2.44	5.8	5
UAMI-RMtz-012 ⁽¹⁰⁾	1.9	1.46	3.12	3
UAMI-RMtz-013 ⁽¹¹⁾	1.4	0.8	3.2	6
UAMI-RMtz-014	2.05	1	4.9	5
UAMI-RMtz-015	4	-	3.7	2

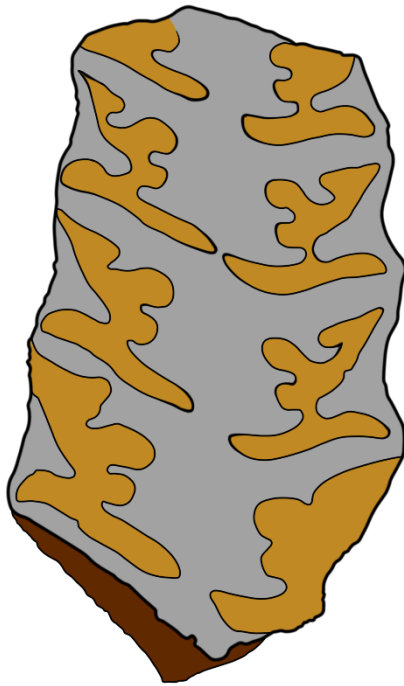


Figura 11: Dibujo interpretativo de *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis* (UAMI-RMtz-007) en corte longitudinal. La barra de escala representa 1 cm.

Discusión: Los ejemplares recuperados en Los Reyes Metzontla presentan caracteres que lo confinan al género *Ptygmatis*, especialmente con las especies *Ptygmatis tomasensis* y *Ptygmatis huetamoensis*. *P. tomasensis* fue originalmente reportada por Allison (1955) como *Nerinea (Plesioptygmatis) tomasensis*, describiéndola con la presencia de una concha alargada de perfil cóncavo, con la sutura flanqueada por dos cordones nodulosos irregulares. Esta morfología externa es similar a los ejemplares recolectados, sin embargo, la cavidad reportada en el holotipo presenta lóbulos parietales prominentes y un pliegue parietal ancho y profundo que no se adelgaza, así como un pliegue labial corto y poco profundo. En contraparte, los ejemplares de esta especie reportados posteriormente por Buitrón (1986) para Jalisco se asemejan más a los ejemplares de Los Reyes Metzontla, sin embargo, presentan un pliegue columelar primario más profundo y redondeado en la base y un lóbulo labial

más redondeado, a diferencia de los reportados en el presente trabajo que presentan un lóbulo labial triangular. En ambos casos, el pliegue columelar primario es al menos el doble de largo del pliegue columelar secundario.

P. huetamoensis fue reportado por primera vez por Buitrón y Rivera Carranco (1985), reconocida por la presencia de un pliegue parietal curvo profundo y estrecho con terminación angular y pliegue columelar secundario en forma de ranura corta y estrecha. Comparando con los ejemplares de Metzontla, *P. huetamoensis* comparte un lóbulo labial sub-triangular a diferencia de *P. tomasensis* que es sub-redondeado. No obstante, el pliegue columelar primario es considerablemente mayor al pliegue columelar secundario. Las diferencias anteriormente citadas se ven reforzadas con la revisión de ambas especies por Galicia (2016).

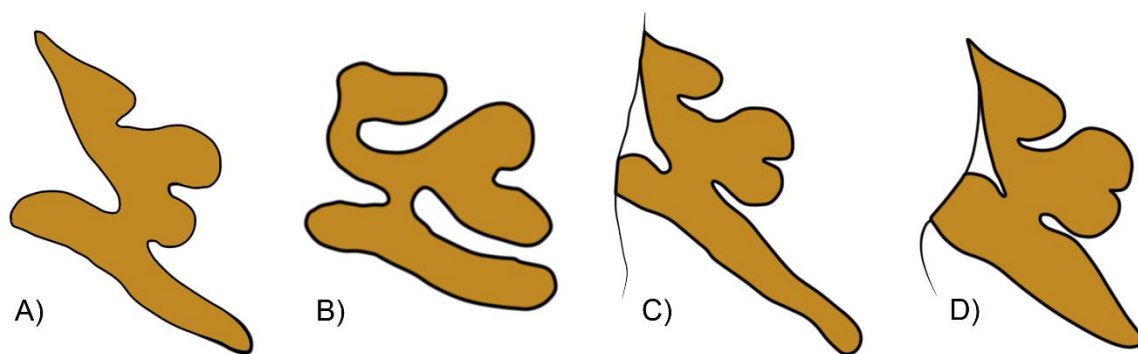


Figura 12: A) Ejemplar UAMI-RMtZ-007; B) Dibujo interpretativo del holotipo de *Ptygmatis tomasensis* (No. 3361), modificado de Allison (1955); C) *Ptygmatis tomasensis* (IGM-3857) reportado por Buitrón (1986); D) Holotipo de *Ptygmatis huetamoensis* (IGM-3893) reportado por Buitrón y Rivera Carranco (1985).

Esquemas no a escala.

A nivel biogeográfico, *P. tomasensis* está reportada para el Aptiano-Albiano de la Formación Alisitos, en Baja California (Allison, 1955; Jiménez Pacheco, 2015); para el Aptiano tardío-Albiano temprano de la Formación Encino en el Cerro de Tuxpan, Jalisco (Buitrón, 1986; Galicia, 2016; Cuadros Mendoza y Buitrón Sánchez, 2021). *P. huetamoensis* solo ha sido reportado para el Cenomaniano de la Formación Malpaso, Huetamo, Michoacán (Buitrón y Rivera Carranco, 1985; Galicia, 2016).

Alcance estratigráfico: Aptiano-Cenomaniano

Familia: Pseudonerineidae Pchelintsev, 1965

Lamina 2 A, B, C, E

Material: UAMI-RMtz-016, UAMI-RMtz-017, UAMI-RMtz-018, UAMI-RMtz-019, UAMI-RMtz-020, UAMI-RMtz-021, UAMI-RMtz-022, UAMI-RMtz-023, UAMI-RMtz-024, UAMI-RMtz-025, UAMI-RMtz-026, UAMI-RMtz-027, UAMI-RMtz-028, UAMI-RMtz-029

Localidad y posición estratigráfica: Los ejemplares proceden del estrato E-16, Y-05 y Y-06 en los Reyes Metzontla, Formación Zapotitlán.

Descripción: La concha es de tamaño medio a grande y es turritelada. Las vueltas son convexas. La abertura es semicircular. La primera vuelta no difiere significativamente del resto de las vueltas. No muestra ornamentación visible en la parte externa de la concha. En corte longitudinal no se observan pliegues, pero la cavidad es semicircular con un incipiente lóbulo labial en forma triangular y terminación angulada hacia la protoconcha (Figura 13).

Tabla 3: Dimensiones del ejemplar de Pseudonerineidae en cm.

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro mínimo	Altura del ejemplar (Fragmentario)	No de vueltas observadas
UAMI-RMtz-016 ⁽¹⁾	3.7	3.36	8.2	4
UAMI-RMtz-017 ⁽²⁾	3.63	2.6	6.65	4
UAMI-RMtz-018 ⁽³⁾	3.5	1.4	8.5	7
UAMI-RMtz-019 ⁽⁴⁾	3.38	1.9	8.4	6
UAMI-RMtz-020 ⁽⁵⁾	3.5	1.2	12	9
UAMI-RMtz-021 ⁽⁶⁾	3.7	2.56	11.11	6
UAMI-RMtz- 022A ⁽⁷⁾	3.62	2.4	11.25	7
UAMI-RMtz-022b	-	0.9	10.76	10
UAMI-RMtz-023 ⁽⁸⁾	4	1	11.72	8
UAMI-RMtz-024 ⁽⁹⁾	4.5	3.3	6.6	3
UAMI-RMtz-025 ⁽¹⁰⁾	4.4	3.3	5.83	2
UAMI-RMtz-026 ⁽¹¹⁾	3.4	2	8.9	5
UAMI-RMtz-027	3.36	2.1	6.4	6
UAMI-RMtz-028	3.7	2.3	6.9	5
UAMI-RMtz-029	4.3	3.1	9.5	5

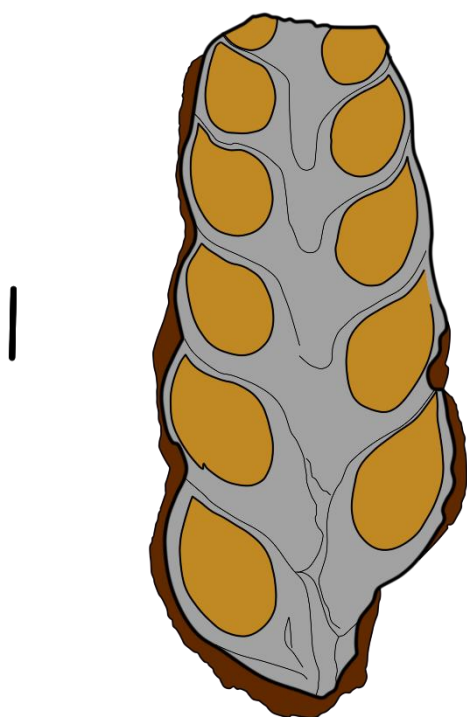


Figura 13: Dibujo interpretativo de *Pseudonerineidae*? (UAMI-RMtz-027) en corte longitudinal. La barra de escala representa 1 cm.

Discusión: Los ejemplares destacan por la sencillez de sus caracteres, vueltas levemente convexas con poca diferencia de tamaño entre cada vuelta, incluyedo el hombro, aunque este solo se pudo observar en un ejemplar (UAMI-RMtz-025). Esta descripción se acopla a los nerineoideos basales de la familia *Pseudonerineidae* y *Ceritellidae*. La mayoría de las especies de *Pseudonerinea* están principalmente descritas por sus caracteres externos, se distinguen por presentar vueltas rectas que hacia la apertura se vuelven parcialmente convexas, con un ángulo espiral que decrece en la ontogenia con al menos 9 vueltas (Kollmann, 2014). La mayoría de especies reportadas para este género son pequeñas (Allison, 1955; Kellum y Appelt, 1964; Wieczorek, 1979; Calzada, 1996; Kollman, 2001; Gründel *et al.* 2022; Gründel y Nützel, 2024), algunas excepciones como *Pseudonerinea clytia* pueden medir hasta 10 cm (Kollmann, 2014) como los reportados en este trabajo, además de presentar

cavidad semicircular con un incipiente lóbulo labial en forma triangular (Wieczorek, 1979), sin embargo, presenta una abertura ovada y no redondeada como los ejemplares de Los Reyes Metzontla. Características similares se reportan en la familia Ceritellidae, incluyendo una abertura redondeada en *Ceritella proctori*, pero presenta líneas de crecimiento fuertemente definidas en los ejemplares y cavidades ovaladas, pero no con un lóbulo labial triangular (Young, 1952). El género *Aphanoptyxis*, anteriormente confinado al género *Pseudonerinea andersoni* si presenta una cavidad con lóbulo labial triangular con una terminación angular muy marcada, no obstante, las vueltas en todo el género son fuertemente cóncavas con una carina adjunta a la sutura (Saul y Squires, 1998). Aunque en su revisión de la superfamilia Nerineoidea, Kollmann (2014) asigna a *Aphanoptyxis* a la familia Ceritellidae, recientemente Gründel y Nützel (2024) resaltan al género como de familia incierta.

Alcance estratigráfico: Jurásico Superior (Kimerigdiano)-Cretácico

Subclase CAENOGASTROPODA Cox 1960

Orden LITTORINIMORPHA Golikov y Starobogatov 1975

Familia NATICIDAE Guilding, 1834

Género: *Prisconatica* Gabb, 1877

Prisconatica pedernalis (Roemer, 1849)

Lamina 2 D

Material: UAMI-RMtz-030, UAMI-RMtz-031, UAMI-RMtz-032, UAMI-RMtz-033.

Localidad y posición estratigráfica: Los ejemplares procedentes del estrato E-19, Y-11 y Y-12 en los Reyes Metzontla, Formación Zapotitlán.

Descripción: La concha es grande, de forma ovoide y con alargamiento oblicuo. Todos los ejemplares se encuentran fragmentados y el mejor conservado solo se observan cuatro vueltas con un aumento progresivo de tamaño, con espira corta y un hombro predominante, conformando $\frac{3}{4}$ del tamaño total de la concha y plano a los lados, con ombligo pequeño y una apertura fragmentada que no es observable en ninguno de los fósiles recolectados.

Tabla 4: Dimensiones de *Prisconatica pedernalis* en cm.

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro mínimo	Altura del ejemplar (Fragmentario)	No de vueltas observadas
UAMI-RMtz-030	7	2.2	6	3
UAMI-RMtz-031	3.5	1.5	4.7	2
UAMI-RMtz-032	3.05	0.7	4.4	3
UAMI-RMtz-033	-	-	5.5	1

Discusión: Cabe destacar que la taxonomía de los natícidos actualmente es confusa y requiere un estudio detallado para resolver las fuertes discrepancias y ambigüedades en torno a los géneros reconocidos e invalidados. Esta situación afecta especialmente

a los géneros *Lunatia*, *Natica*, *Euspira* y *Prisconatica*. La especie referida en este trabajo fue descrita originalmente bajo el nombre de *Natica pedernalis* por Roemer (1849) para el Albano del Rio Pedernales, Texas, EUA, posteriormente referido a *Lunatia pedernalis* a mediados del siglo XIX. Hasta entonces y por gran parte del siglo XX, no hubo mayores cambios en el género *Lunatia*, incluyendo la única especie reportada para los depósitos mesozoicos del sur de Puebla, entre ellos *Natica omecatli* de la Formación San Juan Raya considerada como sinónimo de *Lunatia preagrandis* por Alencaster de Cserna (1956). La aparente estabilidad del género se vería afectada por una revisión extensiva a la familia Naticidae realizada por Kabat (1991), donde evalúa a *Lunatia* como sinónimo de *Euspira*. Por su parte, revisando los gasterópodos naticiformes del Cretácico de Norteamérica, Squires y Saul (2004) discuten en extenso la condición taxonómica de “*L. pedernalis* y *L. preagrandis*”, considerando su reasignación al género *Prisconatica*, resaltando la confusión histórica al momento de diferencias a *Lunatia*, *Natica* y en menor medida a *Tylostoma* de *Prisconatica*, así mismo determina que no puede sinonimizar *Lunatia* con *Euspira* porque este último en su especie tipo difieren en la protoconcha, destacan así mismo, que *Prisconatica* se diferencia de *Lunatia* y *Euspira* por tener forma de lágrima y carecer de callo umbilical. Por estas observaciones y comparaciones con varios ejemplares fósiles de los géneros evaluados, así como por los estatutos del código de nomenclatura zoológica, designan a “*Lunatia pedernalis*” como la especie tipo del género.

En contraparte, una publicación reciente de Torigoe e Inaba (2011) considera como a *Lunatia* con el subgénero *Natica* a partir de la revisión de naticidos modernos, no

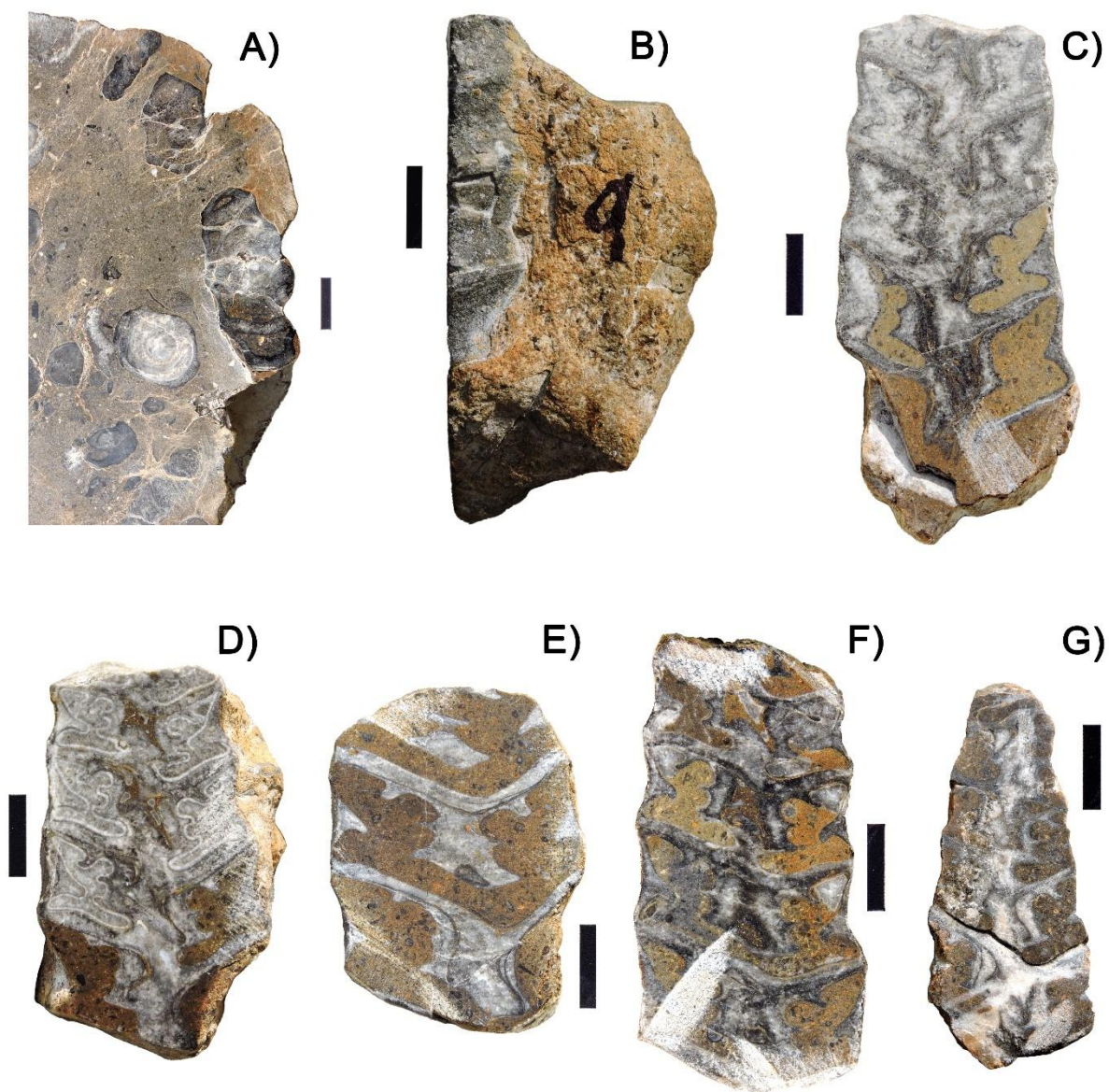
obstante, cabe destacar que la propuesta más reciente no es aceptada actualmente por la MolluscaBase (2025A), base de datos especializada en el registro de especies de moluscos recientes y extintos. Esta misma institución (MolluscaBase, 2025B) registra el género *Prisconatica* con el estatus de incierto y necesidad de revisión.

Esta historia taxonómica es reflejo en la dificultad de diferenciar los géneros *Lunatia* y *Natica* por caracteres morfológicos, especialmente en organismos fósiles. En base en lo anterior, para fines de este trabajo se usa la clasificación propuesta por Squires y Saul (2004) debido a que, no hay registro de su implementación en trabajos posteriores debido a que no hay reportes de la especie en trabajos arbitrados desde el 2004, es el único trabajo que profundiza en la taxonomía de *Prisconatica pedernalis* revisando material fósil contemporáneo al reportado en la presente tesis, a diferencia de Torigoe e Inaba (2011). Además, no se considera la clasificación de la MolluscaBase por no presentarse en un trabajo indexado a pesar de su carácter universal y por no referir en particular a “*Lunatia pedernalis*” o “*Natica pedernalis*” en sus registros.

Tomando en cuenta lo anterior, varios de los ejemplares recolectados están fragmentados, sin embargo, los más completos difieren morfológicamente de la especie *Prisconatica preagrandis* reportada para la Formación Zapotitlán por Alencáster de Cserna (1956) y Hernández Lascares y Buitrón (1992). *P. preagrandis* se reconoce de especies similares por presentar una concha grande y casi esferoidal, a diferencia de *P. pedernalis* que tiene una concha ovoide a lacrimal con un hombro plano lateral, característica especialmente notable en el ejemplar UAMI-RMtz-30.

P. pedernalis es reportada para el Albiano de la Formación Glen Röse en Texas, Estados Unidos de America (Stanton, 1947), para el Aptiano de Chihuahua (Almazán 1990), así como para el Aptiano de Arivechi, Sonora (Heilprin, 1890; Reyes Montoya, 2015) y para el Aptiano-Albiano de Tamazula y Soyatlán, Jalisco (Buitrón-Sánchez y López-Tinajero, 1995; Buitrón-Sánchez y Gómez Espinosa, 2003)

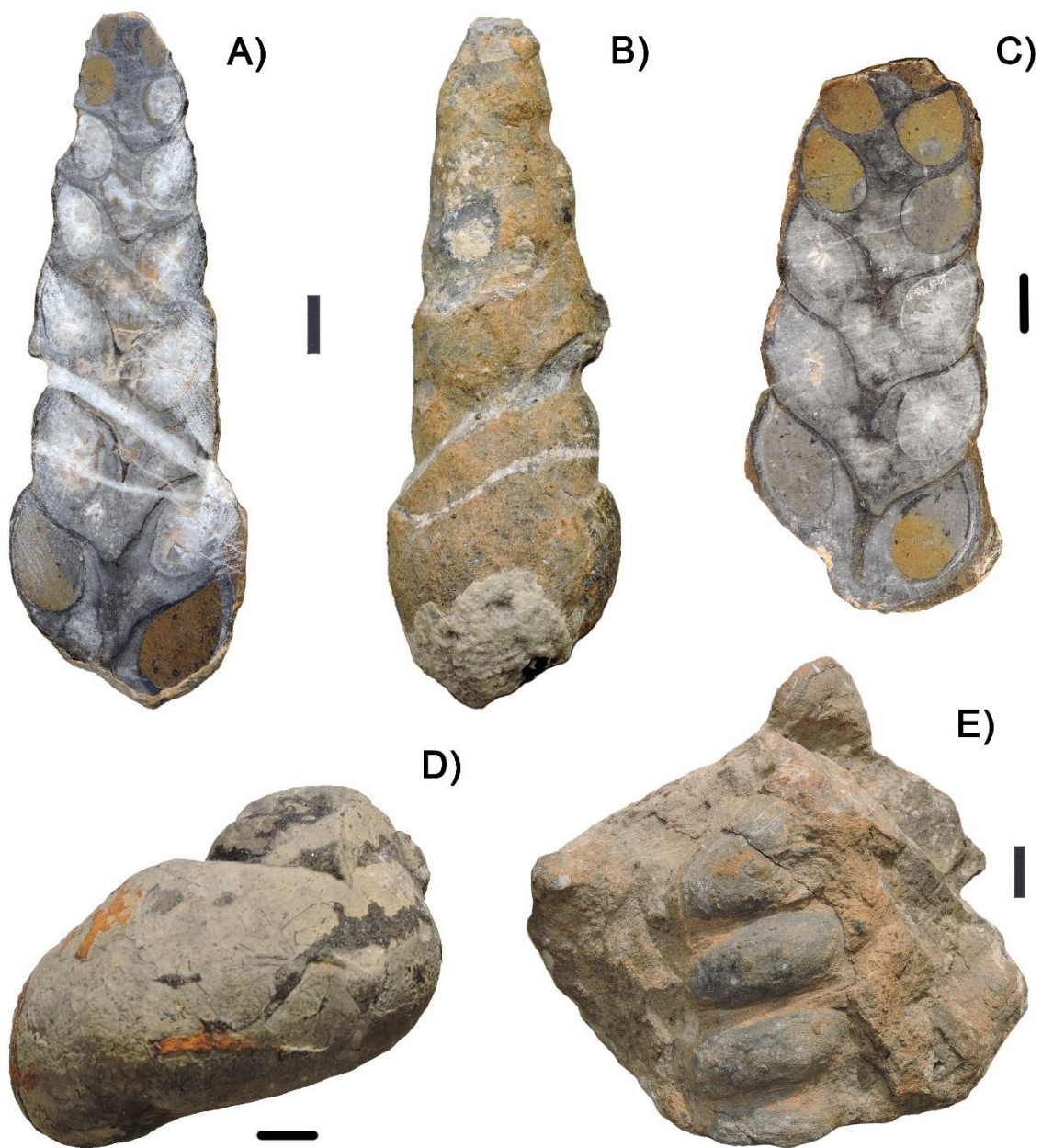
Alcance estratigráfico: Aptiano-Albiano



Lamina 1: Gasterópodos recuperados en Los Reyes Metzontla, escala 1cm.

Pchelincevia coquandiana: A) UAMI-RMtz-001.

Ptygmatis cf. *P. tomasensis*: B y C) UAMI-RMtz-011, D) UAMI-RMtz-007, E) UAMI-RMtz-009, F) UAMI-RMtz-010, G) UAMI-RMtz-014



Lamina 2: Gasterópodos recuperados en Los Reyes Metzontla, escala 1cm.

Pseudonerineudae: A y B) UAMI-RMtz-018, C) UAMI-RMtz-029, E) UAMI-RMtz-034.

Pricosnatica pedernalis: D) UAMI-RMtz-030.

Tabla 5: Distribución paleobiogeográfica y temporal de las especies reportadas en el presente trabajo. Hau: Hauteriviano,

Bar: Barremiano, Ap: Aptiano, Al: Albiano, Cen: Cenomaniano.

Especies	México										Rango estratigráfico	Cen	Al	Ap	Bar	Hau	Cen	Al	Ap	Bar
	Baja California	Chihuahua	Sonora	Jalisco	Colima	Guerrero	Puebla	Oaxaca	Michoacán	Estados Unidos de América										
<i>Pchelincevia coquandiana</i>								X					X					X		
								X	X		X				X					
					X	X	X	X	X		X									
							*		X					X						
									X											
<i>Ptygmatis tomasensis</i>																				
	X			X																
	X			X																

Tabla 5: Continuación. Hau: Hauteriviano, Bar: Barremiano, Ap: Aptiano, Al: Albiano, Cen: Cenomaniano.									
Rango estratigráfico	Cen	Al	Ap	Bar	Hau	Cen	Al	Ap	Bar
Japón									
Pakistán									
Somalia									
Túnez									
Marruecos									
Serbia									
Líbano									
Rumania									
Italia									
Suiza									
España									
Francia									
Estados Unidos de América						X			
México	Michoacán	X							
	Oaxaca								
	Puebla							*	
	Guerrero								
	Colima								
	Jalisco						X	X	
Especies	Sonora							X	
	Chihuahua							X	
	Baja California								
<i>Ptygmatis huetamoensis</i>						<i>Prisconatica pederalis</i>			

OBSERVACIONES TAFONÓMICAS Y BIOESTRATIGRÁFICAS.

Los gasterópodos en la localidad “E” (E-16, Figura 5, Tabla 6, Anexo-4) se encuentran preservados preferentemente en un único estrato. En su continuidad horizontal es posible observar las especies *Pchelincevia coquandiana*, *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis*, y Pseudonerineidae, estos últimos siendo los más abundantes.

Todo el estrato está conformado por una caliza fosilífera. A nivel macroscópico se observan clastos soportados por la matriz del 15 al 20% de la composición. Los clastos en asociación directa con los fósiles no sobrepasan los 1.5 mm de diámetro, son de sub-redondeados a redondeados, están moderadamente clasificados con tamaños diversos de arena, desde muy gruesa hasta muy fina. En un solo bloque de 7x7x6.5 cm se observa que el acomodo de los gasterópodos no presenta un arreglo preferencial. Esta capa en particular destaca por un gradiente en la presencia de los fósiles. Al centro del yacimiento, son más abundantes los restos de Pseudonerineidos, clasificados por su gran tamaño. alejándose aproximadamente 5 metros, empiezan a intercalarse con ejemplares de *Pchelincevia coquandiana* y *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis*, estos últimos volviéndose más abundantes, pero disminuyendo considerablemente sus dimensiones al alejarse en la continuidad horizontal del estrato, en esta sección se observaron solo tres turritélidos de menos de un cm de largo, siendo sumamente escasos y las únicas evidencias de gasterópodos de menos de tres centímetros de largo. Llega el punto en el cual disminuye la densidad de ejemplares hasta desaparecer.

Todos los ejemplares observados en campo y recolectados para el trabajo de gabinete presentan una anatomía incompleta, se encuentran fragmentados con la ausencia absoluta del ápice, hombro y abertura. Solamente un ejemplar de *Pseudonerineido* (UAMI-RMtZ-025) presentó el hombro y la apertura, pero se encuentra tan fragmentado que solo presenta una vuelta. Por otra parte, y exceptuando los fósiles que fueron encontrados ya separados de su matriz y parcialmente meteorizados, no se observa evidencia de desgaste en su superficie que impida observar la presencia o ausencia de ornamentación. Cabe destacar que el estrato mencionado anteriormente se encuentra fuertemente fracturado. El espécimen UAMI-RMtZ-023 es un ejemplo de esta situación.

La localidad Y, en cambio, a pesar de también presentar afecciones geológicas, puede observarse con mayor claridad la naturaleza de sus estructuras sedimentarias. Las capas Y-3 y Y6 (Figura 7, Tabla 7, Anexo 5) se destacan por la presencia de una gran cantidad de gasterópodos fósiles sobreyacidos por conglomerados. El estrato Y-3 presenta pequeños gasterópodos *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis* sin acomodo preferencial, toda la capa está fuertemente intemperizada, por lo que es poco claro a simple vista reconocer los gasterópodos. Sobreyaciendo los fósiles, se encuentran un conglomerado formado por clastos de subangulosos a subredondeados, de composición litológica diversa no mayores a un centímetro de diámetro. Aunque no se pudo tomar una muestra para determinar la naturaleza de los clastos, la respuesta diferenciada ante el intemperismo químico revela la diversidad de su composición (Figura 15).



Figura 15: Y-4, Conglomerado conformado por clastos subredondeados a subangulosos de no más de 1 cm de diámetro que sobreyacen a restos de gasterópodos fuertemente intemperizados.

El estrato Y-5 está conformado por gasterópodos fuertemente intemperizados por factores recientes, por lo que no deja ver de forma clara, sin embargo, en una parte menos afectado por los elementos se observa que está conformado por restos de Pseudonerineidos, *Pchelincevia coquandiana* y *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis*, en un acomodo no preferencial.

El estrato Y-6 es el que muestra con mayor claridad la naturaleza de la conservación de los gasterópodos, en un espesor de 56 cm, se observa en el tercio superior la presencia de *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis* sin ápice y apertura, en asociación de clastos

subangulosos soportados por la matriz calcárea, conformando entre un 20 a un 30% del material. Su arreglo no parece presentar dirección preferencial como los otros estratos anteriormente mencionados. Los dos tercios inferiores muestran una disminución sustancial de los clastos, así como la desaparición de los fósiles. En su contacto inferior, es prácticamente imposible distinguir algún clasto a simple vista (Figura 16). Los clastos que sobreyacen los restos fósiles son angulosos a subangulosos, pobremente clasificados, con fragmentos de hasta 5 cm de diámetro, conforman más del 50% de la composición de la capa (Figura 11).



Figura 16: Y-6. Estrato gradado con la presencia de *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis* sin un acomodo preferencial, destaca como disminuye el tamaño de grano conforme se aproxima al límite inferior del estrato.



Figura 17: Conglomerado formado por clastos angulosos a subangulosos que sobreyacen la estratificación gradada presentada en la figura 14.

Tabla 6: Distribución a lo largo de la columna de las especies en la localidad E				
Localidades	<i>Pchelincevia coquandiana</i>	<i>Ptygmatis</i> cf. <i>P. tomasensis</i>	Pseudonerineidae	<i>Prisconatica pedernalis</i>
E-19	X	X	X	X
E-18				
E-17				
E-16				
E-15				
E-14				
E-13				
E-12				
E-11				
E-10				
E-9				
E-8				
E-7				

Tabla 7: Distribución a lo largo de la columna de las especies en la localidad Y				
Localidades	<i>Pchelincevia coquandiana</i>	<i>Ptygmatis</i> cf. <i>P. tomasensis</i>	<i>Pseudonerineidae</i>	<i>Prisconatica pedernalis</i>
Y-16	X			
Y-15				
Y-14				
Y-13				
Y-12				X
Y-11				X
Y-10				
Y-9				
Y-8				
Y-7				
Y-6		X	X	
Y-5		X	X	
Y-4				
Y-3		X		
Y-2				

IX) DISCUSIÓN

AMBIENTE DE DEPÓSITO Y RELACIÓN RESPECTO A LA TAFONOMÍA DE GASTERÓPODOS

Ambiente de depósito de la Formación Zapotitlán.

Un componente importante para explicar los procesos que llevaron a una gran acumulación de restos de gasterópodos en un único estrato dentro de la zona de estudio, es la clara determinación del ambiente de depósito en el cual se formó la Formación Zapotitlán.

La petrografía de las láminas en sección delgada destaca rocas carbonatadas soportadas por matriz micrítica, las cuales se ven acompañadas por la presencia de foraminíferos bentónicos y gran cantidad de resto calcáreos parcialmente fragmentados procedentes de las estructuras biológicas de diferentes organismos marinos asociados principalmente a ambientes litorales y sistemas arrecifales, como bivalvos, equinodermos y especialmente gasterópodos, donde las formas turriteladas tendieron a enterrarse en el sedimentos suaves por movimientos violentos efectuados con su pie musculoso (Barnes, 1985, Hernández Láscars, 2023). Resaltan la ausencia de depósitos de areniscas en las secuencias estudiadas, así como organismos capaces de formar sistemas arrecifales como corales o rudistas. De igual manera, los pocos bivalvos observados se encuentran completamente fragmentados o como mínimo, sin su valva contigua, lo que sugiere su arrastre postmortem.

El conjunto de evidencias sugiere un depósito de plataforma continental post arrecifal, con un ambiente de depósito de baja energía que permitió la formación de calizas masivas al inicio de la secuencia estratigráfica. Se descarta un ambiente de mar profundo por constancia en la presencia de fósiles de ambientes costeros en detrimento de especies de ambientes de mar profundo, de la ausencia de organismos pelágicos, la ausencia de precipitación de nódulos o concreciones minerales como manganeso, hierro o fosforo, así como por la ausencia de nódulos de pedernal y estructuras sedimentarias de corrientes de turbidez como laminación inclinada (Reineck y Singh, 1975; Ponce *et al.* 2018).

Ya Alencáster (1956) infiere un ambiente costero a poco profundo para la Formación Zapotitlán y la Formación San Juan Raya. Posteriormente, varios autores interpretan la Formación Zapotitlán como un depósito de plataforma somero con aportes terrígenos próximos de la costa, disminuyendo su profundidad durante el Intervalo de tiempo desde su deposición (Barceló-Duarte, 1978; Bermúdez Santana *et al.* 1987; Juárez Arriaga y López Palomino, 2007; Castillo Reynoso y Martínez de la Paz, 2011; Rodríguez Carlos *et al.* 2023).

Formación del estrato fosilífero con gran concentración de gasterópodos

Con respecto al estrato con gran presencia de gasterópodos nerineidos, las características litológicas no coinciden con los estratos contiguos y reflejan claramente la aparición de un evento repentino que cambió la naturaleza de los depósitos. Se observaron en las láminas en sección delgada una roca esparítica con soporte de grano, conformada por clastos subangulosos a angulosos con restos orgánicos y litológicos parcialmente compactados y vueltos a depositar en el estrato. Los fósiles presentan un acomodo preferencial y tienen poca evidencia de desgaste en su superficie, pero si se encuentran fragmentados en la protoconcha y la abertura secciones más susceptibles al intemperismo, Finalmente se observa un cambio de facies que lleva de una estratificación laminar a un estrato gradado coronado por el depósito de nerineidos. Existen dos procesos geológicos en ambientes marinos que pueden generar este tipo de depósito, los depósitos turbidíticos que culminan con la formación de una turbidita y los depósitos tempestíticos o de tormenta que forman tempestitas.

En términos generales, las turbiditas se forman por corrientes de alta densidad y velocidad, denominadas corrientes de turbidez. Se pueden dar por procesos gravitacionales en cañones submarinos o en el momento en que se encuentran dos masas de agua de diferente densidad, donde la masa de mayor densidad fluirá por debajo de la de menor densidad, acarreando sedimentos a su paso (Reineck y Singh, 1975). Este tipo de depósitos se caracterizan por presentar una estratigrafía gradada y laminación comúnmente, base del estrato bien definida con rizaduras y un techo no

bien definido, biota considerada alóctona o redepositada de ambientes litorales o de aguas poco profundas en detrimento de fósiles autóctonos propios de ambientes pelágicos o de aguas profundas, así como el reconocimiento de estructuras sedimentarias típicas de las secuencias del modelo Bouma o el modelo Meischner (Reineck y Singh, 1975; Flügel, 2010):.

La secuencia Bouma ideal forma un intervalo específico de cinco unidades, desde la base de la columna al techo: 1) intervalo gradado; 2) Intervalo menos de laminación paralela; 3) Intervalo de mascar laminas de corrientes; 4) intervalo superior de laminación paralela y 5), Intervalo pelágico, con una disminución en la cantidad de arenas por granos más finos. Las variaciones en la secuencia observada responden a la distancia de origen de la corriente de turbidez, a mayor distancia menos estructuras aparecerán.

Por otra parte, la secuencia Meischner inicia con una secuencia micritica o de marga con pequeños clastos (zona 0) seguida por una fase principal o fase uno, compuesta por una caliza con gradación de fósiles y litoclastos de aguas poco profundas con alto grado de clasificación conforme se sube en la secuencia, seguido por una micrita de grano fino y una leve laminación con clastos angulosos. La zona 2 se diferencia por una micrita con planos de laminación densamente espaciados con ondulitas. Termina en una zona 3 con marcas bidireccionales de flujos intermitentes entre arenas y limo-arcillas (textura Flaser)

En contraparte, los depósitos tempestíticos o de tormenta se forman cuando eventos de alta energía originados por ciclones tropicales o huracanes, generan olas y corrientes que afectan el suelo marino y re trabajan los restos y sedimentos, durante su paso puede arrastrar restos de seres vivos. Las rocas producto de estos depósitos son conocidas como tempestitas y su formación se ve influenciada por la densidad de los flujos, el efecto de las corrientes geostróficas y la oscilación de las olas (Myrow y Soutjard, 1996; Flügel, 2010). El espesor de estos depósitos puede variar de pocos milímetros a varias decenas de centímetros, presentan en una secuencia ideal una base de ondulitas sobreasada por marcas de erosión y la resedimentación de grano grueso y restos orgánicos, seguida por laminaciones paralelas, cruzadas y terminando en la formación de lutitas y/o areniscas. Puede ocurrir que las estructuras sedimentarias en la base y en el techo difieran levemente a las descritas anteriormente. A nivel de microfacies pueden distinguirse diferentes tamaños de grano en las capas inferior y superior a la capa observada, presentan estratificación gradada, clastos micríticos e interclastos de milímetros a centímetros en wackestone, packstone y grainstone indicando redeposición, extraclastos no carbonatados representados, clastos conglomeráticos aplanados. Los fósiles presentes en estos depósitos difieren significativamente de las capas superiores e inferiores, se encuentran ordenados de forma aleatoria, en una matriz de textura packstone a grainstone con conchas desarticuladas, bien preservadas sin presencia de abrasión, bioerosión o incrustaciones (Flügel, 2010).

Por su origen, tanto las turbiditas como las tempestitas son clasificadas como depósitos de evento o “eventitas” (eventstone), caracterizadas por ser procesos de sedimentación a corto plazo por un fenómeno concreto. Es natural que, como se recopila anteriormente, presenten similitudes, sin embargo, pueden diferenciarse. Las tempestitas presentan rizaduras multidireccionales, estratificación cruzada y ausencia de facies y fósiles de mar profundo, en la zona proximal del depósito presenta una amalgamación pronunciada, en contraparte, las turbiditas presentan rizaduras unidireccionales, mezcla entre fósiles de aguas someras y aguas profundas (Einsele *et al.* 1991). Los criterios para diferenciarlos se resumen en la tabla 8.

Tabla 8: Criterios para distinguir tempestitas de turbiditas (modificado de Einsele *et al.* 1991)

		Tempestita	Turbidita
Estructuras sedimentarias	Ondulitas y ondulitas en estratificación cruzada	Común	Ausente
	Estratificación cruzada jorobada	Común	Ausente
	Marcas de corriente	Bidireccional	Unidireccional
Biofacies	Comunidades bentónicas (en la intercalación de sedimentos)	De aguas someras.	Principalmente representando comunidades de aguas profundas
	Restos fósiles desplazados por el evento	Solo especies de aguas someras	Especies de aguas someras y aguas profundas
	Presencia de fauna autóctona	Fauna similar al evento previo	Colonización episódica de fauna regresando a las condiciones previas.
Contexto estratigráfico	Amalgamación.	Muy común	Poco común
	Continuidad en el horizonte del estrato	Principalmente limitado	Presente a grandes distancias
	Espesor de la secuencia	Limitado, asociado con facies de aguas someras	En general grande, asociado a facies de aguas profundas

Igualmente las grandes acumulaciones de gasterópodos observadas en la localidad E e Y (Figuras 5 y 7), corresponden de mejor manera con la descripción de una tempestita debido a encontrarse en una formación de ambiente somero post-arrecifal, presentar fauna propia de estos ambientes, un acomodo no preferencial de los organismos, con una roca en sección delgada con textura grainstone y señales claras de redepositación de clastos, una extensión moderada de los restos que rápidamente, a alejarse del evento principal, disminuye el tamaño de los restos fósiles hasta dejar de ser perceptibles en menos de 30 metros en el horizonte del estrato, además que incluyen en algunos casos restos de foraminíferos bentónicos que se pueden observar posteriormente en la secuencia estratigráfica.

Dentro de la clasificación de las tempestitas se considera como una tempestita carbonatada proximal por la presencia de un depósito considerablemente grueso (20 cm), dominada por bioclastos, una fuerte amalgamación de granos en las láminas en sección delgada, en algunas muestras en mano, se observa que la roca está compuesta por al menos dos secuencias de sedimentos distinguibles por su color y por la presencia de una facie con marcas de corriente indicando erosión en más de una dirección (Flügel, 2010).

Registro de tempestitas en México

Aunque la formación e identificación de tempestitas se ha llevado a cabo durante varias décadas y ya Myrow y Soutjard debaten métodos para su identificación en 1996. Son pocos los registros publicados en México, al menos en ambientes sedimentarios antiguos.

El primer reporte se da para un depósito del Eoceno temprano-medio de la Formación Tepetate en Baja California Sur (Carreño *et al.* 2000). Los autores describen la bioestratigrafía de la zona, resaltan la presencia de ciclos transgresivos y regresivos del nivel del mar, así como depósito de secuencia y capas con depósitos de tormenta en la sección media, y siguieron un evento de alta energía que redepositó macroforaminíferos en un evento de alta energía relacionado con una tempestita, aunque no profundizan en la descripción.

Posteriormente, Aguilera Franco y colaboradores (2011) describen formalmente el primer reporte de tempestitas para el Tithoniano-Kimmerigdiano del sur de México. Los autores estudian 48 sitios principalmente en el Estado de Tabasco y Chiapas. Observaron una serie de depósitos de tormenta formando tempestitas calcáreas formadas por packstone a grainstone de ooides, con bioclastos de saccocómidos, equinodermos, foraminíferos bentónicos, algas calcáreas y corales, así como fragmentos de briozoarios y moluscos. Para determinar la naturaleza de los depósitos, evalúan en detalle las litofacies y microfacies.

Finalmente, Cadena-González *et al.* (2023) reportan el redepósito de equinoideos cretácicos en rocas del Paleoceno temprano en Arroyo Amargos, Coahuila. Los autores pudieron determinar la presencia de *Hardouninia mortonis*, equinodermo típico del Cretácico Superior, que, por un evento de tsunami, fue separado de su posición original después del evento de extinción masiva del límite K/Pg. Asociado al equinoideo, se observaron amonitas en un estrato con estructuras de canal en una arenisca microclonglomerática. Por lo que sería el tercer depósito de tormenta reportado.

El registro que se hace actualmente para la Formación Zapotitlán en el estado de Puebla corresponde al cuarto registro confirmado de una tempestita en territorio mexicano.

Determinación tafonómica

La determinación de un origen por un depósito de tormenta tiene importantes implicaciones tafonómicas para el fenómeno de interés. La evidencia de sedimentos re TRABAJADOS y redepositados por un evento a corto plazo, donde se incluyen en los sedimentos amalgamados a restos fósiles fragmentarios, indica que la asociación observada entre *Ptygmatis. cf. P. tomasensis*, *P. coquandiana* y los pseudonerineidos es en realidad una asociación por enterramiento y no refleja necesariamente una realidad biológica, llegando al punto donde se pierden gran parte de la comunidad original, a pesar de ser organismos de ambientes de aguas someras como ambiente de depósito de la formación que los contienen. Destaca las condiciones de preservación de las conchas, todas ellas fragmentadas de la protoconcha y la abertura, lo que sugiere que fueron transportados después de la pérdida de tejidos blandos que pudieran ayudar a mantener la cohesión de la concha calcárea. Por este motivo se determina que ésta es una tafocenosis, es decir, una asociación producida por un fenómeno que los enterró al mismo tiempo aun cuando no tuvieron la misma muerte o vivieron en el mismo momento (García y Contreras, 2014).

BIOESTRATIGRAFÍA DE LOS GASTERÓPODOS E IMPLICACIONES EN LA EDAD DE LA FORMACIÓN ZAPOTITLÁN.

Los fósiles han sido usados desde hace tiempo para la determinación de edades, son claves para la interpretación del pasado desde la paleontología y la geología. Algunos taxones por su amplia distribución geográfica y alcance estratigráfico bien definido son considerados como fósiles índices.

Los Nerineidos son un grupo de gasterópodos restringido a la segunda mitad de la era Mesozoica, dependiendo de los autores se considera su aparición en el Jurásico Inferior o Superior, y un límite estratigráfico final en el evento de extinción del Cenomaniano Tardío (Kollmann, 2014). Debido a este rango, son considerados en la literatura como fósiles índice para estas edades (Buitrón y Barceló-Duarte, 1980) especialmente por su gran abundancia en las zonas donde son preservados y su fuerte asociación con los arrecifes formados por rudistas durante el Cretácico a lo largo del antiguo mar de Tethys (Kollmann, 2014).

El caso particular de *Pchelincevia coquandiana* (Anteriormente referido como *Adiozoptyx coquandiana*) es relevante para el estudio, ya que es una de las especies de Nerineidos más utilizada como fósil índice para el Barremiano hasta el Aptiano (Buitrón y Rivera-Carranco, 1985). No obstante, Rodríguez Moreno (2019) discute en su tesis la necesidad de afinar la identificación de especies dentro de esta familia, debido a que, en algunos trabajos anteriores, su diagnosis llega a ser incompleta o contradictoria. Por este motivo considera necesario reevaluar trabajos anteriores a

nivel mundial para determinar con mayor precisión no solo la distribución de *Adiozoptyxis* y otras especies de Nerineidos, sino también su alcance estratigráfico real, para dar mayor precisión a futuros estudios bioestratigráficos.

Considerando las aclaraciones anteriores, diferentes autores (Buitrón, 1981; Buitrón y Rivera-Carranco; 1985; Omaña *et al.* 2012; Galicia, 2016) consideran que la biozona de *Pchelincevia coquandiana* (*Adiozoptyxis coquandiana*) abarca desde el Hauteriviano hasta el Albiano a nivel mundial. En el marco de la geología de Los Reyes Metzontla, esto va en línea con la revisión publicada en el Léxico Estratigráfico de México por Juárez-Arriaga y López-Palomino (2007), donde concluyen que, considerando los datos publicados, la edad más plausible para Formación Zapotitlán es Barremiano. No obstante, la presencia de *Prisconatica pedernalis*, especie confinada en su distribución al Aptiano-Albiano de Norteamérica (Heilprin, 1890; Stanton, 1947; Almazán 1990; Buitrón-Sánchez y López-Tinajero, 1995; Reyes Montoya, 2015; Buitrón-Sánchez y Gómez Espinosa, 2003), amplia considerablemente la edad de la secuencia a depósitos del Albiano. Es importante resaltar que los restos de *Prisconatica pedernalis* se encuentran consistentemente en los estratos superiores a los depósitos de tempestitas con nerineidos (Figura 5 y7), indicando que aparecen posteriormente en el tiempo, limitando así una Biozona con *P. coquandiana* asociada al Barremiano-Aptano y una Biozona con *P. pedernalis* del Aptiano (Figura 17). Se limita el alcance debido a la presencia de *Choffatella decipiens* con un alcance máximo al Aptiano (véase anexo 6)

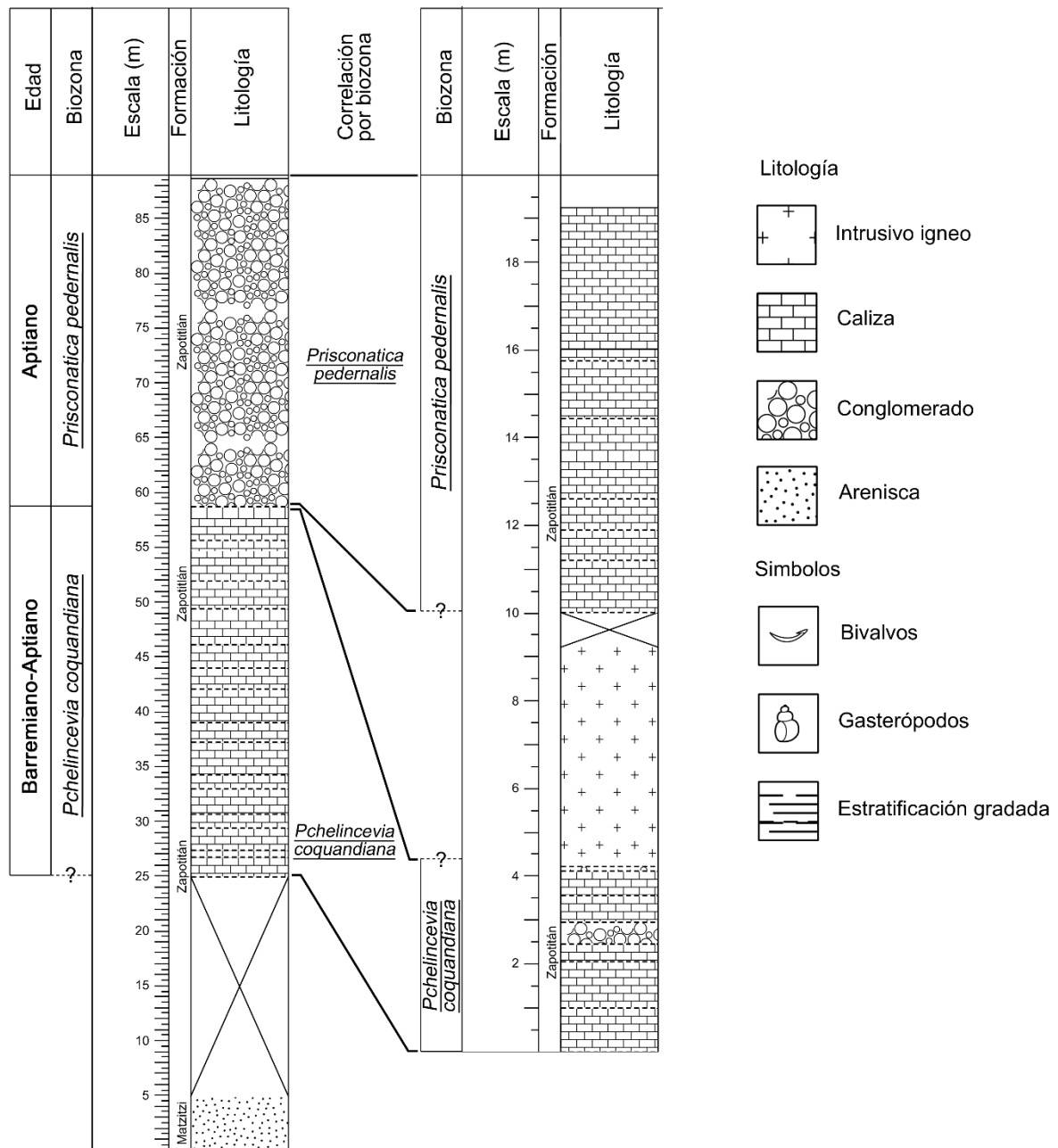


Figura 17: Correlación bioestratigrafica entre las localidades E e Y en base a la presencia de gasterópodos *Pchelincevia coquandiana* y *Prisconatica pedernalis*, Se hace énfasis en la distribución temporal y rango estratigráfico de ambas especies, que corresponde a su secuencia de depósito.

Es importante resaltar que en los mismos niveles estratigráficos de *P. coquandiana*, fueron recuperados de forma consistente los ejemplares de *Pygmatys* cf. *P. tomasensis* y pseudonerineidos, sin embargo, debido a no poder determinarse a nivel de especie, no se tomaron en cuenta para la biozonación en el presente estudio.

Las dos discrepancias más relevantes para esta asignación son dos trabajos: En primera instancia, Alencáster y Hernández Lascars (1991). Inicialmente consideran una edad Neocomiana (nombre en desuso que incluye al Barremiano) para esta zona de Los Reyes Metzontla, no obstante, reportan la presencia de *Pachyrismella* y *Trichites* del Jurásico Superior, ampliando el rango de edad en la zona. Por la naturaleza del medio donde se publicó, no existen detalles claros sobre los puntos de recolecta y si estos ejemplares corresponden a un mismo punto o a diferentes zonas, de igual manera carece de una columna estratigráfica que pueda compararse por lo que no es posible dar precisión al reporte; En segundo término, Omaña *et al.* (2024), reporta nuevamente la presencia de *Trichites*, así como los foraminíferos *Pseudospirocyclus mauretanicus*, *Choffatella tingitana*, *Pseudocyclammina lituus*, *Everticyclammina virguliana*, *E. praekelleri*, *Rectocyclammina chouberti*, *Mesoendothyra croatica*, *Nautiloculina oolitica*, *Siphovalvulina variabilis*, y *Coscinoconus alpina*, típicos del Kimmeridgiano (Jurásico Superior). En este caso, aunque la información es considerable para determinar la edad, litológicamente describen una secuencia estratigráfica compuesta por una intercalación de calizas y areniscas con componentes líticos de cuarzos y feldespatos, así mismo, no se presenta una columna estratigráfica detallada, donde no se reconoce con claridad los

puntos de recolecta y el contacto inferior y superior del área de estudio. Con estas discrepancias, esta secuencia con presencia de areniscas no fue observada en los depósitos de las localidades E e Y del presente trabajo. Uno de los autores (Hernández Lascares, comunicación personal 2025) refiere el punto de recolecta para los ejemplares de *Trichites* sp. en una zona altitudinalmente más baja al área de estudio, próximo al poblado de San José Dixinado.

Con esta información, se puede inferir dos escenarios que explican estas discrepancias, el primero es que el trabajo con foraminíferos grandes se realizó en una unidad que se encuentra en contacto con los depósitos estudiados y corresponda a una formación en contacto inferior con la Fm. Zapotitlán. El segundo escenario y el más probable, es que represente el límite inferior de la Fm Zapotitlán que, en el área de estudio trabajada, fue cortada y perdida por la intrusión ígnea de la andesita de hornblenda que afectó el contacto inferior del área estudiada durante el cenozoico (Anexo 7).

X) CONCLUSIONES

El basamento de la zona de estudio está conformado por arenisca fuertemente plegada de la Formación Matzitzi (Carbonífero-Pérmico) sobre las cuales se depositan de forma discordante caliza correspondiente a la Formación Zapotitlán (Barremiano-Aptiano). Toda la zona se ve alterada por un intrusivo andesítico de hornblenda (Oligoceno). El afloramiento de la Formación Zapotitlán estudiado se ve conformado por una secuencia de caliza y conglomerado calcáreo de 30 cm a 3 metros de espesor en un ambiente de depósito de plataforma continental postarrecifal.

Se pudieron identificar las especies de gasterópodos: *Pchelincevia coquandiana*, *Prisconatica pedernalis*, *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis* y una especie no determinada de Pseudonerineidae lo que asocia esta localidad con las faunas de Norteamérica, Europa y Asia.

Las rocas al ser observadas en láminas en sección delgada presentan microfracturamientos rellenos de calcita que se definen en su mayoría como mudstone y wackestone con soporte micrítico. Presentan restos fragmentados y mal clasificados de gasterópodos, bivalvos, braquiópodos, equinodermos y foraminíferos asignados a *Choffatella decipiens* y *Buccicrenata hedbergi*. La excepción a esta conformación son los depósitos de tormenta en los estratos E-16 y Y-3 que se definen como packstone a grainstone pobremente clasificado con granos sub-redondeados a angulosos con una composición sedimentaria mixta de restos silíceos pero en su mayoría carbonatados, presenta paquetes sedimentarios mixtos que sugieren un redepósito de

sedimentos previamente amalgamados, además, presenta restos fragmentados de gasterópodos, bivalvos y foraminíferos bentónicos del género *Choffatella*,

A nivel tafonómico, se observan estratos (E-16, Y-3 y Y5) que presentan un gran número de gasterópodos pseudonerineidos y nerineidos de las especies *Pchelincevia coquandiana* y *Ptygmatis* cf. *P. tomasensis*, depositados a máximo 30 metros de distancia a lo largo de su rumbo horizontal. Los gasterópodos macroscópicos no presentan arreglo diferencial y se extiende su depósito en el horizonte del estrato a lo largo de un gradiente clasificado por tamaño desde conchas de 15 cm hasta restos de 3 cm, que desaparecen posteriormente. Todos los ejemplares están incompletos de la protoconcha y el hombro, pero no presentan evidencia considerable de desgaste en superficie. Las facies observadas asociadas al depósito muestran marcas de corriente bidireccionales sobreyacidas por clastos redondeados y restos de gasterópodos, terminando en ondulitas. En su conjunto, sugiere un depósito de tormenta conocido como tempestita, en particular, una tempestita carbonatada proximal. Se define una asociación fósil de enterramiento o tafocenosis.

Biostratigráficamente, con base en la distribución de especies de gasterópodos en la columna estratigráfica, pudo determinarse una biozona correspondiente a *Pchelincevia coquandiana* y otra correspondiente a *Pricosnatica pedernalis*, asignando una edad del Barremiano al Aptiano, no obstante, aunque los resultados concuerdan con el conceso general para la zona de estudio, se sugiere hacer una revisión a los depósitos Jurásico-Cretácicos del sur de Puebla y norte de Oaxaca, tanto en su contenido fósil y microfósil, como en sus relaciones estratigráficas, perfiles geológicos

y la naturaleza de los contactos entre unidades que permita integrar de manera holística el conocimiento de la edad de las formaciones y determinar con precisión los periodos de depósito del gran complejo sedimentario de la cuenca de Zapotitlán durante el Mesozoico.

XI) BIBLIOGRAFÍA

- Adams, A. E., Mackenzie, W. S. y Guilford, C. 1997. Atlas de rocas sedimentarias. Editorial Masson. España. 106 p.
- Aguilera Franco, N., Prado Peña, M. A., Sandoval Silva, R., Macías Ojeda, C., Gómez Vázquez, N. E., Rojas Ramiro, R. y Chávez Valois, V. M., 2011, First report of tempestites in the Lower Tithonian subsurface in southern Mexico: Sedimentary interpretation and exploration perspectives. Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, 61: 523–533.
- Aguilera, J.G. 1906. Excursión de Tehuacán a Zapotitlán y San Juan Raya México. X° Congreso Geológico Internacional. Libreto-guía 7: 1-2
- Aguilera, J.G., Ordóñez, E. y Buelna, R., J. 1896. Bosquejo Geológico de México: Instituto Geológico de México. México: 270 p.
- Alencáster, G. 1956. Pelecípodos y gasterópodos del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya-Zapotitlán, Estado de Puebla: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Paleontología Mexicana (2); 47 p.
- Alencáster, G. y Hernández Lascars, D., 1991. “Nueva Fauna de Moluscos del Neocomiano de la región de Los Reyes Metzontla, Puebla” en “Memoria del III Congreso Nacional de Paleontología, resúmenes”. Sociedad Mexicana de Paleontología: 86.
- Allison, E. C. 1955. Middle Cretaceous gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico. Journal of Paleontology, 29 (3): 400-432.

- Almazán, V. E. 1990. Fauna Aptiano-Albiana del Cerro de las Conchas, Centro-Oriental. Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra. UANL, Nuevo León: 153-173.
- Arkell, W. J., Furnish, W. M., Kummel, B., Miller, A. K., Moore, R. C., Schindewolf, O. H., Sylvester-Bradley, P. C. y Wright, C. W. 1978. Treatise on Invertebrate Paleontology Part L Mollusca 4. Cephalopoda Ammonoidea. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas. Nueva York. Estados Unidos de América: L1-L489.
- Barceló Duarte. J. 1978. Estratigrafía y Petrografía Detallada del Área de Tehuacán-San Juan Raya, Edo. de Puebla (Tesis profesional). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería: 143 p.
- Barnes, R. D. 1985. zoología de los invertebrados. Nueva Editorial Interamericana. México: 1157p.
- Bonet M., F. 1982. La facies Urganiana del cretácico Medio en la región de Tampico. Boletín de la Asociación Mexicana Geológico Petrolera. 4(5): 155p.
- Bouchet, P. Rocroi, J. P., Hausdorf, B., Kaim, A., Kano, Y., Nützel, A., Parkhaev, P., Schrödl, M. y Strong, E. E. 2017. Revised Classification, Nomenclator and Typification of Gastropod and Monoplacophoran Families. Malacologia, 61(1-2): 1-526.
- Bourguet, L. 1742. Traité des petrifications. Paris, Briasson. Francia: 400 p.
- Brookes Knight, J., Cox, L. R., Myra keen, A., Smith, A. G., Batten, R. L., Yochelson, E.L., Ludbrook, N. H., Robertson, R., Yonge, C. M. and Moore, R. C. 1964. Treatise on Invertebrate Paleontology Part I Mollusca 1. Mollusca-

General features, Scaphopoda, Amphineura, Monoplacophora, Gastropoda-general features, Archaeogastropoda and some (Mainly Paleozoic) Caenogastropoda and Opisthobranchia. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas. Nueva York. Estados Unidos de América: 11-1351.

- Buitrón, B.E., 1970, Equinoides del Cretácico Inferior de la Región de San Juan Raya-Zapotitlán, Estado de Puebla: *Paleontología Mexicana*. 30: 7-65.
- Buitrón, B. E. 1981. Gasterópodos del Cretácico Temprano de México Occidental y sus implicaciones paleobiogeográficas. Puerto Alegre, Brasil, Cong. Latin. *Paleontología* 11, Anais. p. 43-357.
- Buitrón, B. E. 1986. Gasterópodos del Cretácico (Aptiano Tardío-Albiano Temprano) del Cerro de Tuxpan, Jalisco. *Boletón de la Sociedad Geológica Mexicana*, XLVII (1): 17-31.
- Buitrón, B. E. y Barceló-Duarte, J. 1980. Nerineidos (Mollusca-Gastropoda) del cretácico inferior de la región de San Juan Raya, Puebla. *Revista del Instituto de Geología*, 4 (1): 46-55.
- Buitrón, B. E. y Rivera-Carranco, E. 1985. Nerineidos (gastropoda-Nerineidae) cretácicos de la región de Huetamo-San Lucas, Michoacán. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65-78.
- Buitrón-Sánchez, B. E. y López-Tinajero, Y. 1995. Mollusk gastropods in a lower cretaceous rudist-bearing Formation of Jalisco, West Central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 12(2): 157-168.

- Buitrón, B. E. y Pantoja-Alor, J. 1998. Albian gastropods of the rudist bearing Mal Paso Formation, Chumbítaro region, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(1): 14-20.
- Buitrón-Sánchez, B. E., y Gómez-Espinosa, C. 2003. Cretaceous (Aptian Cenomanian) gastropods of Mexico and their biogeographic implications, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79*: 403–418.
- Buitrón-Sánchez, B. E., Gómez-Espinosa, C., Almazán-Vázquez, E. 2007. "*Pchelinesevia coquandiana* (d'Orbigny) índice paleogeográfico del cretácico, en el dominio Tethysiano, Gastropoda-Nerineidae" en "Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México". Universidad de Guadalajara, México: 210-212.
- Cadena-González, D., Flores-Ventura, J., Vega-Sandoval, F. A. y Vega, F. J. 2023. Cretaceous echinoids in Paleocene reworked tsunamite from Coahuila, NE Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*. 129: 104504. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104504>
- Calderón García, A. 1956. "Bosquejo Geológico de la región de San Juan Raya, Pue." En "Excursión A-11. Estratigrafía del Mesozoico y Tectónica del sur del Estado de Puebla; Presa de Valsequillo, Sifón de Huexotitlanapa y problemas hidrológicos de Puebla". XX Geologorum Conventus mente et Malleo. Congreso Geológico Internacional, vigésima sesión. México: 9-27.

- Calzada, S. 1996. Gasterópodos hauterivienses de Castellfort (Castellón). *Batalleria*, 6: 67-75.
- Carreño, A. L., Ledesma-Vázquez, J. y Guerrero-Arenas, R. 2000. Biostratigraphy and depositional history of the Tepetate Formation at Arroyo Colorado (Early-Middle Eocene), Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 26(1): 177-200.
- Carreño, A. L. y Montellano-Ballesteros, M. 2005. La Paleontología Mexicana; pasado, Presente y futuro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 57 (2): 137-147.
- Castillo Reynoso, J. E. y Martínez de la Paz, C. D. 2011. Informe geológico minero y geoquímico, carta Atzumba E14-B85 escala 1:50,000 estado de Puebla y Oaxaca. *Servicio Geológico Mexicano*: 74p.
- Castillo Reynoso, J. E. y Martínez de la Paz, C. D. 2012. Carta Geológico-Minera Atzumba E14-B85, Puebla y Oaxaca 1: 50 000. *Servicio Geológico Mexicano*.
- Centeno-García, E., Mendoza-Rosales, C. C. y Silva-Romo, G. 2009. Sedimentología de la Formación Matzitzi (Paleozoico superior) y significado de sus componentes volcánicos, región de Los Reyes Metzontla-San Luis Atlotitlán, Estado de Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* (26-1). 18-36.
- Chacón-Baca, E., Velasco-de León, M. P., Castañeda-Posadas, C., Cuen-Romero, F.J. y Lozano-Carmona, D. E. 2020. La Sociedad Mexicana de

Paleontología: Una Retrospectiva Pertinente. *Paleontología Mexicana*. 9 (1): 41-51.

- Clark, W. B. 1891. A revision of the Cretaceous Echinoidea of North America. Johns Hopkins University circulars. 10(87):75-77.
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J.-X. (2013; actualizado 2023) The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes* 36: 199-204
- Cotteau, G. 1890. Note sur quelques Échinides du terrain Crétacé du Mexique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, serie 3, 18: 292-299.
- Cox, L. R. 1960. Thoughts on the classification of the Gastropoda. *Proceedings of the Malacological Society of London*. 33(6): 239–261.
- Cox, L. R., Newell, N. D., Boyd, D. W., Brandon, C. C., Casey, R., Chavan, A., Coogan, A. H., Dechaseaux, C., Fleming, C. A., Hass, F., Hertlein, L. G., Kauffman, E. G., Myra Keen, A., LaRocque, A., McAlester A. I., Moore, R. C., Nuttall, C. P., Perkins, B. F., Puri, H. S., Smith, L. A., Soot-Ryen, T., Stenzei, H. B., Trueman, B. F., Turner, R. D. y Weir, J. 1969a. *Treatise on Invertebrate Paleontology Part N Volume 1 (of 3) Mollusca 6 Bivalvia*. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas. Nueva York. Estados Unidos de América: N1-N489.
- Cox, L. R., Newell, N. D., Boyd, D. W., Brandon, C. C., Casey, R., Chavan, A., Coogan, A. H., Dechaseaux, C., Fleming, C. A., Hass, F., Hertlein, L. G., Kauffman, E. G., Myra Keen, A., LaRocque, A., McAlester A. I., Moore, R. C., Nuttall, C. P., Perkins, B. F., Puri, H. S., Smith, L. A., Soot-Ryen, T., Stenzei, H. B., Trueman, B. F., Turner, R. D. y Weir, J. 1969b. *Treatise on Invertebrate*

Paleontology Part N Volume 2 (of 3) Mollusca 6 Bivalvia. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas. Nueva York. Estados Unidos de América: N490-N951.

- Cuadros Mendoza, I. M., & Buitrón Sánchez, B. E. 2021. Gasterópodos del Cretácico temprano de la región de Pihuamo, Jalisco, México. Consideraciones paleoecológicas y paleogeográficas. *Paleontología Mexicana*, 10(2), 93–103. <https://doi.org/10.22201/igl.05437652e.2021.10.2.303>
- Cuvier, G. 1795. Second Mémoire sur l'organisation et les rapports des animaux à sang blanc, dans lequel on traite de la structure des Mollusques et de leur division en ordre, lu à la société d'Histoire Naturelle de Paris, le 11 prairial an troisième. *Magazin Encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts*[1] 2: 433-449.
- de la Vega Doria, S. C. y Ánimas Moctezuma, R., 2005. ¿Por qué los arqueólogos hacemos etnografías? Introducción a la etnografía de una comunidad alfarera, Los Reyes Metzontla. *Arqueología*, (35), 148–164.
- Delpey, G. 1940. Les gastéropodes mésozoïques de la région libanaise. *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, 3: 5-324.
- Desor, E. 1858. Synopsis des Échinides Fossiles. Wiesbade. Paris. Francia: 630p.
- D'Orbigny, A. 1843. "Lamellibranches crétacés" en "Paléontologie française". Paris. Francia. 4000 p.
- D'Orbigny, A. 1852. Prodrôme de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés. Volume 2. Éditions Masson. Paris: 1-427.

- Durham, W., Caster, K. E., Exline, H., Fell, H. B., Fischer, A. G., Frizzell, D. L., Kesling, R. V., Keir, P. M., Melville, R. V., Moore, R. C., Pawson, D. L., Regnéll, G., Spencer, W. K., Ubaghs, G., Wagner, C. D. y Wrigh, C. W. 1966a. Treatise on Invertebrate Paleontology Part U Echinodermata 3 Volume 1. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas. Nueva York. Estados Unidos de América: U1-U366a.
- Durham, W., Caster, K. E., Exline, H., Fell, H. B., Fischer, A. G., Frizzell, D. L., Kesling, R. V., Keir, P. M., Melville, R. V., Moore, R. C., Pawson, D. L., Regnéll, G., Spencer, W. K., Ubaghs, G., Wagner, C. D. y Wrigh, C. W. 1966b. Treatise on Invertebrate Paleontology Part U Echinodermata 3 Volume 2. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas. Nueva York. Estados Unidos de América: U367-U695.
- Einsele, G., Ricken, W. y Seilacher, A. 1991. Cycles and Events in Stratigraphy. Springer-Verlag, Alemania: 945p.
- ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Flügel, E. 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Second Edition. Springer. Alemania: 984p.
- Gabb, W. M. 1877. Description of a collection of fossils, made by Doctor Antonio Raimondi in Peru. Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, second series. 8: 263-336.

- Galicia, E. S. 2016. Gasterópodos del Cretácico de la región suroeste de México: Familias Nerineidae (Zittel, 1873) y Cassiopidae (Kollman, 1973) (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. 77 p
- García B., P. y Contreras, A., 2014. "Tafonomía" en: Contreras, A., Cota, E., García, P., González, C., Montellano, M., Quiroz, S., Rivera, S. y Sour, F., Ed. "Paleontología". Prensa de las Ciencias. México, D.F: 45-74.
- García Valenzuela, M. A. 2011. Etnoecología de los Agaves (Agavaceae) en la comunidad Ngiwa (Popoloca) de los Reyes Metzontla, Puebla. México. (Tesis de Maestría). Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Puebla. 177.
- Golikov, A.N. y Starobogatov, Y.I. 1975. Systematics of prosobranch gastropods. *Malacologia*. 15(1): 185-232.
- González Hervert, M. G., 1984. Características Estructurales y Estratigráficas de los Terrenos Mixteco y Oaxaca en el Área de los Reyes Metzontla, Puebla. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 45 (1-2): 21-34.
- Gray, J. E. 1847. A list of the genera of recent Mollusca, their synonyma and types. *Proceedings of the Zoological Society of London*. 15: 129-219.
- Gründel, J., Keupp, H., Lang, F. y Nützel, A. 2022. Late Jurassic (Upper Kimmeridgian) Heterobranchia (Gastropoda) of the coral-facies of Saal near Kelheim and the vicinity of Nattheim (Germany). *Zitteliana*, 96: 179-221
<https://doi.org/10.3897/zitteliana.96.e84187>

- Gründel, J. y Nützel, A. Late Jurassic (Upper Kimmeridgian) gastropods from Saal near Kelheim (Germany, Bavaria). *Zitteliana*, 98: 19-72 DOI 10.3897/zitteliana.98.138605
- Gudiño Maussán, J. L. y Guzmán, A. F. 2014. El registro fósil de los dinosaurios en México. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México: 92 p.
- Hedberg, H. D., 1980. Guía estratigráfica internacional, guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos. Reverté. España: 205 p
- Guilding, L. 1834. Observations on Naticina and Dentalium, two genera of molluscos animals. Transactions of the Linnean Society of London. 17(1): 29-35.
- Heilprin, A. 1890. The Geology and Paleontology of the Cretaceous deposits of Mexico. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 42: 445-469.
- Hernández-Láscars, D. 2000. Contribución al conocimiento de la estratigrafía de la Formación Matzitzi, área Los Reyes Metzontla- Santiago Coatepec, extremo suroriental del estado de Puebla (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. 117 p
- Hernández-Láscars, D. 2023. Paleontología de Invertebrados. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 247 p.
- Hernández-Láscars, D. y Buitrón, B. E. 1992. Bioestratigrafía del Cretácico inferior (Aptiano) en el Cerro Matzitzi, región de San Luid Atolotitlán, Estado de Puebla. Revista de la sociedad mexicana de paleontología, 5(1): 55-69.

- INEGI. 1991. Datos Básicos de la Geografía de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. México: 142 p.
- INEGI. 2001. Diccionario de datos fisiográficos. (Vectorial). Esc. 1:1 000 000. Sistema Nacional de Información Geográfica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. México: 17p.
- INEGI. 2021a. E14B75 Tehuacán, Puebla y Oaxaca. Carta Topográfica 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información
- INEGI. 2021a. E14B75 San Pedro Atzumba, Puebla y Oaxaca. Carta Topográfica 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información.
- Jiménez Pacheco, C. R. 2015. Moluscos (Bivalvia y Gastropoda) del Cretácico Temprano de la zona centro-occidental de Baja California. Consideraciones estratigráficas y paleogeográficas. Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Licenciatura: 110p.
- Juárez-Arriaga, E. y López-Palomino, I. 2007. "Zapotitlán, formación. Cretácico Temprano (Barremiano)" en "Léxico Estratigráfico de México". Servicio Geológico Mexicano. 1-4.
- Kabat A. R. (1991). The classification of the Naticidae (Mollusca Gastropoda). Review and analysis of the supraspecific taxa. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 152: 417-449
- Kase, T. (1984). Cretaceous marine and brackish-water gastropoda from Japan. *Nat. Sci. Mus.*, 199p.

- Kellum, L. B. y Appelt, E. 1964. Two gastropods from the Lower Cretaceous (Albian) of Coahuila, Mexico. *Museum of Paleontology, the university of Michigan*, XIX(2): 14-22.
- Kollmann, H. A. 2001. Gastropods from the Lower Cretaceous of Vorarlberg, Austria. A systematic review. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie A für Mineralogie und Petrographie, Geologie und Paläontologie, Anthropologie und Prähistorie*, 103: 23-73
- Kollmann, H. A. 2014 The extinct Nerineoidea and Acteonelloidea (Heterobranchia, Gastropoda): a palaeobiological approach. *Geodiversitas*. 36 (3): 349-383.
- Lambert, j. 1935. Notes sur quelques Échinides Fossiles. II.-Sur un Echinolampas du Désert Libyque. 111.-Échinides du Mexique. *Bulletin de la Société Géologique de France*. 5(5): 364-274.
- López-Galindo, F., Muñoz-Iniestra, D., Hernández-Moreno, M., Soler-Aburto, A., Castillo-López, M. del C. y Hernández-Arzate, I. 2003. Análisis integral de la toposecuencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación del suelo en la Subcuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 56 (1): 19-41.
- López-Ramos, E. 1985. *Geología de México*, Tomo II, 3ra Edición. Secretaria de Educación Pública. México, D.F: 187-243.
- López Ticha, D., 1985. Revisión de la estratigrafía y potencial petrolero de la Cuenca de Tlaxiaco. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 37, 49-92.

- Löser, H. 2004. PaleoTax—a database program for palaeontological data. *Computers & Geosciences*, 30 (5), 513-521.
- Lycett, J. (1848). Notes on the distribution of the Fossil Conchology of the Oolitic Formations in the vicinity of Minchinhampton, Gloucestershire. *The Annals and Magazine of Natural History*, second series. 2: 248–259.
- Lyssenko N.I. y Aliev A.D. 1987. Reviziia roda Diozoptyxis i novoie semeistvo gastropod [= A revision of the genus Diozoptyxis and [the description of] a new gastropod family]. *Paleontologicheskii Zhurnal*. 1: 116–120.
- Mackenzie, W. S. y Adams, A. E. 1997. Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada. Editorial Masson. España: 215 p.
- Mackenzie, W. S. y Guilford, C. 1996. Atlas de petrografía. Minerales formadores de rocas en lámina delgada. Editorial Masson. España: 98 p.
- Mendoza Rosales, C. C. 2010. Estratigrafía y Facies de las cuencas Cretácicas del sur de Puebla y su significado tectónico (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México. México: 190 p.
- MolluscaBase eds. (2025A). MolluscaBase. *Lunatia* J. E. Gray, 1847. Accesible desde: World Register of Marine Species en: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=150577>, revisado el día: 2025-07-18
- MolluscaBase eds. (2025B). MolluscaBase. *Prisconatica* Gabb, 1877 †, Accesible desde: World Register of Marine Species en: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=150577>, revisado el día: 2025-07-18.

- Muellerried, F. K. G. 1933a. Estudios Paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla. Primera Parte. Anales del Instituto de Biología, 4: 33-46.
- Muellerried, F. K. G. 1933b. Estudios Paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla. Segunda Parte. Anales del Instituto de Biología, 4: 81-93.
- Nicklès, R. 1892. Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la province d'Alicante et du Sud de la province de Valence. Annales Hébert, 1: 1-220.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. 2005. North American Stratigraphic Code. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 89(11): 1547-1581.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. 2020. North American Stratigraphic Code. Stratigraphy, 17(4): 315-316.
- Nyst, H. y Galeotti, H., 1939. Sur quelques fossiles du calcaire jurassique de Tehuacán au Mexique. Bulletin de l'Académie Royale de Belgique. 7: 212-221.
- Nyst, H. y Galeotti, H., 1940, Description des Mollusques et Rayonnés Fossiles. Tehuacán au Mexique: Bulletin de l'Académie Royale des Sciences et Belles-lettres de Bruxelles. 7: 212-221.
- Omaña, L., González-Arreola, C., 2008, Late Jurassic (Kimmeridgian) large benthic Foraminifera from Santiago Coatepec, SE Puebla, México: Geobios 41(6) 799-817.

- Omaña, L. Centeno-García, E. y Buitrón-Sánchez, B. E. 2012. Comunidades Bentónicas de Plataformas del Cretácico asociadas a arcos magmáticos en la parte occidental de México. *Paleontología Mexicana* 62: 121-132,
- Omaña, L., Hernández-Láscares, D., Buitrón, B. E. y Nuñez-Useche, F. 2024. New data about a Kimmeridgian larger foraminiferal assemblage from a section cropping out NW of Los Reyes Metzontla, Puebla, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 41(2): 179-188.
- Orbigny, A. D. d'. 1842. *Paléontologie française. Description zoologique et géologique de tous les animaux Mollusques et Rayonnés fossiles de France. Terrains crétacés. Tome 2.* Paris. 456 224 p
- Pcelinvev, V. F. 1953. *Faune de Gasteropodes du Cretace superieur de Transcaucasie et d'Asie Centrale.* T. P. d. St.-Aubin. Moscou. Bureau de Recherches Geologiques et Minieres: 1-562.
- Pchelintsev, V. F. 1965. *Murchisoniata mezozoya Gornogo Kryma / Мурчисониата мезозоя Горного Крыма / Mesozoic Murchisoniata of the Crimean highlands.* Nauka, Moskva-Leningrad, 216 p
- Pchelintsev, V. F. y Korobkov, I. A. 1960. *Osnovy Paleontologii, Molliuski, Briukhonogie.* [Fundamentals of paleontology, Molluscs, Gastropods]. Gostoptekhizdat, Moskva. 360 p
- Peppers, R. A. 1964. Spores in strata of Late Pennsylvanian cyclothems in the Illinois Basin. *Illinois State Geological Survey Bulletin*, 90: 1-72.
- Ponce, J. J., Carmona, N. y Montagna, A. O., 2018. Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas, descripción, análisis e interpretación a

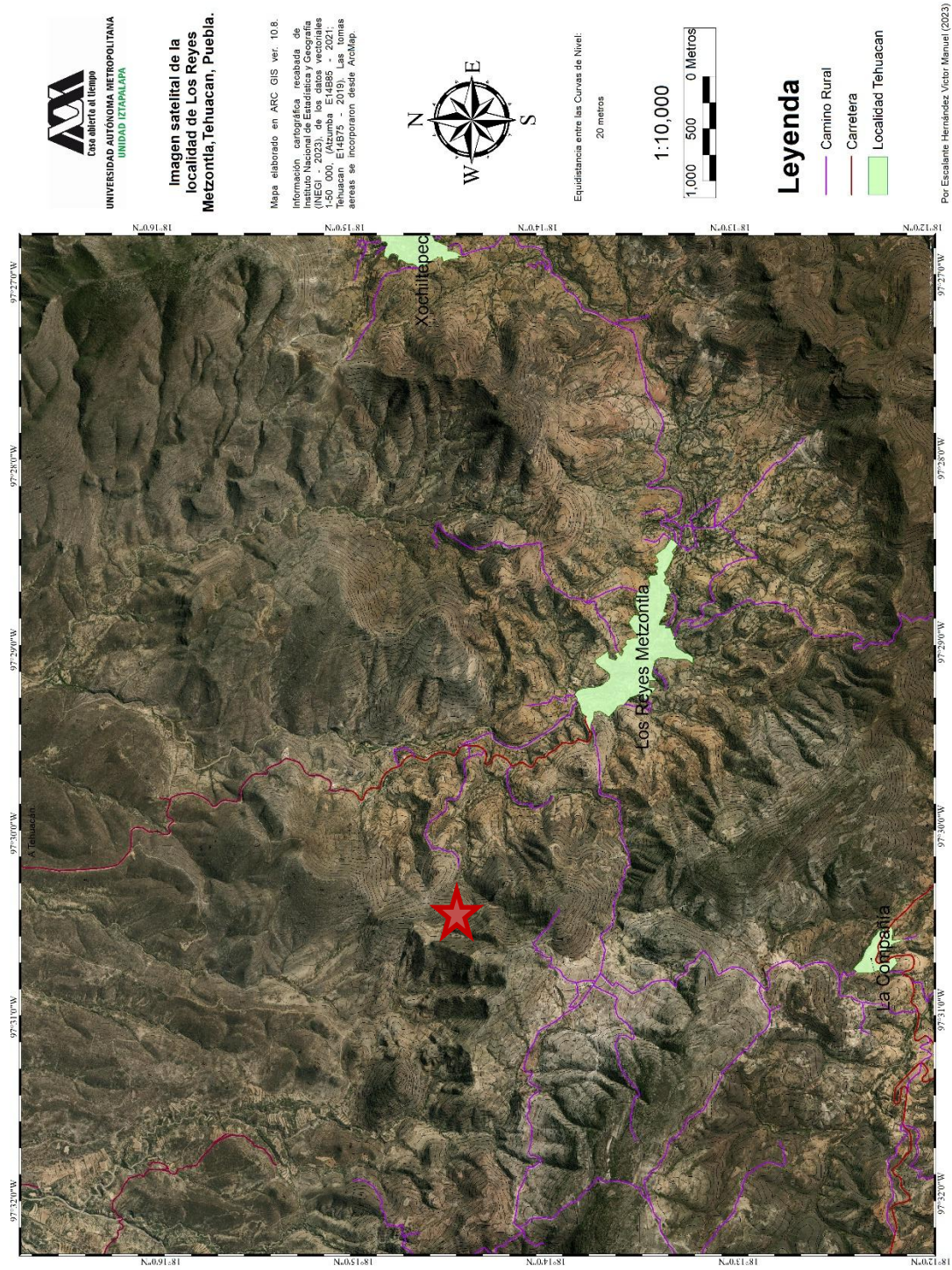
partir de afloramientos, testigos corona y registros de imágenes de pozo-Fundación YPF, Argentina: 166 p.

- Pudsey, C. J., Schroeder, R. y Skelton, P. W. 1985. Cretaceous (Aptian/Albian) Age for Island-Arc Volcanics, Kohistan, N Pakistan. *Geology of western Himalayas (Contributions to Himalayan Geology)*, 3: 150-168.
- Quiroz Barroso, S. 2014. "Elementos de Estratigrafía" en Contreras, A., Cota, E., García, P., González, C., Montellano, M., Quiroz, S., Rivera, S. y Sour, F., Ed. "Paleontología". Prensa de las Ciencias. México, D.F: 119-154.
- Reineck, H. E. y Singh, I. B. 1975. *Depositional Sedimentary Environments with reference to terrigenous clastic*. Springer-Verlag, Berlín Alemania: 439p.
- Reyes Montoya, D. R. 2015. Colección de la fauna fósil del cretácico inferior del cerro de las conchas, Arivechi, Sonora, México. Universidad de Sonora. Tesis de licenciatura: 124p.
- Rodríguez Carlos, G., Castillo Reynoso, J. E. y Rivera Olguín, E. 2023. Tehuacán E14-B75, escala 1:50000 Estados de Puebla y Oaxaca. Servicio Geológico Mexicano: 107p.
- Rodríguez Moreno, B. 2019 Caracterización de Gasterópodos de la familia Nerineidae de la Formación San Juan Raya, Estado de Puebla (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. 127 p
- Saul, L. R., y Squires, R. L. 1998. New Cretaceous gastropoda from California. *Palaeontology*, 41(3): 461-488.
- Sculter, C. 1883-1892. Die regulären Echiniden der norddeutschen Kreide, *Abhandlungen der Königlich Preussischen Geologischen*: 243 p.

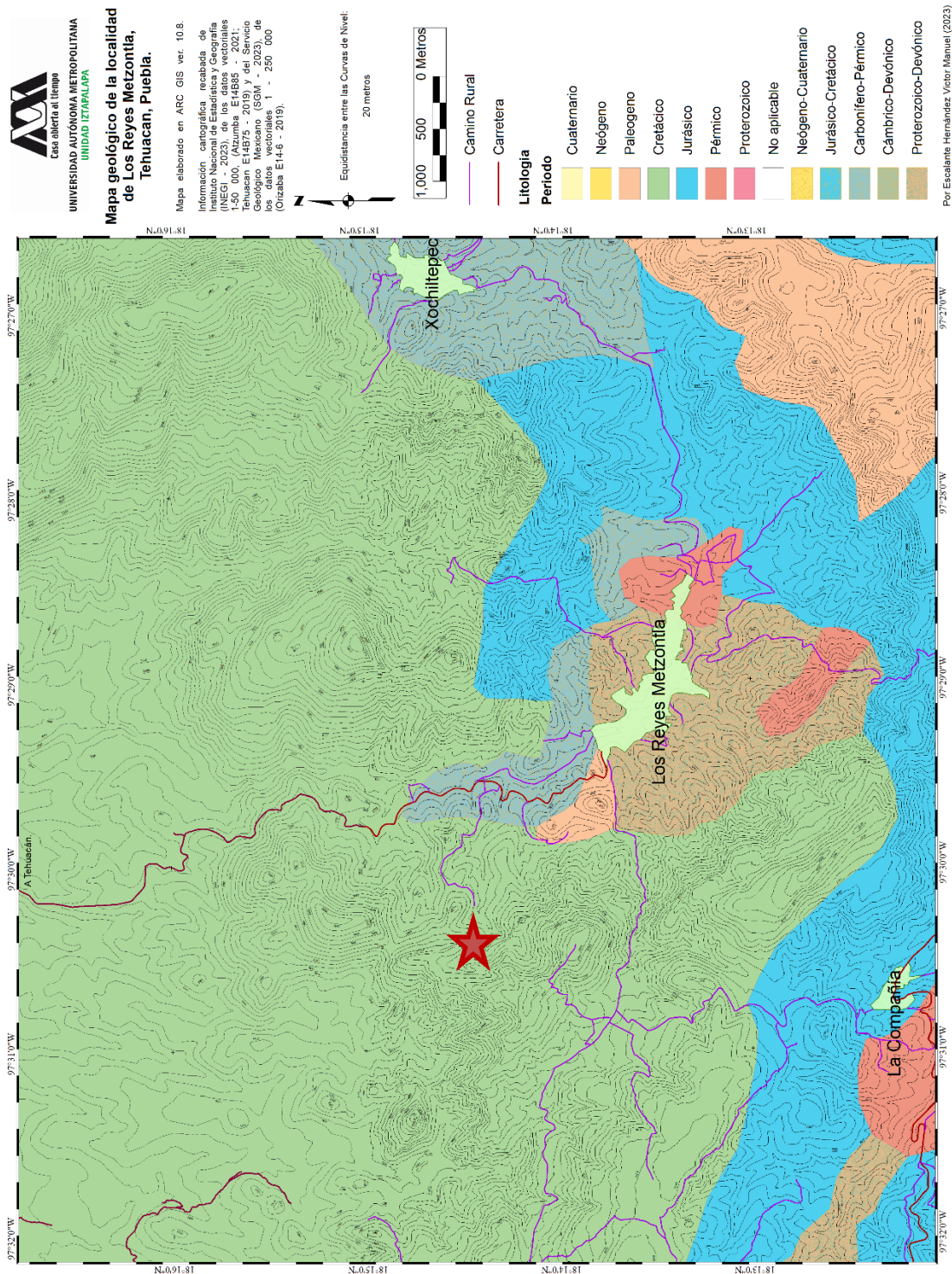
- Sharpe, D. 1850. Remarks on the Genus *Nerinaea*, with an Account of the Species found in Portugal. The Quarterly journal of the Geological Society of London. 6(1): 101-115.
- Silva-Romo, G., Mendoza-Rosales, C. C., Campos-Madrigal, E., Centeno-García, E. y de la Rosa-Mora, O. A. 2019. Geological Sheet Tehuacán 14Q-i-(10), Puebla and Oaxaca states, southern Mexico. Journal of Maps. 16: 17-27 DOI:10.1080/17445647.2019.1689373
- Solari, L. A., Keppie, J. D., Ortega-Gutiérrez, F., Cameron, K. L., López, R., & Hames, W. E. (2003). 990 and 1100 Ma Grenvillian tectonothermal events in the northern Oaxacan Complex, southern Mexico: Roots of an orogen. Tectonophysics, 365 , 257–282. doi: 10.1016/S0040-1951(03)00025-8
- Squire, R. L. y Saul, L. R. 2004. Uncommon Cretaceous Naticiform Gastropods from the Pacific Slope of North America. The Veliger. 47(1): 21-37.
- Stanton, T. N. 1947. Studies of some Comanche Pelecypods and Gastropods: U.S. Geological Survey, Prof. Paper 211: 256P.
- Teichert, C., Kummel, B., Sweet, W. C., Stenzei, H. B., Furnish, W. M., Glenister, B. F., Erben, H. K., Moore, H. K. y Nodine Zeller, D. E. 1964. Treatise on Invertebrate Paleontology Part K Mollusca 3 Cephalopoda-General features, Endoceratoidea-Actinoceratoidea-Nautiloidea Bactritoidea. The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas. Nueva York. Estados Unidos de América: K1-K519.
- Torigoe K. & Inaba A. (2011). Revision on the classification of Recent Naticidae. Bulletin of the Nishinomiya Shell Museum. 7: 133.

- Trejo, M. 1972. Nuevos tintínidos del Aptiano Superior de México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*. 4: 80–87.
- Villanueva-Amadoz, U., Gerwert Navarro, M., Juncal, M. A. y Diez, J. B. 2022. Paleobotanical and palynological evidence for the age of the Matzitz Formation, Mexico. *Comptes Rendus Geoscience – Science de la Planète*, 352 (6-7) 515-538. doi.org/10.5802/crgeos.33
- Weber, R. 1997. How old is the Triassic flora of Sonora and Tamaulipas, and news on Leonardian floras in Puebla and Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 14(2): 225-243.
- Weber, R. y Cevallos-Ferriz, S. R. S. 1994. Perfil actual y perspectivas de la paleobotánica en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 55: 141-148.
- Wieczorek, J. 1979. Upper Jurassic Nerineacean Gastropods from the Holy Cross MTS (Poland). *Acta Paleontologica Polonica*, 24(3): 299-350.
- Wilson, L. R. y Venkatachala, B. S. 1963. Thymospora, a new name for Verrucososporites. *Oklahoma Geological Notes*. 23: 75-79.
- Young, K. 1952. Redescription of two gastropods named by Cragin. *Journal of Paleontology*, 26(5): 818-828.
- Zervas, D. Nichols, G. J., Hall, R., Smyth, H. R., Lothje, C. y Murtagh, F. 2009. SedLog: a shareware program for drawing graphic logs and log data manipulation. *Computers & Geosciences*, 35: 2151-2159
- Zittel, K. A. von. 1873. Die Gastropoden der Stramberger Schichten. *Palaeontographica*, Supplement. 2(3): i-viii, 193-373.

ANEXOS.



Anexo 1: Imagen satelital de la localidad de Los Reyes Metzontla.



Anexo 3: Mapa geológico de la localidad de Los Reyes Metzontla.

Anexo 4: Datos de la sección estratigráfica Z-1 (En * se muestran los estratos calculados con relación trigonométrica)

Código	Espesor (metros)	Rumbo (0-360°)	Echado (0-360°)	Inclinación (0-90°)	Composición tentativa.	Rasgos importantes.
Matz	5	-	-	-	Arenisca	Fuertes plegamientos de arenisca de la Fm Matzitzi sin posibilidad de diferenciarse.
I	20	-	-	-	Intrusivo ígneo	Presencia de trazas de horblenda
E 01	1.80	349°	230°	38	Lutita	
E 02	0.65	320°	215°	24	Lutita	
E 03	2.0	321°	231°	32	Lutita	
E 04	1.22	321°	228°	22	Lutita	
E 05	2.30	340°	261°	22	Lutita	
E 06	1.27*	332°	259°	4	Lutita	
E 07	3*	252°	230°	27	Lutita	
E 08	1.8	132°	276°	29	Lutita	
E 09	3.11*	322°	256°	20	Lutita	
E 10	1.88	49°	300°	25	Lutita	Fósiles de bivalvos
E 11	2.10	317°	217°	32	Lutita	
E 12	3*	330°	243°	31	Lutita	
E 13	0.35	305°	222°	28	Lutita	Fósiles de bivalvos

Anexo 4: Continuación						
E 14	2.55	332°	248°	18	Lutita	
E 15	2.867*	333°	242°	32	Lutita	
E 16	0.8	322°	228°	34	Caliza	Fósiles de Gasterópodos aglutinados
E 17	2.792*	4°	253°	25	Caliza	
E 18	0.37	343°	263°	21	Caliza	
E19	30	-	-	-	Caliza conglomerática	

Anexo 5: Datos de la sección estratigráfica Z-2						
Código	Espesor (metros)	Rumbo (0-360°)	Echado (0-360°)	Inclinación (0-90°)	Composición tentativa.	Rasgos importantes.
Y-01	-	14NO	85SO	22	Caliza	
Y-02	1.07	45NO	56SO	29	Caliza	Fósiles sumamente escasos de bivalvos
Y-03	0.39	23NO	83SO	19	Caliza	Estratificación gradada con gasterópodos poco ordenados por tamaño.
Y-04	0.5	21NO	78SO	30	Conglomerado	Clastos de max 1 cm
Y-05	0.6	44NO	38SO	27	Caliza	Coquina con grandes gasterópodos fuertemente intemperizados.
Y-06	0.56	29NO	59SO	27	Caliza	Tempestita con estratificación gradada clara.
Y-07	0.1	28NO	60SO	28	Conglomerado	Clastos subredondeados de 2 a 3 cm
Y-08	5	53NO	45SO	62	-	Intrusivo igneo
Y-09	0.8					Sin claridad por cubierta de suelo

Anexo 5: Continuación						
Y-10	1.2	33NO	54SO	27	Caliza	Escasos gasterópodos y bivalvos
Y-11	0.68	38NO	41SO	27	Caliza	
Y-12	0.71	50NO	51SO	44	Caliza	
Y-13	1.04	49NO	49SO	44	Caliza	Escasos gasterópodos
Y-14	0.8	42NO	49SO	60	Caliza	Fósiles de Bivalvos
Y-15	1.32	50NO	52SO	48	Caliza	Presencia de fósiles
Y-16	3.5	37NO	61SO	36	Caliza	

Anexo 6: Breve descripción sobre los foraminíferos recuperados.

Después de realizar los cortes en lámina en sección delgada y de su análisis mineralógico, se observaron algunos ejemplares de fósiles microscópicos correspondientes foraminíferos grandes. Su estudio, en primera instancia, no forma parte de los objetivos planteados en esta tesis, sin embargo, se hace una pequeña descripción como complemento.

Foraminífera

Los foraminíferos son protistas heterótrofos ameboides predominantemente marinos que forman cámaras o testas habitualmente calcáreas que exhibían hábitos bentónicos y pelágicos. Se distinguen de otros protistas por la presencia de unseudópodo granuloreticulópodo, es decir, sus pseudópodos presentan una morfología filamentosa ramificada y granulosa. Exhiben tamaños desde 0.1 mm hasta 10 cm en casos excepcionales. Con base a su tamaño, se clasifican informalmente en foraminíferos pequeños (<0.6 mm) y foraminíferos grandes (>0.6 mm). A nivel estratigráfico son un importante indicador temporal y paleoambiental gracias a la gran variabilidad entre grupos en la composición y forma de la testa, además de la diversidad de ambientes marinos en los que habitaron (Barnes, 1985; Loeblich y Tappan, 1988; Flügel, 2010; Saraswati y Srinivasan, 2016; Scott, 2022; Abtahiyan *et al.* 2022; Simmons y Aretz, 2026).

Para la descripción de los foraminíferos bentónicos se recurrió a la siguiente bibliografía especializada (Loeblich y Tappan, 1988; Omaña y Alencáster, 2009; Cruz Abad, 2018).

Paleontología sistemática.

Orden Loftusiida Kaminski y Mikhalevich en Kaminski, 2004

Superfamilia Loftusioidea Brady, 1884

Familia Cyclamminidae Marie, 1941

Subfamilia: Choffatellinae Maync, 1958

Género: *Choffatella* Schlumberger 1905

Choffatella decipiens (Schlumberger, 1905)

Localidad y posición estratigráfica: Los ejemplares proceden del estrato E-16, E-18 y Y-16 en los Reyes Metzontla, Formación Zapotitlán.

Descripción: Los ejemplares muestran testa planiespiral multicamerada involuta, en el ejemplar en corte ecuatorial se cuentan 18 cámaras en la última vuelta. El exoesqueleto presenta una serie de poros o alveolos, en cambio, en los septos estas estructuras están ausentes. La apertura no pudo ser claramente definida.

Discusión: La validez de la especie *Choffatella decipiens* fue cuestionada por Neagu y Cirnar (2004), homologándola con *Ch. cruciensis*, no obstante, trabajos posteriores siguen considerando a *Choffatella decipiens* como especie válida en estudios

bioestratigráficos (Omaña y Alencáster, 2009; Flügel, 2010; Hosseini *et al.*, 2016; Gutiérrez Alejandro, 2018; Scott, 2022; Abtahiyan *et al.* 2023). Por tal motivo, se conserva en este trabajo a *Ch. decipiens* como taxón válido con fines estratigráficos.

Calderón García (1956) reporta la presencia de esta especie para la formación Zapotitlán. Omaña y Alencáster (2009) y Gutiérrez Alejandro (2018) igualmente registran la especie para México.

Alcance estratigráfico: El género es conocido desde el Oxfordiano al Cenomaniano, *Ch. decipiens* es común para el Barremiano-Aptiano.

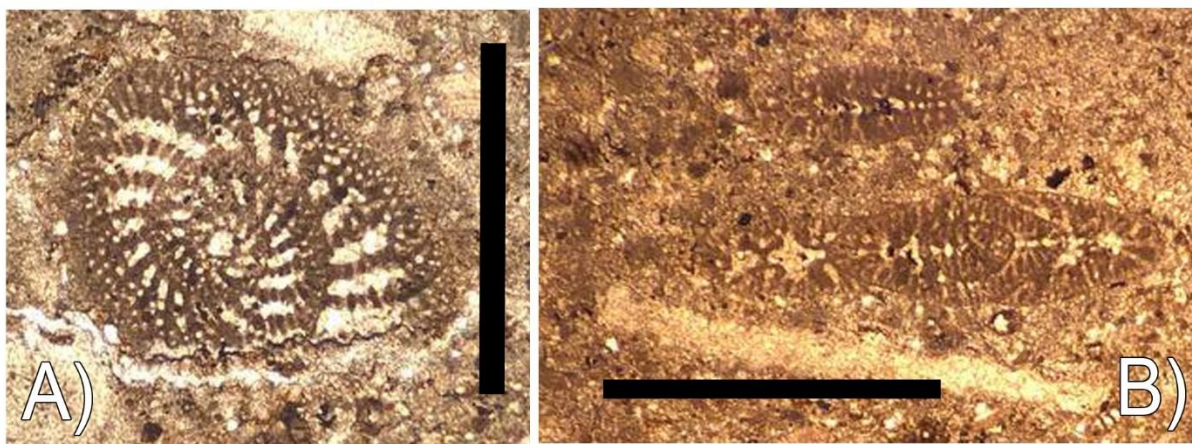


Figura Anexo 6.1: *Chofatella decipiens*, A) Lamina Y-16 techo con ejemplar en corte ecuatorial; B) Lamina Y-16 lateral con ejemplar en axial (B). Barra de escala, 1mm.

Subfamilia: Buccicrenatinae Loeblich y Tappan, 1949

Género: *Buccicrenata* Loeblich y Tappan, 1985

Buccicrenata hedbergi (Maync, 1953)

Localidad y posición estratigráfica: Los ejemplares proceden del estrato Y-16 en los Reyes Metzontla, Formación Zapotitlán.

Descripción: Presenta una testa aglutinada, planiespiral, involuta y multicamerada, presenta cinco cámaras arriñonadas por vuelta, la estructura septal se diferencia de las paredes de la testa, los septos presentan forma subtriangular en su base, la apertura no es clara en los ejemplares observados.

Discusión: Los ejemplares recolectados difieren del género *Everticyclammina* por la presencia de una base del septo rectangular, en contraste, *Buccicrenata* tiene una marcada base triangular (Loeblich y Tappan, 1988).

A nivel específico, morfológicamente es difícil diferenciar a *B. hedbergi* de *B. subgoodlandensis*, BouDagher-Fedel (2001) refiere una diferencia en las dimensiones de *B. hedbergi* de 4 a 5 veces mayor a *B. subgoodlandensis* y la presencia de cámaras arriñonadas. Omaña *et al.* (2016) reportan ejemplares de *B. subgoodlandensis* de 0.3mm para el Albiano de la Formación El Abra, en San Luis Potosí, en contraste, los especímenes de los Reyes Metzontla superan el milímetro de diámetro y presentan cámaras arriñonadas.

Alcance estratigráfico: Valanginiano al Aptiano.

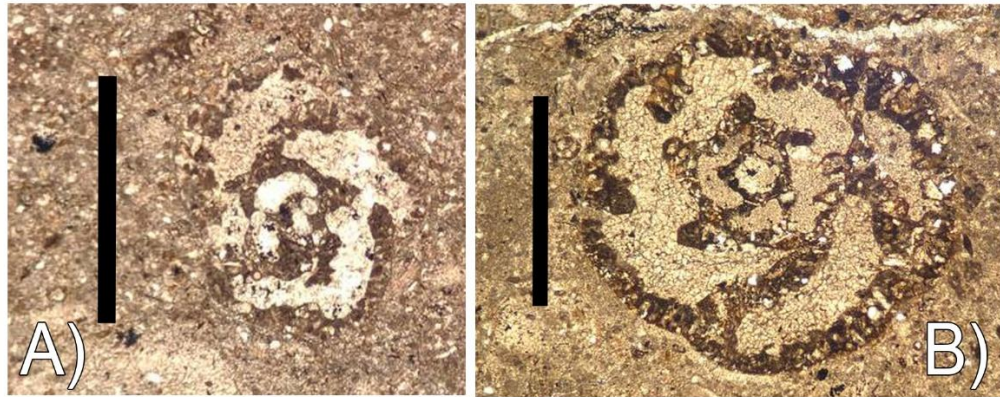


Figura Anexo 6.1 *Buccicrenata hedbergi* Lamina Y-16 techo con ejemplar en corte ecuatorial. Barra de escala, 1mm.

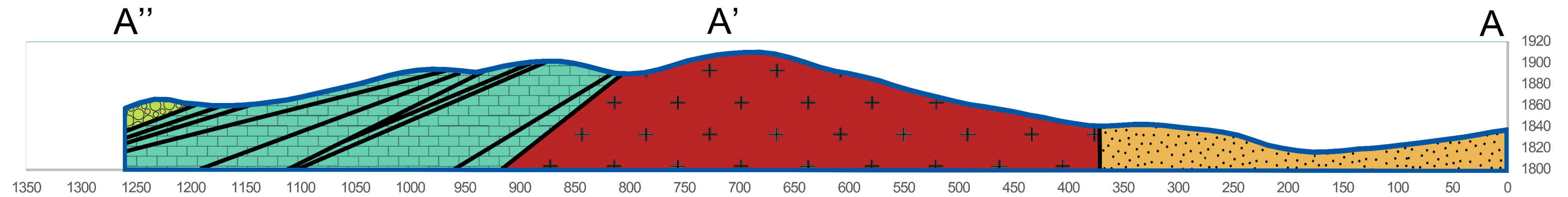
XI) BIBLIOGRAFÍA CITADA EN EL ANEXO 6

- Abtahiyan, A., Afghah, M. y Ahmadi, V. 2023. Biostratigraphy and microfacies analysis of Gadvan Formation (late Barremian-early Aptian) in Coastal Fars zone, (Zagros, SW Iran). Iranian Journal of Earth Sciences, 15(2): 94-105. DOI: 10.30495/ijes.2022.1930386.1604.
- Barnes, R. D. 1985. zoología de los invertebrados. Nueva Editorial Interamericana. México: 1157p.
- BouDagher-Fadel, M. K. 2001. The taxonomy and evolution of the foraminiferal genus *Buccicrenata* Loeblich and Tappan. Micropaleontology. 47(2): 168-172.
- Brady, H. B. 1884. Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. Challenger during the Years 1873-1876. Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873–76. Zoology. 9 (part 22): i-xxi, 1-814

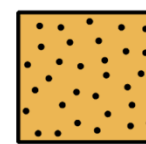
- Calderón García, A. 1956. "Bosquejo Geológico de la región de San Juan Raya, Pue." En "Excursión A-11. Estratigrafía del Mesozoico y Tectónica del sur del Estado de Puebla; Presa de Valsequillo, Sifón de Huexotitlanapa y problemas hidrológicos de Puebla". XX Geologorum Conventus mente et Malleo. Congreso Geológico Internacional, vigésima sesión. México: 9-27.
- Cruz Abad, E. 2018. Textura y arquitectura de los orbitolinoideos (Superfamilia Orbitolinoidea): Revisión y caracterización. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. 154 p.
- Flügel, E. 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Second Edition. Springer. Alemania: 984p
- Gutierrez Alejandro, A. G. 2018. ESTUDIO GEOBIOLOGICO DE LA FORMACION LA VIRGEN Y SUS FACIES TRANSICIONALES EN LOS POTREROS DE MENCHACA Y LA VIRGEN, COAHUILA. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León: 123p.
- Hosseini, S., Conrad, M. A., Clavel, B. y Carras, N. 2016. Berriasian-Aptian shallow water carbonates in the Zagros fold-thrust belt, SW Iran: Integrated Sr-isotope dating and biostratigraphy. Cretaceous Research, 57: 257-288. Doi: 10.1016/j.cretres.2015.09.007
- Kaminski, M.A. 2004. The Year 2000 Classification of the Agglutinated Foraminifera. In: Bubik, M. & Kaminski, M.A. (eds) Proceedings of the Sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera. Grzybowski Foundation Special Publication. 8: 237-255

- Loeblich, A.R. y Tappan, H. 1949. Foraminifera from the Walnut Formation (Lower Cretaceous) of Northern Texas and Southern Oklahoma. *Journal of Paleontology*. 23(3): 245-266.
 - Loeblich, A. R. y Tappan, H. 1985. Some new and redefined genera and families of agglutinated foraminifera; I. *The Journal of Foraminiferal Research*. 15(2): 91-104.
 - Loeblich, A. R. Jr. y Tappan, H. 1988. Foraminiferal genera and their classification. Springer Science+Business Media, LLC. Estados Unidos de América. 970p.
 - Marie, P. 1941. Les Foraminifères de la craie à *Belemnitella mucronata* du Bassin de Paris. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, Nouvelle Série*. 12: 1-296.
 - Maync, W. 1953. *Pseudocyclammina hedbergi* n.sp. from the Urgo-Aptia and Albian od Venezuela. *Contributions from the Cushman Foundation Foraminiferal Research*, 4:101-103.
 - Maync, W., 1958, *Feurtillia frequens* n. gen., n.sp. a new genus of Lituolid foraminifera: *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 9, 1-3.
- Neagu, T. y Cirnaru, P. 2004. GENUS *CHOFFATELLA* (SCHLUMBERGER), 1904 (FORAMINIFERA) IN THE LOWER APTIAN (BEDOULIAN) FROM SOUTHERN DOBROGEA AND SE PART OF THE ROMANIAN PLAIN. *Acta Paleontologica Romaniaae*. 4: 269-275.

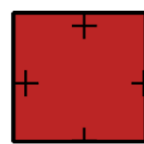
- Omaña, L. y Alencáster, G. 2009. Lower Aptian shallow-water benthic foraminiferal assemblage from the Chilacachapa range in the Guerrero-Morelos Platform, south Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26 (3): 575-586.
- Omaña, L., Alencaster, G. y Buitrón, B. E. 2016. Mid-early late Albian foraminiferal assemblage from the El Abra Formation in the El Madroño locality, eastern Valles–San Luis Potosí Platform, Mexico: Paleoenvironmental and paleobiogeographical significance. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 68(3): 477-496.
- Saraswati, P. K. y Srinivasan, M. S. 2016. *Micropaleontology, principles and applications*. Springer: 223 p. DOI 10.1007/978-3-319-14574-7
- Scott, R. W. 2022. Barremian-Albian Larger Benthic Foraminiferal Zones (Lower Cretaceous), Gulf of Mexico Region: A Key to Correlating Carbonate Reservoirs. *GCAGS (Gulf Coast Association of Geological Societies) Journal*. 11: 115-123.
- Schlumberger, C. 1905. Note sur le genre *Choffatella* n. g. *Comunicações da Comissão do Serviço Geológico de Portugal*. 6: 155-157.
- Simmons, M. D. y Aretz, M. 2026. “Large benthic foraminifera” en Gradstein, F. M., Zalasiewicz, J., Williams, M. y Waskowska, A. “Fossils and Earth Time”. Elsevier: 149-166. DOI 10.1016/B978-0-443-29092-3.00014-5



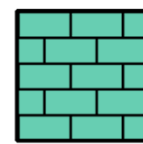
Litología



Arenisca



Intrusivo igneo



Caliza



Conglomerado

Sección geológica de la localidad “E” Los Reyes Metzontla.

