



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE GASTERÓPODOS
DE LA FAMILIA NERINEIDAE DE LA FORMACIÓN
SAN JUAN RAYA, ESTADO DE PUEBLA.**

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA:
BERNARDO RODRÍGUEZ MORENO

TUTOR
Dra. BLANCA E. BUITRÓN SÁNCHEZ
Instituto de Geología

COMITÉ TUTORAL:
Dr. Josep Anton Moreno Bedmar
Dr. Ricardo Barragán Manzo
Dr. Miguel Ángel Torres Martínez
Instituto de Geología
Dr. Alfredo Laguarda Figueras
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

Ciudad Universitaria CdMx

Octubre 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*La ciencia será siempre una búsqueda,
jamás un descubrimiento real. Es un
viaje, nunca una llegada.*

-Karl Raiumd Popper

CONTENIDO

RESUMEN	3
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS PARTICULARES	10
HIPÓTESIS	11
PHYLUM MOLLUSCA	12
CLASE GASTROPODA	13
Morfología externa de los gasterópodos	14
Evolución de los gasterópodos	16
FAMILIA NERINEIDAE ZITTEL, 1873	18
Generalidades de los Nerineidos.....	18
Identificación de los Nerineidos.....	19
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
IMPORTANCIA DE LA REGIÓN PALEONTOLÓGICA	24
CLIMA, FLORA Y FAUNA	24
Clima.....	24
Flora.....	24
Fauna.....	25
FISIOGRAFÍA	26
Sierra Madre del Sur.....	26
METODOLOGÍA	
Trabajo de campo.....	28
Actividades de gabinete	30
Actividades de laboratorio	30
MARCO GEOLÓGICO	
Cuenca de Zapotitlán.....	33
Formación San Juan Raya	35
CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS	36
Barranca Grande.....	37
Barranca Agua de Mezquite	41
RESULTADOS	46
Paleontología Sistemática	46
RESULTADOS DEL NANOPLANCTON	67
Datos bioestratigráficos con nanoplancton.....	67

IMPORTANCIA BIOESTRATIGRÁFICA DE LOS NERINEIDOS	71
CONSIDERACIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS DE LOS NERINEIDOS	74
CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS	78
DISCUSIÓN	82
CONCLUSIONES	86
LÁMINAS	88
LITERATURA CITADA	100
APÉNDICE	109

Índice de Ilustraciones

Figura 1. Morfología general de los gasterópodos.....	16
Figura 2. Tipo de enrollamiento de una concha de gasterópodo.....	17
Figura 3. Vista general de <i>Nerinea</i>	19
Figura 4a. Diagramas de plegamiento interno de nerineas.....	20
Figura 4b. Diagrama del interior de nerineidos más importantes en México.....	21
Figura 5. Mapa de ubicación Barranca Grande	22
Figura 6. Localización geográfica del área de estudio.....	23
Figura 7. División fisiográfica de la SMS	27
Figura 8. Fotografía del inicio de la columna estratigráfica Barranca Grande.....	28
Figura 9. Fotografía de muestras de margas.....	29
Figura 10. Ejemplos de películas de acetato.....	32
Figura 11. Base de la Formación San Juan Raya.....	38
Figura 12. Estrato calcáreo con abundantes fósiles	38
Figura 13. Huella de Sauropodo.....	39
Figura 14. Toma de muestra de marga fresca.....	39
Figura 15. Columna estratigráfica Barranca Grande.....	40
Figura 16. Fotografía Barranca Agua de Mezquite.....	41
Figura 17. Nerineidos en asociación con otros organismos.....	42
Figura 18. Nerineidos encontrados en la columna 2.....	42
Figura 19. Sección de la porción sur Barranca Agua del Mezquite.....	43
Figura 20. Sección medida a unos metros de columna 2.....	44
Figura 21. Fotografía de <i>Eunerinea poblana</i> (Buitrón).....	45
Figura 22. Nerineidos de la columna 3.....	45

Figura 23. <i>Nerinea desvoidyi</i> d'Orbigny	47
Figura 24a. Diagrama de <i>Cossmannea titania</i> (Felix, 1891).....	48
Figura 24b. Sección interna de <i>Cossmannea titania</i> (Felix).....	49
Figura 25. Comparación de <i>Cossmannea titania</i> (Felix).....	50
Figura 26. <i>Nerinea castor</i> d'Orbigny, 1847.....	51
Figura 27a. Diagrama de <i>Eunerinea poblana</i> (Buitrón).....	52
Figura 27b. Sección interna de <i>Eunerinea poblana</i> (Buitrón).....	53
Figura 28. Comparación de <i>Eunerinea poblana</i> (Buitrón).....	54
Figura 29. <i>Nerinea chsakliana</i> Herbich, 1886.....	56
Figura 30a. Diagrama de <i>Diptixys luttickei</i> (Blanckenhorn).....	58
Figura 30b. Sección interna de <i>Diptixys luttickei</i> (Blanckenhorn).....	58
Figura 31. Comparación de <i>Diptixys luttickei</i> (Blanckenhorn).....	60
Figura 32a. Diagrama de <i>Diptyxis azteca</i> (Alencáster).....	61
Figura 32b. Sección interna de <i>Diptyxis azteca</i> (Alencáster).....	62
Figura 33. Comparación de <i>Diptyxis azteca</i> (Alencáster).....	63
Figura 34a. Diagrama de <i>Diptyxys euphyes</i> (Felix).....	64
Figura 34b. Sección interna de <i>Diptyxys euphyes</i> (Felix).....	65
Figura 35. Comparación de <i>Diptyxys euphyes</i> (Felix).....	66
Figura 36. Diferencias entre la morfología interna de <i>Adiozoptyxis coquandiana</i>	76
Figura 37. Ubicación en la plataforma de las especies de nerineidos descritos en este trabajo	81
Figura 38. Correlación secciones estratigráficas, Formación San Juan Raya	84
Lámina 1. Secciones axiales de <i>Cossmannea titania</i> (Felix).....	89
Lámina 2. Secciones axiales de <i>Eunerinea poblana</i> (Buitrón).....	91
Lámina 3. Secciones axiales de <i>Eunerinea poblana</i> (Buitrón).....	93
Lámina 4. Secciones axiales de <i>Diptyxys luttickei</i> (Blanckenhorn).....	95

Lámina 5. Secciones axiales de <i>Diptyxis azteca</i> (Alencáster).....	97
Lámina 6. Secciones axiales de <i>Diptyxis euphyes</i> (Felix).....	99

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada con número de CVU 816521.

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por haberme dado la oportunidad de formarme como profesionista.

Al Instituto de Geología, por permitir mi estancia en sus instalaciones y por facilitarnos el trabajo científico.

A todo el posgrado en Ciencias de la Tierra, a sus académicos y técnicos, quienes tanto en las aulas como fuera de ellas transmiten sus conocimientos que ha sido de gran ayuda para realizar este trabajo.

A la Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez, por aceptar ser mi tutora, mi guía en esta parte de mi vida, por ser una colega y una amiga en todo este proceso. Gracias por todos los conocimientos transmitidos.

Al Dr. Ricardo Barragán Manzo quien fue parte de mi comité tutorial y me dio invaluable consejos para la realización de esta tesis.

Un agradecimiento muy especial al Dr. Josep A. Moreno Bedmar, por su tiempo para acompañarme a mi área de estudio, por todos sus consejos, observaciones, dedicación y esfuerzo para que esta tesis se pudiera llevar a cabo. Infinitamente agradecido y en deuda.

Agradecimiento a todos los miembros del Jurado examinador de esta tesis, quienes dedicaron tiempo y observaciones para mejorar este trabajo. Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez, Dr. Josep A. Moreno Bedmar, Dr. Ricardo Barragán Manzo, Dr. Miguel A. Torres Martínez y Dr. Alfredo Laguarda Figueras.

A Jasson Jeremiah por la gran ayuda recibida para el logro de este trabajo.

A mis amigos, quienes al igual que yo, sufrimos y disfrutamos la estancia en la maestría, gracias por las vivencias, los recuerdos, las enseñanzas, los llevaré siempre en mi corazón, Analí, Natalie, Ulises, Paola, Sandra, Ismael y Palemón, también a todos mis amigos colombianos.

A mi novia Luz Dary Rincón por soportar mis ratos de mal humor, por ayudarme en la tesis y por darle un motivo más a esta vida. Gracias por todo el apoyo brindado.

Gracias a mi madre Adelina Moreno Pastrana, por ser la principal promotora de mis sueños desde la infancia, por confiar y creer en mí, por educarme, guiarme y protegerme. Gracias también a mi padre Bernardo Rodríguez Salmerón, por todos los días de desvelo que ocasioné, por todas las preocupaciones, por ser un guía en esta vida y ser siempre un ejemplo.

Gracias a mis padres por formarme, educarme, guiarme y protegerme, les doy las gracias porque sin ustedes jamás podría ser lo que hoy soy, este escalón más en mi educación también es su logro, los amo con todo el corazón. La vida de un estudiante es muy pesada, pero con su ayuda esa carga disminuye considerablemente, yo sé todo lo que ustedes sufrieron por lograr sus metas y les estoy eternamente agradecidos por hacer que las mías fueran sencillas de alcanzar, nunca les pagaré todo lo que me han brindado y no solo hablo de lo económico, sino de toda la dedicación, de los días de desvelo, las preocupaciones, los enojos que les hice pasar, las horas por teléfono escuchando mis amargas historias y todas las palabras de consuelo que me dieron, gracias por amarme tanto como yo lo hago y gracias por ser mis principales ejemplos de superación. Tengo a los mejores padres del mundo, aquellos que me educaron con mano dura, me regañaron cuando era necesario, me castigaron, me obligaron a hacer labores domésticas, me forzaron a estudiar cuando yo solo quería jugar, pero gracias a todo esto soy un hombre de bien. No saben cómo doy gracias a Dios por permitirme ser su hijo y espero en un futuro poder educar a mis hijos como ustedes nos educaron a nosotros.

Gracias también a mis hermanas Dania y Céilan por toda la paciencia y por ayudarme siempre en mi camino educativo, a mis sobrinos Dania Isabel y Juan Isaid por ser un motor para querer superarme.

También agradezco a mis abuelitos Galo, Merced, Laura y Cecilio por ayudar a mis padres a educarme, por amarme y por siempre estar cuando los necesito, sé que pocas veces se los digo pero los amo.

A mi tía María Esther, por escucharme y aconsejarme, por acompañar mis desvelos, por hacer más fácil mi vida de estudiante y por siempre regalarme una sonrisa cuando tenía el peor día. A Balam y Priscilla por acogerme en su hogar y hacerme sentir siempre uno más de su familia, estaré eternamente agradecido.

A toda mi familia por el apoyo recibido.

Resumen

En esta tesis se revisó la taxonomía, a nivel específico de numerosos ejemplares de gasterópodos nerineidos que proceden de la Barranca Grande y de la Barranca Agua de Mezquite, ubicadas en las cercanías del poblado de Santa Ana Teloxtoc, en el sureste del estado de Puebla. Los gasterópodos que se han reconocido corresponden a las especies *Diplyxys azteca* (Alencáster), *Diplyxys euphyes* (Felix), *Diplyxys luttickei* (Blanckenhorn), *Cossmannea titania* (Felix) y *Eunerinea poblana* (Buitrón) las cuales fueron recolectadas en la parte basal de la Formación San Juan Raya y se precisó la edad de los afloramientos de esta formación.

Para realizar la revisión taxonómica a nivel del género de estas especies, se observaron las características de la morfología externa de la concha, como el tamaño promedio, la forma, turritada o cilíndrica, la altura de las vueltas, la sutura que las separa en la espira y la base, si es sutura impresa o surco sutural, la ornamentación que consiste en bandas espirales lisas o con tubérculos, la forma redonda o cuadrangular de la abertura, presencia o ausencia de ombligo. En la sección axial interna de la concha se observaron las características del plegamiento que consisten en el número, forma y orientación de los diferentes pliegues labial, columelar y parietal y de los lóbulos que los separan.

Los estudios del nanoplancton procedente de tres columnas de dicha localidad revelan que, la edad oscila entre el Valanginiano tardío y el Hauteriviano temprano para la parte basal de la Formación San Juan Raya, tradicionalmente datada únicamente como Aptiano.

El análisis de la paleoecología y distribución paleogeográfica de las especies de nerineidos estudiadas, confirma que se desarrollaron en mares someros y tropicales en las cercanías de regiones arrecifales asociadas a otros organismos, principalmente rudistas durante el Cretácico temprano, en la porción sureste de México que formaba parte del Dominio del Tethys.

Abstract

In this thesis the taxonomy at the generic level of numerous specimens of nerineid gastropods sampled from the Barranca Grande and the Barranca Agua de Mezquite, located in the vicinity of the town of Santa Ana Teloxtoc, in the southeast of the state of Puebla, was revised. Recognized gastropods correspond to the species *Diptyxis azteca* (Alencáster), *Diptyxis euphyes* (Felix), *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn), *Cossmanea titania* (Felix) and *Eunerinea poblana* (Buitrón) which were collected in the basal part of the San Juan Raya Formation. Also, the age of the outcrops of this formation was corroborate.

For taxonomic revision at the genus level of the species, the characteristics of the external morphology of the shell were observed, standing out the average size, the shape, turruculate or cylindrical, the height of the whorls, the suture that separates them in the spire and base, if it is impressed suture or channeled suture, the ornamentation consisting of smooth spiral band or tubercle, the round or quadrangular shape of the aperture and presence or absence of umbilicus. In the internal axial section of the shell, the characteristics of the folding were observed, consisting of the number, shape and orientation of the different ones of the labial, columellar and parietal folds and of the lobes that separate them.

The studies of the nanoplankton from three columns of this locality reveal that the age oscillates between the late Valanginian and the early Hauterivian for the basal part of the San Juan Raya Formation, traditionally dated only as Aptian.

The analysis of the paleoecology and paleogeographic distribution of the species of nerineids studied herein, confirms that they developed in shallow and tropical seas near reef regions associated with other organisms, mainly rudists during the Early Cretaceous in the southeastern portion of Mexico that was part of the Tethys Domain.

Introducción

Las rocas carbonatadas mesozoicas de ambiente marino, somero, cálido en México son abundantes en afloramientos del territorio nacional, debido a que fue cubierto en gran parte por una gruesa secuencia de sedimentos. Esto se debió a la apertura hacia el oeste del mar del Tethys y la conexión marina entre éste y el Proto-Caribe, evento sucedido en el jurásico y el cretácico, lo que permitió la expansión de ambientes marinos tropicales y biotas del Tethys dentro de la región del Proto Golfo de México durante este lapso (Frankes, 1979). Las rocas cretácicas son las más abundantes en afloramientos en México y se pueden encontrar a lo largo del territorio nacional, comprendiendo principalmente los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas, Chiapas, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Puebla, siendo las rocas del sureste del país en donde se encuentran los más abundantes y diversos ejemplares fósiles de toda la república mexicana (Buitrón y Barceló-Duarte 1980; Lehmann et al., 1998). Es importante mencionar que dentro de esta biota los gasterópodos son los más abundantes y no han sido completamente estudiados.

Los afloramientos fosilíferos de la región central de México, particularmente en el estado de Puebla, contienen una numerosa biota del Cretácico, entre ellos corales, bivalvos, gasterópodos y equinodermos. Este trabajo se centra en la Formación San Juan Raya, una de las unidades fosilíferas más importantes en México. Esta formación ha sido estudiada desde el siglo XIX por geólogos europeos, pero de forma superficial. Es hasta que Nyst y Galeotti (1840), Aguilera (1906) y Calderón-García (1956) estudian más a fondo la geología de la región, otorgándole el nombre formal de Formación San Juan Raya. A partir de estos estudios se generaron decenas de artículos en donde se habla tanto de la geología como de los organismos fósiles presentes en el área, destacando los

artículos de Müllerried (1934) en donde reportó numerosos ejemplares de rudistas, amonites y gasterópodos, Alencáster de Cserna (1956) quien aparte de describir especies de bivalvos y gasterópodos, fue la primera en realizar estudios de nerineidos de forma detallada, Buitrón y Barceló-Duarte (1980), quienes clasificaron algunas especies de gasterópodos entre ellos especies de nerineidos que describieron con más detalle que Alencáster de Cserna, Mendoza-Rosales (2010), realizó estudios detallados de la Cuenca de Zapotitlán y González-León et al. (2015), propusieron nuevos fechamientos para la parte baja de la Formación San Juan Raya. Es importante señalar que es Blanca E. Buitrón Sánchez en conjunto con numerosos colaboradores, la principal exponente de los nerineidos en todo México.

La investigación que se presenta a continuación es sobre el estudio de los gasterópodos, concretamente de la familia Nerineidae Zittel 1873, cuyos ejemplares han sido recolectados en diversos afloramientos de la Formación San Juan Raya del estado de Puebla. Estos organismos se estudiaron con base en su morfología tanto interna como externa, las cuales ayudaron a realizar las identificaciones a nivel de especie de cada ejemplar. Aunado al estudio de los nerineidos, se realizó el análisis de muestras margosas que contenían abundantes nanofósiles, especialmente nanoplancton. El estudio se utilizó para hacer una datación más exacta de los nerineidos del área de estudio y por consiguiente fechar también con mejor exactitud la Formación San Juan Raya.

El nanoplancton es utilizado por su fácil procesamiento, su abundancia y su amplia distribución geográfica lo que lo hace un mejor fósil índice que los mismos nerineidos, esto evidentemente no le quita la importancia a los nerineidos como buenos fósiles índice, al contrario lo que se pretende es tener un mejor control estratigráfico de estas especies para poder utilizarlas con mejor exactitud geológica.

Este trabajo es de gran importancia ya que se tienen columnas estratigráficas medidas a detalle y en ellas se tiene el control estratigráfico exacto de cada organismo de nerineidos encontrados en el área, además se tiene también el control del nanoplancton estudiado, lo que proporciona un avance muy grande para la datación exacta e irrefutable de las especies de nerineidos encontradas en el área de estudio de la Formación San Juan Raya. También es importante destacar que en esta tesis se hace una taxonomía más detallada y actualizada de las especies de nerineidos, así como una ampliación de las edades de las especies estudiadas en cuanto al registro geológico del mundo, con esto también se pretende proporcionar más argumentos científicos para ampliar la edad con la que está registrada la Formación San Juan Raya tal cual lo han propuestos otros autores como Mendoza-Rosales, (2010) y González-León et al., (2015).

Objetivos generales

- Contribuir al conocimiento integral que se tiene del registro fósil de los gasterópodos cretácicos pertenecientes a la familia Nerineidae recolectados en la Cuenca de Zapotitlán.
- Establecer las relaciones paleogeográficas de las especies de nerineidos del Cretácico de la Formación San Juan Raya con otras localidades de país y de diversas localidades del Dominio del Tethys.

Objetivos particulares

- Determinar y describir las especies de gasterópodos Nerinéidos recolectados en nuevos afloramientos de la Formación San Juan Raya, estado de Puebla.
- Contribuir a la datación más precisa de las especies de nerineidos encontradas en la parte basal de la Formación San Juan Raya con base al estudio de nanoplancton, y así también fechar con más exactitud las rocas del área.
- Contribuir al conocimiento de la paleoecología de la región sureste de Puebla.

Hipótesis

Con los ejemplares de nerineidos recolectados en el área de estudio se realizará una revisión actualizada de la taxonomía de cada especie identificada, de ser el caso se modificara la taxonomía existente con las correcciones pertinentes.

Se harán comparaciones entre especies de nerineas descritas en México y en otras localidades de la región Tethysiana para observar diferencias y similitudes, con esto se pretende poder identificar si todas ellas pertenecen a las especies reportadas en la literatura.

Las edades de los nerineidos fueron asignadas hace más de 60 años, por lo que se pretende hacer estudios con nanoplancton o foraminíferos para determinar con precisión tanto la edad de los estratos de la parte basal de la Formación San Juan Raya como los nerineidos encontrados en la misma, para así tener un mejor control cronoestratigráfico de los nerineidos en México.

PHYLUM MOLLUSCA

El phylum Mollusca presenta una gran diversidad y es uno de los más grandes del reino animal, con 100,000 especies actuales, además de aproximadamente 35,000 especies fósiles. Los Moluscos incluyen algunos de los metazoos más antiguos conocidos (Kenneth, 2010). Las rocas precámbricas tardías del sur de Australia y la región del Mar Blanco en el norte de Rusia, contienen invertebrados bentónicos bilateralmente simétricos con un caparazón univalvo (*Kimberella*) que se asemeja a los de los moluscos. Los primeros moluscos inequívocos son los heliceelloides que proceden de las rocas del Ediacariano tardío en Australia.

Los moluscos se diversificaron en el Cámbrico, siendo muy difícil conocer sus relaciones filogenéticas mediante la morfología, pues es un phylum muy diverso (Carmona et al., 2013), han colonizado en la actualidad muchos de los ambientes existentes. Existen 4 puntos de vista sobre la filogenia de los moluscos, están los que sostienen que los moluscos están cercanamente emparentados con los anélidos, otros que afirman que evolucionaron a partir de un ancestro celomado que compartirían con anélidos, separándose antes de la aparición del metamerismo, unos más dicen que derivaron, junto con la línea anelidiana, de un antecesor acelomado de tipo turbelario y están los que sostienen que evolucionaron independientemente de los anélidos a partir del antecesor turbelarioide. (Carmona et al., 2014 y Brusca y Brusca, 2007).

Los moluscos marinos se encuentran en una gran variedad de sustratos procedentes de las costas rocosas, arrecifes de coral, llanuras de fango y playas de arena. Los gasterópodos y quitones son característicos de estos sustratos duros, y los bivalvos se asocian

comúnmente con sustratos más blandos donde se posan o se entierran en el sedimento.

CLASE GASTROPODA.

La clase Gastropoda ha sido reportada a partir del Cámbrico y debido a su plasticidad y gran adaptación ha permanecido hasta el Reciente (Barnes, 1977). Actualmente se conocen 93,127 especies vivientes y alrededor de 60,000 especies fósiles descritas (Brusca y Brusca, 2007).

Un aspecto poco frecuente de estos moluscos, que los distingue de todos los demás, es la torsión de la masa visceral (Gasrtang, 1929). La mayoría de organismos pertenecientes a estos moluscos realizan un giro de 180° en torno a su eje longitudinal, en dirección contraria a las agujas del reloj, al mismo tiempo que lo hace en espiral, sin embargo existen también moluscos que giran en dirección horaria. Si la abertura queda a la derecha, se trata de una concha dextral o dextrógira; observada la misma desde el ápice, el enroscamiento se produce en el sentido horario. Si la abertura queda a la izquierda, la concha es levógira y vista desde el ápice, el enroscamiento tiene lugar en sentido opuesto al horario (Del Rio y Camacho, 1996). Como consecuencia de ello, la masa visceral con los órganos pares (branquias, riñones y las aurículas del corazón), así como el orificio genital y el periprocto, se trasladan a la parte anterior del cuerpo.

Los gasterópodos presentan tres partes principales; el pie que se localiza en la parte inferior del organismo, la región cefálica ubicada en la parte frontal, que contiene a su vez la boca, dos tentáculos sensoriales y dos ojos en la base y por último la masa visceral alojada en la concha que es univalva. En ocasiones existe un opérculo que cierra la abertura y fosiliza si es calcáreo (Buitrón et al., 2003).

Debido a su amplio registro a través del tiempo geológico y al excelente grado de preservación de sus estructuras rígidas, como las conchas, los gasterópodos son de gran importancia paleontológica, ya que resultan excelentes fósiles índice e indicadores paleoambientales y paleobiogeográficos. Es importante mencionar que los gasterópodos se han caracterizado por ser el taxón que ha experimentado la más grande radiación adaptativa durante el Mesozoico y Cenozoico. Se adaptaron a vivir no solo al ambiente acuático sino también en el ambiente terrestre, lo que produjo una mayor diversificación del grupo en el planeta. Es por esta adaptación evolutiva que se pueden clasificar en dos grandes grupos los pulmonados, son todos aquellos que viven en tierra firme, y los acuáticos que viven en el mar, ríos y lagos.

Morfología externa de los gasterópodos

La concha de estos organismos es una estructura de suma importancia adaptativa, pues además de defensa contra sus depredadores les sirve de anclaje y soporte de las partes blandas. La concha está formada de aragonita, cubierta por el periostraco y constituida por una sola pieza.

La forma y tamaño de la concha es variable, en ella puede observarse un gran número de vueltas que varían en cada especie. El crecimiento se inicia en el ápice y comienza a formarse la espira y posteriormente la vuelta del cuerpo, donde el organismo vive. En cada vuelta de la concha hay una sutura que puede ser superficial o acanalada; el perfil de la vuelta forma el hombro, que puede ser convexo, con rampa o quilla. El sifón en los gasterópodos es grande, compuesto de tejido blando protegido por un tubo largo y angosto llamado canal sifonal, que sirve al animal para respirar y también en algunos casos para poder detectar a su presa. La abertura de la concha está limitada por dos labios,

el externo y el interno, a menudo con dientes. Muchos gasterópodos tienen en la superficie dorsal del pie un opérculo, éste es segregado por una glandula u órgano especial que se encuentra en el pie del organismo, formándose en el estadio larval antes o durante la torsión, el opérculo sirve para cerrar la abertura de la concha (Del Rio et al., 1998). El ápice se encuentra en el extremo posterior de la concha y corresponde a la primera de las vueltas, que es llamada protoconcha, esta es flexible en la primer etapa, es decir en la torsión del organismo y se calcifica cuando la etapa de torsión culmina (Buitrón et al., 2003), conforme aumenta el número de vueltas también aumenta el tamaño de la siguiente vuelta hasta llegar a la parte basal del organismo donde se encuentra la abertura (Fig. 1). Todas las vueltas visibles excepto la de la parte inferior de la concha donde se encuentra la abertura constituyen la espira y la última es denominada vuelta del cuerpo, si la abertura está a la derecha del observador, se dice que la concha es dextral o dextrógira en cambio si la apertura se encuentra a la izquierda observada desde el ápice está concha será levógira (Del Rio y Camacho, 1996).

En la sección interna, sagital de la concha se observa que en la parte media existe una estructura axial o columela, la cual se forma por la unión de las paredes internas de la vuelta, a veces es compacta y otras forma un hueco u ombligo, que en la parte exterior constituye el callo. Durante el proceso de fosilización, las conchas aragoníticas se disuelven por ser menos estables en la naturaleza, dando lugar a moldes que pueden ser rellenados con otros minerales. También es habitual el remplazamiento de aragonita por calcita ya que esta última es más estable químicamente (Buitrón, 1981).

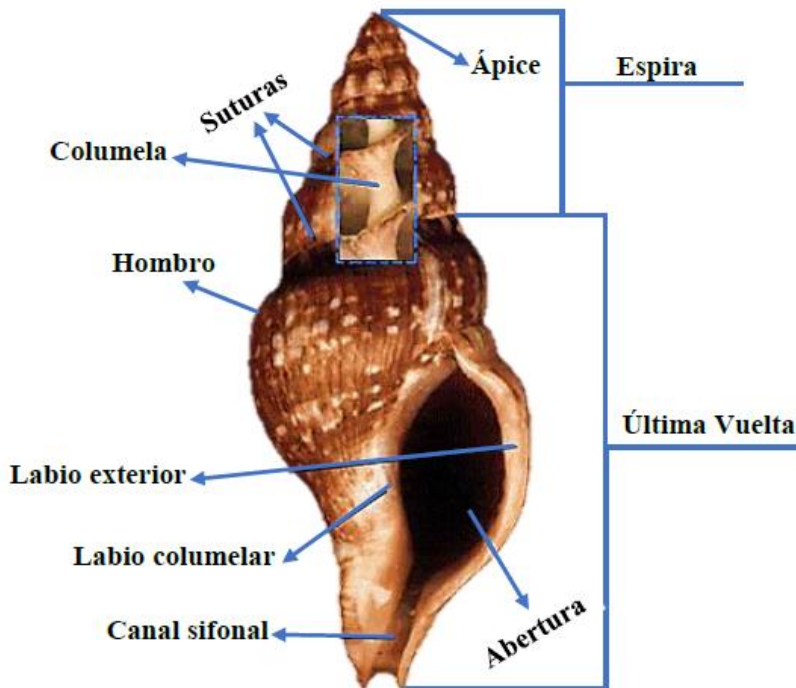


Figura. 1. Morfología general de los gasterópodos, modificada de Fernández-Álamo y Rivera, 2007.

Evolución de los Gasterópodos

Los cambios evolutivos de la clase Gastropoda están relacionados con la torsión del cuerpo y enrollamiento de la concha, así como la modificación en estructuras respiratorias y en el pie. Al principio, la larva posee simetría bilateral la cual experimenta una torsión de 180°, en donde la masa visceral, el manto y cavidad se desplazan en sentido contrario a las manecillas del reloj si el organismo es dextral o en sentido horario si se trata de levógira. Gasrtang (1929) postuló que el valor adaptativo de la torsión es útil para la larva, puesto que la localización anterior de la cavidad del manto, le brinda una mayor protección a la cabeza y partes asociadas a la misma, que permite protegerse ante el ataque de un depredador.

Los gasterópodos en su inicio, en general no presentaban un enrollamiento plano-espiral muy compacto, lo cual tiene muchas desventajas, pero este problema se pudo resolver con el enrollamiento simétrico de la concha, caracterizado por la dirección de las vueltas en torno al eje central que es la columela (Fig. 2).

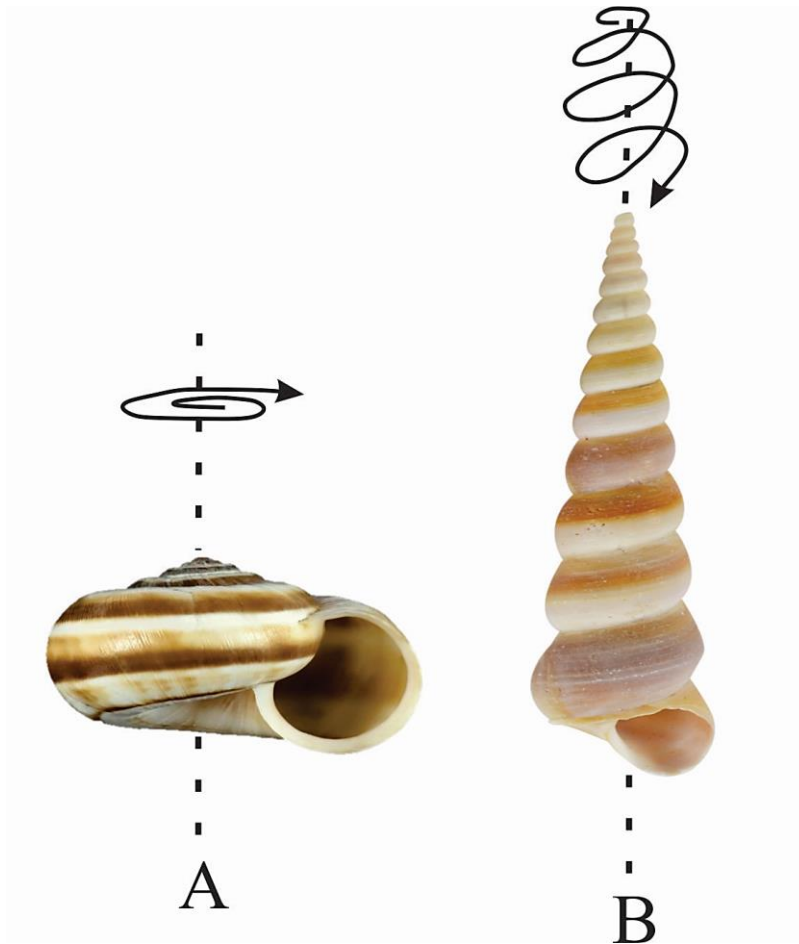


Figura 2. Tipo de enrollamiento. A) Planispiral. B) Helicoidal. Modificado de Martínez-Chacón et al., 2009.

Los gasterópodos son la clase con mayor éxito evolutivo de todos los moluscos. Los organismos marinos de esta clase se adaptaron a vivir en cualquier sustrato, así como también se pudieron adaptar a la vida pelágica. Estos animales han invadido igualmente el agua salada como el

agua dulce, pero uno de sus mayores logros para convertirse en un éxito evolutivo fue el perder las branquias en algunas especies y convertir la cavidad paleal en “pulmones” para poder sobrevivir en el medio terrestre.

Clase GASTROPODA Cuvier, 1797

Superfamilia NERINEACEA Wenz, 1940

Familia NERINEIDAE Zittel, 1873

Género Tipo *Nerinea* DeFrance, 1825

FAMILIA NERINEIDAE ZITTEL, 1873

Generalidades de los Nerineidos

La concha se caracteriza por presentar forma turrizada, cilíndrica o cónica, con numerosas vueltas que aumentan gradualmente de tamaño con perfil plano, convexo o cóncavo, el ángulo apical es pequeño y la sutura impresa. La vuelta del cuerpo es baja con canal sifonal corto. En la parte externa de la concha existen bandas espirales lisas o con tubérculos y líneas de crecimiento oblicuas muy finas. En el interior de la concha y en cada vuelta hay pliegues de la columela, de la pared y del labio externo que se consideran caracteres evolutivos. Los pliegues son más delgados hacia el ápice y van aumentando en tamaño conforme avanzan hacia la base. Estos pliegues tienden a ostentar diferentes grados de complejidad que son de suma importancia para la identificación de las especies. En ejemplares juveniles no llegan a presentarse, sin embargo, es un carácter distinguible entre géneros y de importancia taxonómica (Delpey, 1940; Buitrón y Barceló-Duarte, 1980; Buitrón y Pantoja-Alor, 1998).

Los nerineidos vivieron en los arrecifes o lugares muy cercanos a ellos, se pueden asociar con otros organismos y es común encontrarlos asociados a corales y bivalvos rudistas en rocas del Cretácico de todo el mundo.

Identificación de los Nerineidos.

Para su estudio se hace un corte longitudinal en el centro de la concha, con el objeto de observar la cavidad de las vueltas, el número de pliegues, tipo de columela y ombligo. La identificación de los géneros como de las especies de nerineidos se hace con base en la morfología externa (ángulo apical, número de vueltas, tipo de sutura, etc.) y la morfología interna (tipo de plegamiento, complejidad de plegamiento, ombligo, etc.) (Fig. 3). Para el estudio de la parte interna del organismo se pueden realizar películas de acetato de la superficie pulida para un mejor manejo o en la actualidad se usan imágenes en alta resolución e incluso imágenes escaneadas impresas en acetatos.

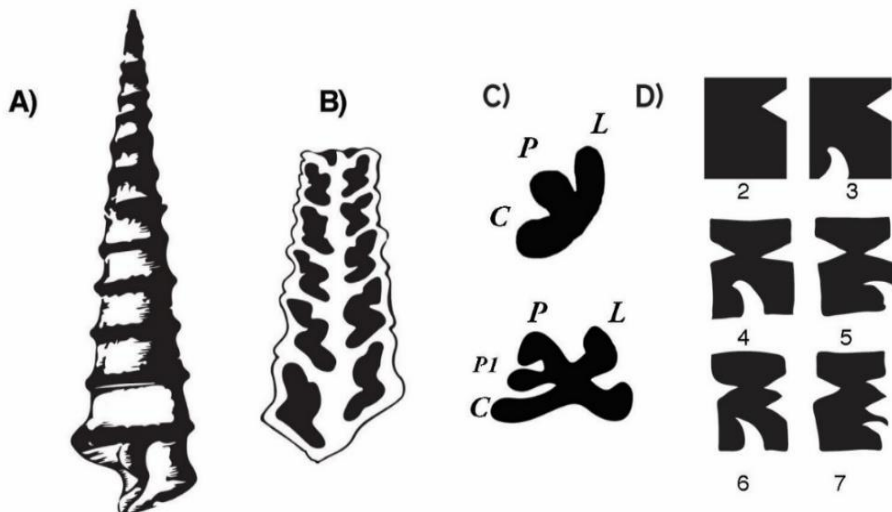
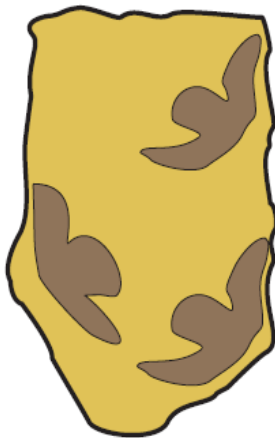
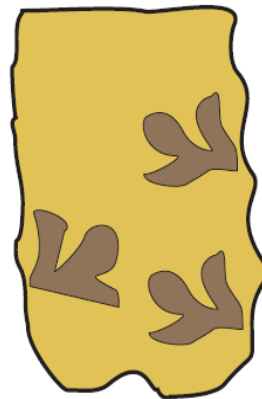


Figura. 3 A) Vista general de una *Nerinea* B) Sección pulida con corte longitudinal de un nerineído adulto. C) Formas más usuales del plegamiento. Cada pliegue posee un nombre. L. Pliegue labial. P. Pliegue parietal (P1, Pliegue parietal primario), C. Pliegue columelar. D) Grados de complejidad de un pliegue (Tomado de Delpy, 1940).

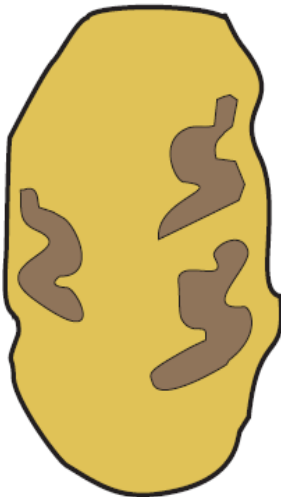
Para una identificación más eficiente de las especies de nerineidos se utilizaron diagramas que la Doctora Buitrón a lo largo de su vida y con sus años de experiencia ha ido realizando de los pliegues internos característicos de cada especie. Entre todos los diagramas recopilados por la doctora en las figuras 4a y 4b se muestran a modo de ejemplo algunos de ellos, habiéndose seleccionado solo aquellas especies más representativas de México. Esto sin duda facilita el trabajo de identificación a nivel específico, aunado a esto se debe realizar la identificación del número de vueltas de la concha así como el ángulo apical de la misma.



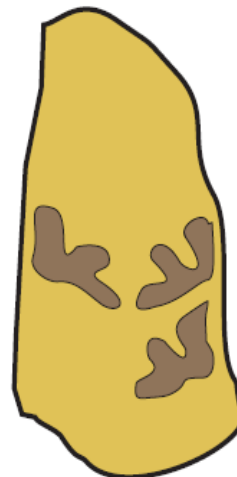
Nerinea titanea



Nerinea luttikei



Nerinea poblana



Nerinea azteca

Figura 4a. Diagramas de plegamiento interno de especies de nerineas representativas de México.

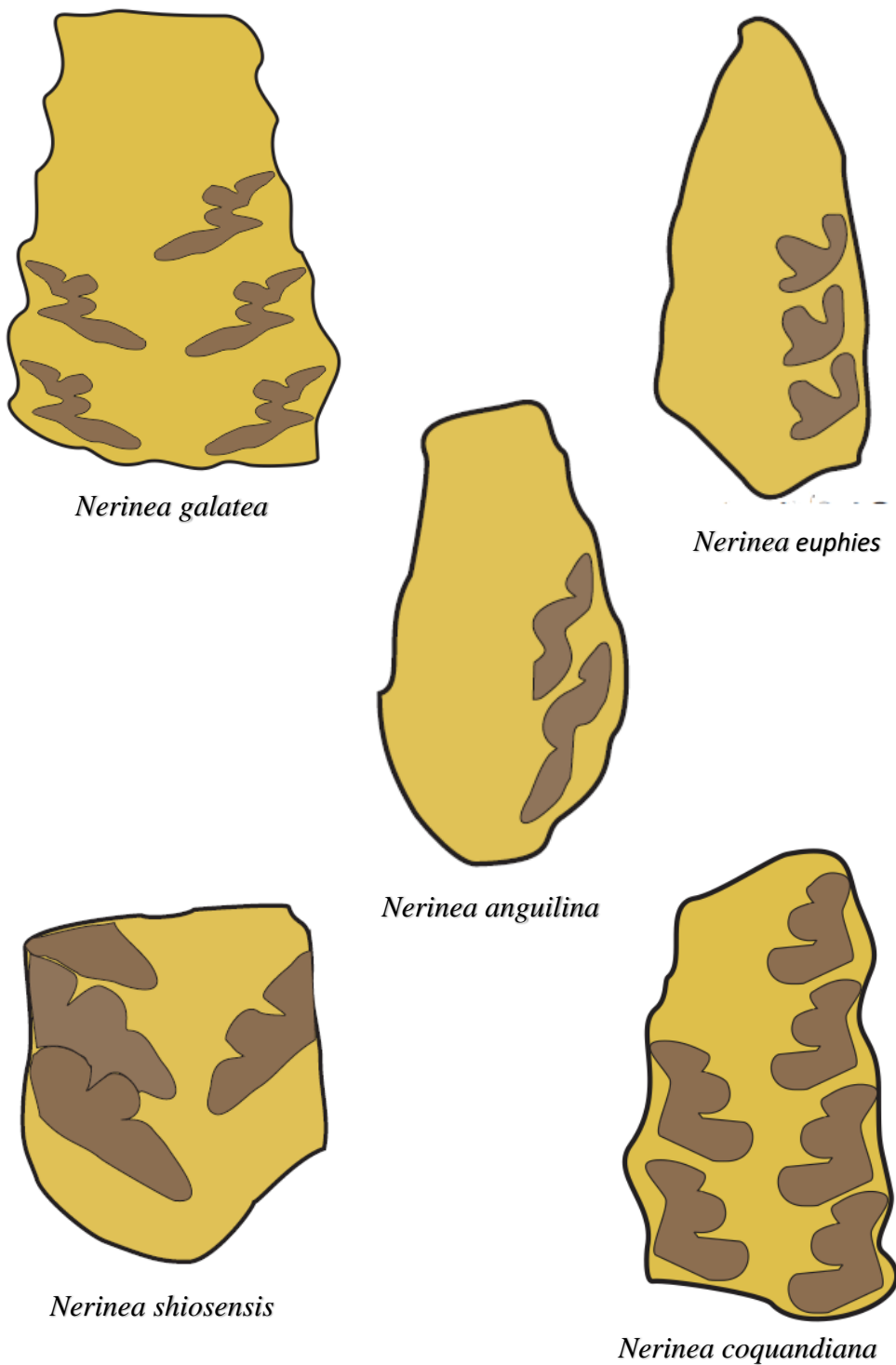


Figura 4b. Diagramas del interior de las especies de nerineidos más importantes en México, donde se aprecian las diferencias morfológicas del plegamiento interno.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Para acceder a Tehuacán partiendo de la Ciudad de México se toma la carretera federal No 150 (México-Puebla-Veracruz vía Tehuacán) y en la ciudad de Tehuacán se cambia a la carretera federal No 135 que llega a Oaxaca, pasando por el poblado de San Juan Raya, Puebla.

Para llegar a la Barranca Grande y a la Barranca Agua del Mezquite, se recorrió una serie de caminos revestidos, brechas y terracerías que conectan a San Juan Raya con poblados cercanos a las barrancas antes mencionadas, como son Santa Ana Teloxtoc y San Lucas Teteletitlán. En la Barranca Grande donde se midió la sección principal esta se encuentra en el costado de una terracería. Para llegar a la segunda barranca denominada Agua del Mezquite se hizo un recorrido extenso en cerros y lomas para poder acceder al área (Figs. 5 y 6).

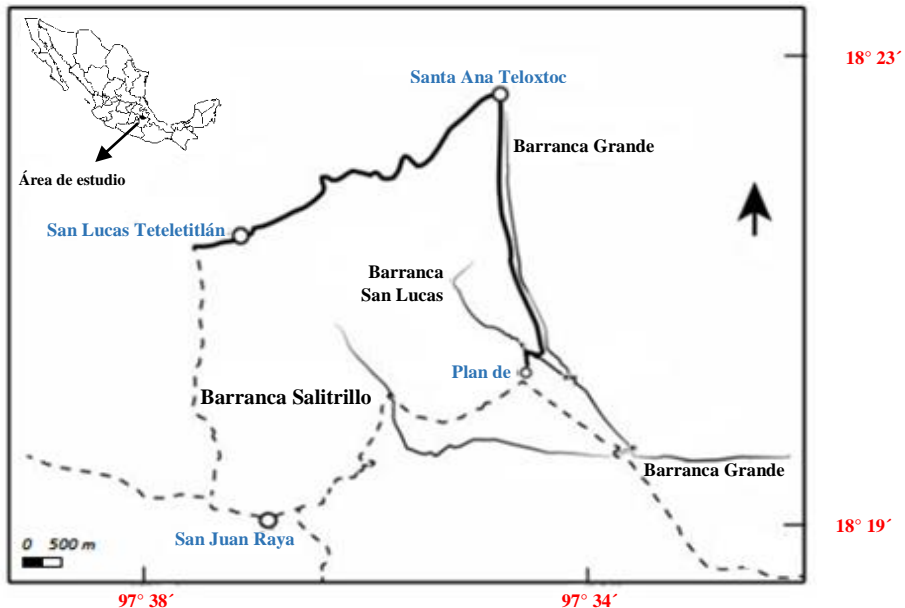


Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio (Barranca Grande) tomado de Hernández-Ocaña et al., 2015.

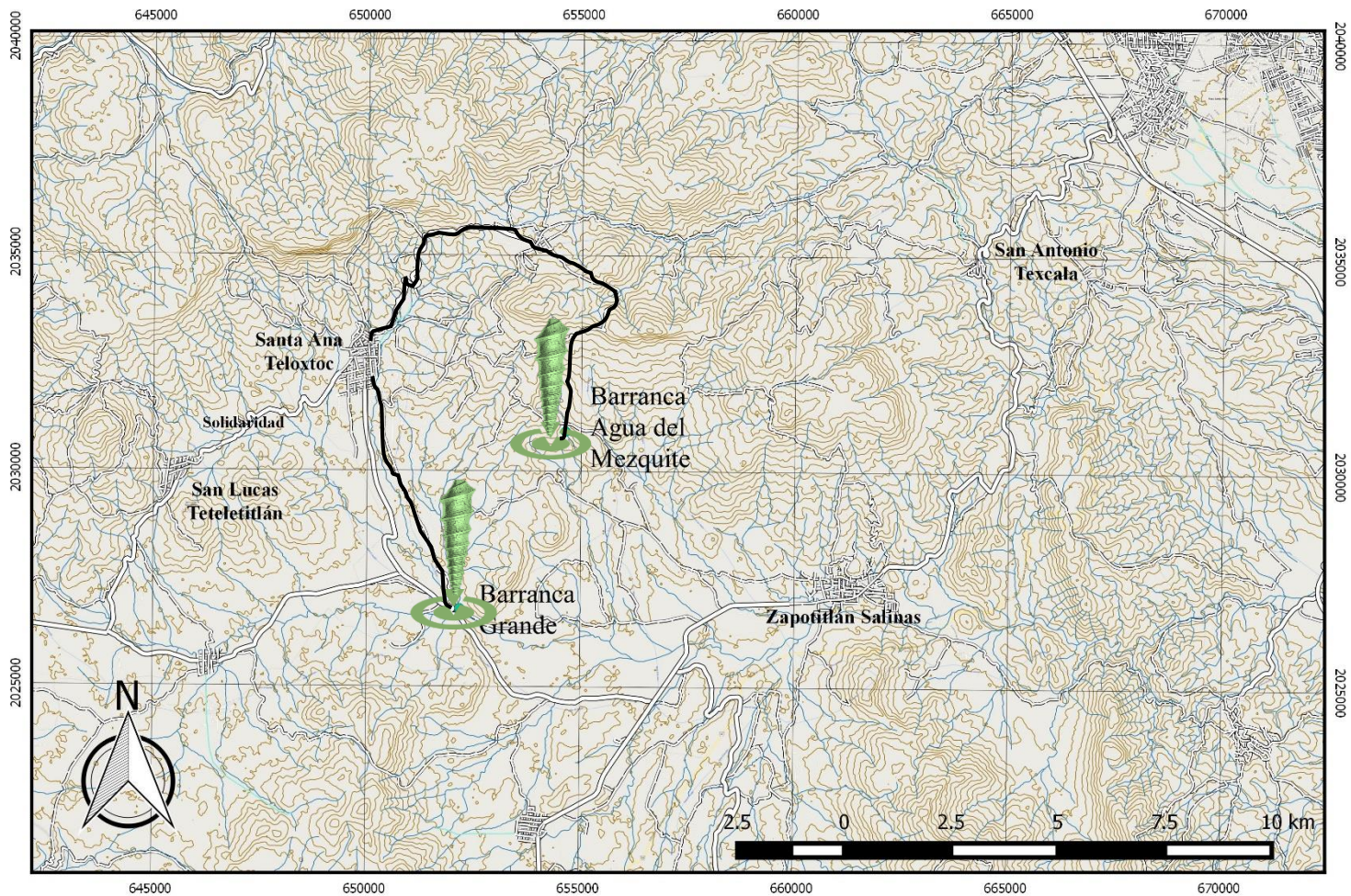


Figura 6. Mapa de localización de Barranca Grande y Barranca Agua del Mezquite.

IMPORTANCIA DE LA REGIÓN PALEONTOLÓGICA

El desarrollo de vías de comunicación hacia la región de Tehuacán y principalmente a los poblados cercanos al área de estudio es de gran importancia en su ámbito político, económico y de desarrollo que impulsa la economía de muchos poblados que se mantienen del turismo de la visita a las zonas fosilíferas. Estas vías de comunicación no son las óptimas para un acceso rápido, pero si facilitan en gran medida el poder llegar a las zonas deseadas para los visitantes.

CLIMA, FLORA Y FAUNA

Clima

El clima de la región es cálido, semiseco y cálido semi-tropical con una temperatura media anual de 19 °C que en los meses más fríos desciende a 8 °C y la temperatura de los meses más calurosos puede llegar hasta los 30 °C; la región presenta lluvias de moderadas a escasas en el verano, comprendiendo esta temporada los meses de junio a septiembre, la precipitación total anual es de 500-1000 mm. En las partes altas de la sierra es frecuente ver que las montañas están coronadas de una espesa neblina que en escasas ocasiones llega a condensarse para formar una llovizna.

Flora

Las regiones de trópico seco que abundan en el sureste de México no son pobres en diversidad florística. Investigaciones realizadas por Rzedowski y McVaugh, 1966 y Rzedowski, 1970 y 1978, han llevado a la

conceptuación del área de estudio, como una Provincia Florística, perteneciente a la Región Fitogeográfica Xerofítica Mexicana. En otros estudios realizados en la misma reserva se menciona que un tercio de la vegetación presente corresponde a especies endémicas, de ahí la importancia que tiene la región en cuestión. Los principales tipos de vegetación son plantas xerófitas y matorrales espinosos, debido a la característica semidesértica del área. En general la zona de estudio presenta grandes parcelas en donde se cultiva maíz, frijol, jitomate, entre otros productos. Las parcelas de terreno que no se utilizan para la siembra están ocupadas por arbustos y mezquites que también abundan en toda la región.

Fauna

La mayoría de los estudios de la biodiversidad en la región se enfocan en la flora debido a la abundante cantidad de especies endémicas que existen y por esta razón hay pocos estudios de la fauna característica. Se han reportado 268 especies de insectos, 7 especies diferentes de peces entre las que destaca la carpa, 53 especies de reptiles, principalmente las serpientes de cascabel e iguanas verdes de las cuales 16 son endémicas y 8 están amenazadas de extinción, en cuanto a los anfibios se reportaron 16 especies, 8 endémicas y 3 amenazadas; para el grupo de las aves se han registrado 356 especies de las cuales 13 son endémicas, con relación a los mamíferos se tienen 100 especies con 16 endémicas, todo lo anterior según datos CONANP actualizados en 2015. (Comisión Nacional de áreas naturales protegidas. «Reserva de la biósfera Tehuacán-Cuicatlán». SEMARNAT. Consultado el 26 de agosto de 2015).

FISIOGRAFÍA

El estado de Puebla se encuentra dividido en cuatro provincias fisiográficas, las Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo Norte, la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. El área de estudio se encuentra dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, limitando al norte con el Eje Neovolcánico, al sur con el océano Pacífico y al este con la Llanura Costera del Golfo y la Cordillera Centroamericana.

Sierra Madre del Sur

Se extiende por toda la costa del Pacífico, tiene una longitud de 1.200 Km, una anchura promedio de 150 Km y una altura media de 2.000 msnm; su punto más alto es el cerro QuieYelaag con 3710 msnm de altura, en el sur de Oaxaca. La Sierra Madre del Sur es la provincia que presenta una mayor complejidad en todo el territorio nacional en cuanto a su geología se refiere, esto debido principalmente al choque que han tenido las placas tectónicas de Cocos y Norteamericana que a su vez provocó el levantamiento de la sierra. Las rocas en toda la provincia son tanto ígneas como sedimentarias, pero con la característica particular que en esta zona es donde están expuestas la mayor cantidad de rocas metamórficas del país (Morán-Zenteno et al. 1993).

El área de estudio a su vez pertenece a la subprovincia Mixteca Alta (Fig. 7), presenta una sierra baja compleja de aluviones continentales antiguos, esta sierra alcanza en sus partes más elevadas una altitud de 2100 metros sobre el nivel medio del mar y se encuentra rodeada por lomeríos de algunos metros de altura y algunas otras lomas escarpadas (García-Mendoza et al. 1994).

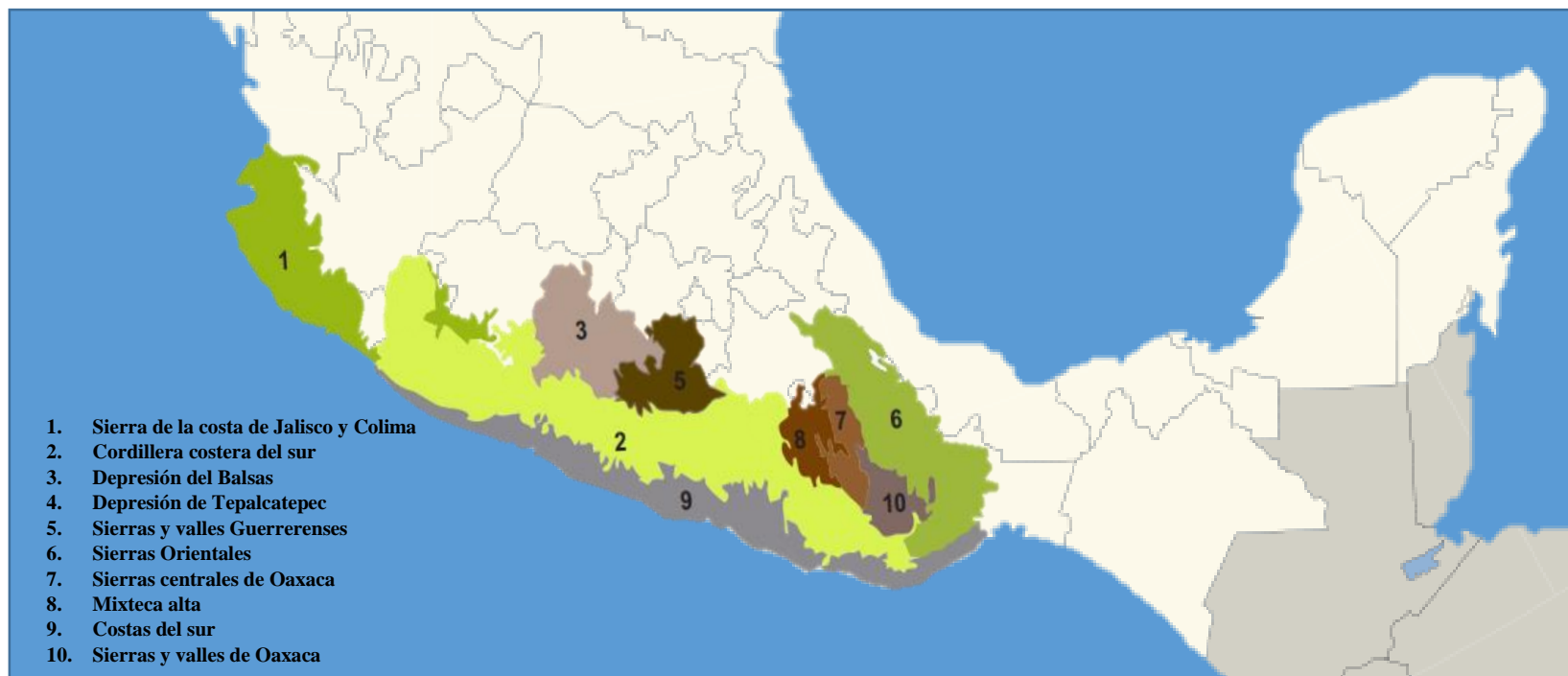


Figura 7. División Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur.

METODOLOGÍA

Trabajo de campo

Se realizó un recorrido rápido de reconocimiento del área para después proceder con la recolecta del material fósil, así como el levantamiento de secciones estratigráficas (Fig. 8). Se realizaron dos visitas a la zona de interés pertenecientes a la Formación San Juan Raya para poder realizar el levantamiento de las secciones estratigráficas así como la recolección de muestras tanto geológicas como de organismos fósiles, la primera fue del 12 al 14 de agosto de 2017 y la segunda del 23 al 25 de septiembre del mismo año. En la prospección geológico-paleontológica se recolectaron además de ejemplares de Nerineidos, muestras de margas frescas con el fin de hacer los estudios sobre nanofósiles, la recolección de muestras se realizó de forma sistemática en toda la columna medida, se tomó muestra fresca de marga en la parte inferior y en la inmediata superior de todos los estratos donde se recolectaron ejemplares de nerineidos.



Figura 8. Inicio de la columna estratigráfica Barranca Grande, Formación San Juan Raya, Puebla.

Las muestras se recolectaron en bolsas pequeñas (Fig. 9), las cuales se etiquetaron adecuadamente para un uso más ordenado, ya en gabinete cada muestra se limpió de restos vegetales que pudieran dañar el estudio. Se contactó a un especialista en nanofósiles para realizar los estudios del grupo. Jason Jeremiah director de Golden Spike Geosolutions Ltd, fue el encargado de dicho estudio, ya que tiene una gran experiencia en este campo. Las muestras le fueron enviadas a Gran Bretaña para ser estudiadas. Para esto, se mandó la mitad de cada muestra (aproximadamente 50 gr. de cada muestra), la otra mitad se quedó en México para posteriores estudios de ser el caso, las muestras tenían que ir debidamente secas y selladas para evitar contaminaciones.



Figura 9. Muestras de margas recolectadas en la zona de estudio.

Una vez recibidas en Gran Bretaña y analizadas, Jason Jeremiah envió los resultados vía escrita por medio del Dr. Josep A. Moreno.

Todos estos estudios de nanoplancton se realizaron con la finalidad de corroborar lo que ya otros autores están proponiendo como González-León et al., 2015, quienes proponen edades más antiguas de las registradas antes de su trabajo. Con esta investigación podremos tener un argumento más sólido para decir que los estratos estudiados en el área de la Formación San Juan Raya, en su parte más basal y con contenido de nerineidos, no son de edades aptianas tal como se había propuesto en trabajos previos de la misma área, sino que son de edades valanginianas-hauterivianas.

Actividades de gabinete

Primeramente, se obtuvo el acervo bibliográfico pertinente de la región de San Juan Raya, que sirvió de base para efectuar la prospección tanto geológica como paleontológica en el área de estudio. Posteriormente de la salida a campo se comenzó a construir las columnas estratigráficas, señalando la posición de todas las muestras estudiadas en ellas.

Con base en la literatura y los diagramas recopilados por la Dra. Buitrón sobre Nerineidos se comenzó con la identificación a nivel de especie de todos los ejemplares recolectados en campo.

Actividades de laboratorio

Se prosiguió con la preparación de las muestras que consistió en la limpieza, cortes y pulido de las superficies de corte de los gasterópodos.

Para la identificación de géneros se estudió la morfología externa de la concha, y se procedió a realizar un corte longitudinal, exactamente en el centro de la misma para así poder apreciar las características morfológicas internas para su identificación genérica.

También se hicieron películas de acetato cuyo procedimiento se explica a continuación. Primeramente se lava con agua y jabón la superficie interna pulida del gasterópodo con el fin de poder eliminar por completo la grasa que pueda tener la muestra.

- 1) Se vierte ácido clorhídrico diluido al 20 o 30% a la superficie pulida, tratando que el ácido cubra uniformemente la superficie y se deja reposar unos minutos.
- 2) Se lava la superficie con agua para eliminar los restos de ácido que pudieran haber quedado. Se toca la muestra para verificar que no esté muy áspera al tacto.
- 3) Se deja secar el espécimen. El agua debe de ser eliminada por completo por ello es necesario que la muestra se seque por 24 horas aproximadamente y de ser necesario podría pasar por la flama, pero lo más recomendado es que seque naturalmente. Si la muestra no está completamente seca la acetona quemará demasiado la muestra y esta no podrá despegarse.
- 4) Se pone el ejemplar sobre una base de plastilina, esto con la finalidad de que quede totalmente horizontal para poder trabajar mejor la superficie.
- 5) Se corta un trozo de película de acetato aproximadamente del tamaño del ejemplar, con un sobrante de cada lado. La película debe de ser de un espesor mediano.
- 6) Se vacía acetona sobre el espécimen que se está trabajando a manera de cubrir este completamente, inmediatamente se cubre la superficie bañada con acetona con la capa de acetato y se presiona levemente la superficie con un trapo limpio y seco para tratar que no queden bombas de aire entre la película y la superficie. La película debe quedar perfectamente adherida a la superficie y sin ninguna burbuja de aire.

7) Se deja secar por 24 horas o hasta que la acetona este completamente seca y se procede a retirar la película (Fig. 10). Al retirar no se debe de ofrecer demasiada resistencia, de ser el caso dejarla secar un tiempo más. Es recomendable separar primero los bordes e ir despegando de forma uniforme, en caso de que la película haya quedado demasiado adherida o se esté rompiendo y no se pueda separar es recomendable usar una navaja de afeitar para intentar separar la película. Si a pesar de todo lo anterior la película no se separa correctamente lo mejor es volver a iniciar el procedimiento desde pulir la superficie nuevamente.



Figura 10. Ejemplos de películas de acetatos.

La técnica anterior es muy laboriosa y en parte fue sustituida por el escaneo de las superficies internas pulidas donde el resultado es el mismo, pero con un nivel de desgaste menor, y también es una técnica que sale con un costo económico menor que la del *peel*. Esta técnica consiste en escanear los ejemplares de nerineidos previamente cortados longitudinalmente y pulidos. Finalmente, la imagen se imprime en acetato para poder realizar el estudio detallado.

MARCO GEOLÓGICO

Cuenca de Zapotitlán

La Cuenca de Zapotitlán se encuentra al suroeste de Tehuacán en el estado de Puebla, y se caracteriza por su excelente exposición de rocas cretácicas, principalmente sedimentarias, destacándose a nivel mundial por su gran contenido fosilífero. La cuenca tiene una superficie de 199 Km², con un desnivel de 1280 m, y altitud 1400 m en la parte más baja (García-Oliva, 1991).

La Cuenca de Zapotitlán es una cuenca deposicional siliciclástica desarrollada en un sistema de fallas de medio graben (Mendoza-Rosales et al., 2010). Las rocas de esta cuenca varían desde rocas clásticas sintectónicas a rocas marinas calcáreas. Mendoza-Rosales et al., 2010 mencionan que las formaciones que comprende esta cuenca corresponden a ambientes marinos específicos, las formaciones Caltepec, La Compañía, San Juan Raya, Agua del Burro y Agua del Cordero tienen un ambiente costero que incluye depósitos de abanico delta, planicie costera, de tormenta, laguna y biohermas, mientras que la Formación Zapotitlán presenta depósitos de turbiditas y flujos detríticos, también menciona que la Formación San Juan Raya en el Aptiano evoluciona a una costa rectilínea con gran presencia de oleaje. Pero de forma general se puede considerar a esta cuenca como un ambiente marino mixto. Aunque las rocas más antiguas que afloran en la Cuenca Zapotitlán son del Cretácico es difícil saber con precisión el origen de esta, ya que tampoco existen interpretaciones tectónicas que ayuden a explicar el origen de la cuenca (Mendoza-Rosales et al., 2010).

La Formación Zapotitlán está conformada por una secuencia de lutitas calcáreas grises, con bancos gruesos de caliza gris con abundantes monopleuras y nerineas del Barremiano, que afloran en las cercanías de

Zapotitlán Salinas en el estado de Puebla. Calderón-García (1956) divide a la Formación Zapotitlán en dos grandes miembros que son, Agua del Burro y Agua del Cordero, menciona que el contenido fosilífero es muy pobre con excepción de los bancos de caliza con monopleuras y nerineas. Se estima un espesor aproximado de 1200 m (Buitrón y Barceló-Duarte, 1980). Fries (1960) y Buitrón y Barceló-Duarte (1980) suponen que la unidad descrita puede ser equivalente en tiempo a la Formación Xochicalco de la Cuenca del Río Balsas en el estado de Guerrero. Barceló-Duarte (1978) menciona la correlación de esta unidad con algunas formaciones presentes en el sur y centro de México.

Formación La Compañía. La litología está conformada por conglomerados, areniscas lenticulares, areniscas calcáreas con fósiles, estratos de calizas boundstone y calcarenitas. Esta formación tiene una edad del Barremiano. La Compañía consta de facies de abanicos aluviales, abanicos de mareas, lagunares y arrecifales.

Formación Caltepec. Consiste en una intercalación rítmica entre conglomerados, areniscas conglomeráticas y lodolitas en una sucesión grano decreciente (Hernández-Láscars, 2000), los conglomerados texturalmente son inmaduros, mal clasificados, soportados por una matriz arenosa con abundantes clastos de esquisto verde, granito, cuarzo metamórfico y en mucho menos abundancia hay clastos de micas, fragmentos de rocas volcánicas y areniscas. Las rocas de esta formación descansan sobre una discordancia angular de las rocas del Complejo Acatlán y el Granito Cozahuico, teniendo edades que pueden iniciar en el Hauteriviano de acuerdo a estudios estratigráficos hechos por Mendoza-Rosales, 2010 en su tesis doctoral y extenderse al Barremiano temprano.

Formación San Juan Raya

La Formación San Juan Raya fue reconocida originalmente por Aguilera (1906) que la denominó "División San Juan Raya". Calderón-García (1956) la describe como Formación San Juan Raya, y mide una sección de 1250 m en el cerro El Gavilán. La unidad está conformada por lutita calcárea de color gris verdoso que se intemperiza a verde amarillento, es micacífera, con intercalaciones de bancos delgados de 3-20 cm de espesor de arenisca calcárea gris de grano fino a mediano, presenta lentes de 5 m de diámetro por 25 m de espesor de coquinas de ostréidos.

Barceló-Duarte (1978), Buitrón y Barceló-Duarte (1980) describen la litología de esta unidad como una lutita de color gris verdoso y gris en estratos de 2-30 cm de espesor; con capas erráticas de 10-20 cm de lutita de color gris violáceo y capas de lutita calcárea de 1-5 cm de espesor con gran cantidad de pistas de gusanos, intercaladas con arenisca y arenisca calcárea de color gris y gris verdoso de grano fino a medio en estratos de 2-50 cm de espesor, muy fracturadas y con gran cantidad de vetillas de calcita en donde se presentan bancos de nerineas, corales y ostras que forman coquinas.

La Formación San Juan Raya cambia lateralmente a la Formación Miahuatepec que consiste en caliza de color gris-negro con marga y cubre concordantemente a la Formación Zapotitlán (Barremiano inferior-superior); hacia el este sobreyace con la Formación Agua del Burro (Barremiano inferior-Aptiano inferior) y hacia el sureste su contacto es transicional con los conglomerados de la Formación Agua del Cordero (Barremiano superior-Aptiano inferior).

El contacto superior es discordante con la Formación Cipiapa (Albiano-Cenomaniano) y con depósitos de aluvión (Hernández-Lascares et al., 1990).

Recientemente, Mendoza-Rosales (2010), expone de manera informal la reagrupación de las unidades de la zona, nombrando dos formaciones nuevas (Caltepec y La Compañía) y considerando a Agua de Burro como el miembro inferior de la Formación San Juan Raya, basándose principalmente en la similitud que presentan sus asociaciones de facies, todas ellas sedimentadas en ambientes costeros o marinos someros, durante el lapso Barremiano-Aptiano temprano, restringiendo como Formación Zapotitlán a la sucesión arcillo-arenosa y calcárea de edad Hauteriviano (?) - Barremiano acumulada en ambientes marinos más distales a turbiditas de aguas someras en una plataforma clástica, todo esto en su estudio de la evolución tectono-sedimentaria de la región San Juan Raya-Tehuacán.

CONSIDERACIONES ESTRATIGRÁFICAS.

Se realizó la prospección geológico-paleontológica en dos áreas cercanas a los poblados de Santa Ana Teloxtoc y de San Lucas Teteletitlán, la primera en la Barranca Grande y la segunda en la Barranca Agua del Mezquite.

Barranca Grande

En esta área se midió una sección estratigráfica de 130 metros de espesor, incluyendo zonas cubiertas por vegetación y por sedimentos depositados en la barranca, la columna medida corresponde a la parte basal de la Formación San Juan Raya, que está en contacto con la Formación Agua del Burro.

La parte basal de la Formación San Juan Raya se compone de rocas calizas nodulosas de color gris claro que contienen un registro fósil abundante entre los que destacan los nerineidos y están intercaladas con calizas arenosas grises y conforme se avanza estratigráficamente la columna corresponde a una sucesión clástica principalmente de arenisca de grano fino a medio y en menor proporción hay estratos de lutitas y margas carbonosas (Figs. 11 y 12). La composición de las areniscas varía de arcosa, subcuarzoarenita a litarenita. Dentro de las rocas calcáreas y las areniscas se encontró una gran cantidad y variedad de fósiles de nerineidos, rudistas y otros gasterópodos. En estos estratos se encontraron restos de plantas fósiles y en la parte superior de la columna, se halló la huella de un dinosaurio saurópodo (Fig. 13).

Se recolectaron muestras para el estudio de nanoplancton en las margas (Fig. 14), se analizaron las muestras recolectadas de nanofósiles y se obtuvieron edades que ayudaron a determinar la edad de los nerineidos en cada estrato y por ende la edad de las rocas que tenían los organismos fósiles estudiados. Las muestras para el estudio de nanoplancton se obtuvieron de estratos muy cercanos a los horizontes de nerineidos, se recolectaron muestras de margas frescas tanto en el estrato inferior como en el estrato superior de donde se recolectaron muestras de nerineidos, realizando esto en todas las secciones medidas, esto con la finalidad de tener un mejor control estratigráfico y así determinar con más precisión la

edad de la Formación San Juan Raya. La sección completa puede observarse en la Fig. 15.



Figura 11. Base de la Formación San Juan Raya.



Figura 12. Estrato calcáreo con abundantes fósiles, principalmente nerineidos.



Figura 13. Huella de Sauripodo encontrada en el área de estudio.



Figura 14. Toma de muestra de margas frescas para el estudio de nanoplancton.

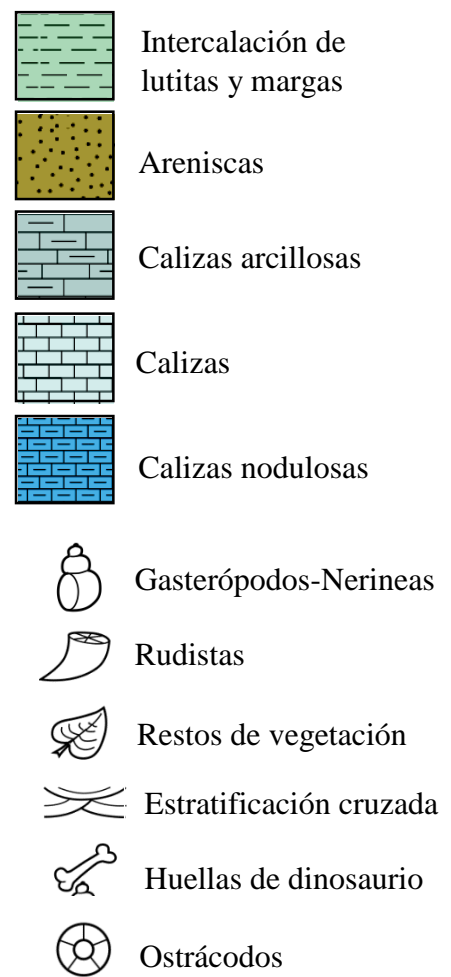
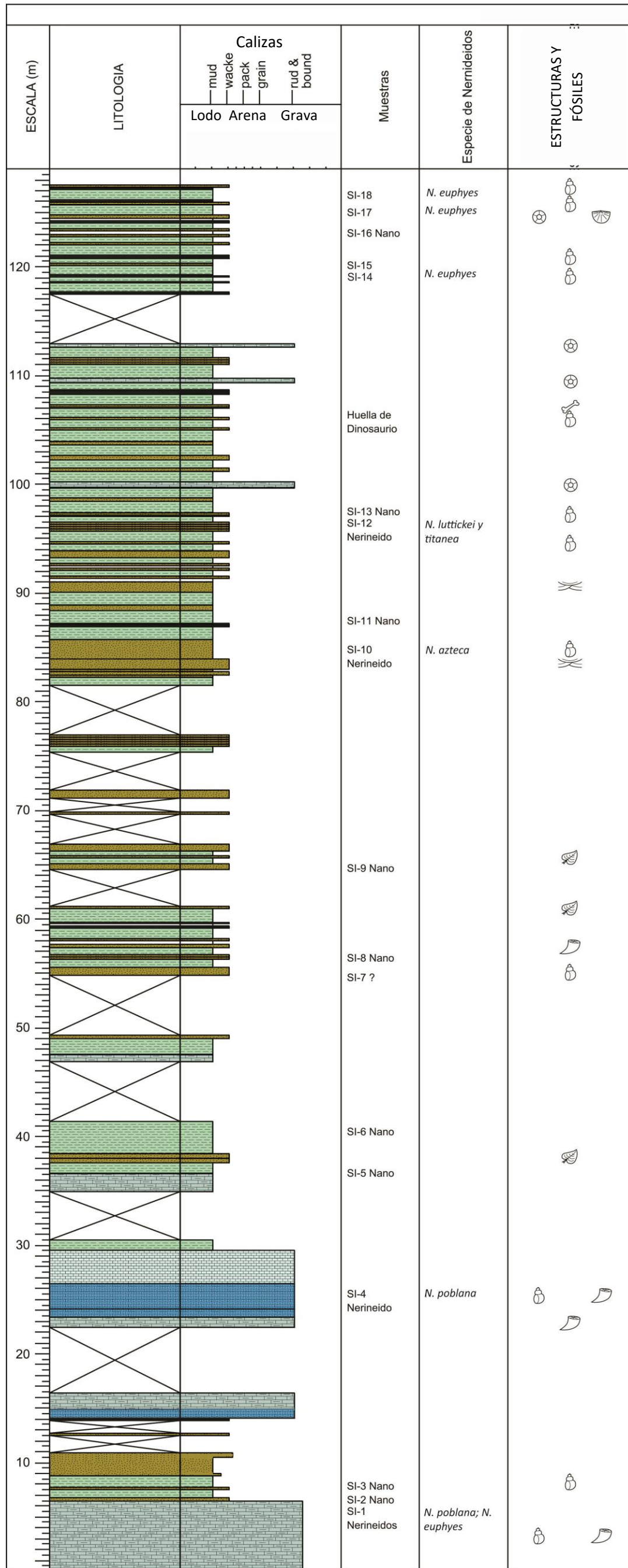


Figura 15. Columna estratigráfica de la sección medida en Barranca Grande.

Barranca Agua de Mezquite

La segunda zona que se estudió está localizada en la Barranca Agua del Mezquite y las muestras recolectadas se nombraron con las iniciales del lugar (BAM), esto para tener un mejor control de las mismas. Esta sección está constituida principalmente por arenisca de grano fino a medio, intercalada con margas y lutitas de color gris verdoso, también se presentan estratos aproximadamente de un metro de rocas calcáreas con abundantes bioclastos, en esta región abundan los bivalvos-rudistas, nerineidos y gasterópodos (Figs. 16, 17 y 18). Esta sección medida tiene aproximadamente 7 metros de longitud (Fig. 19) y corresponde a la parte basal de la primera sección medida en este trabajo.



Figura 16. Barranca Agua de Mezquite



Figura 17. Nerineidos en asociación con otros organismos.



Figura 18. Nerineidos encontrados en la columna 2 medida en la Barranca Agua de Mezquite, en la Formación San Juan Raya, Puebla.

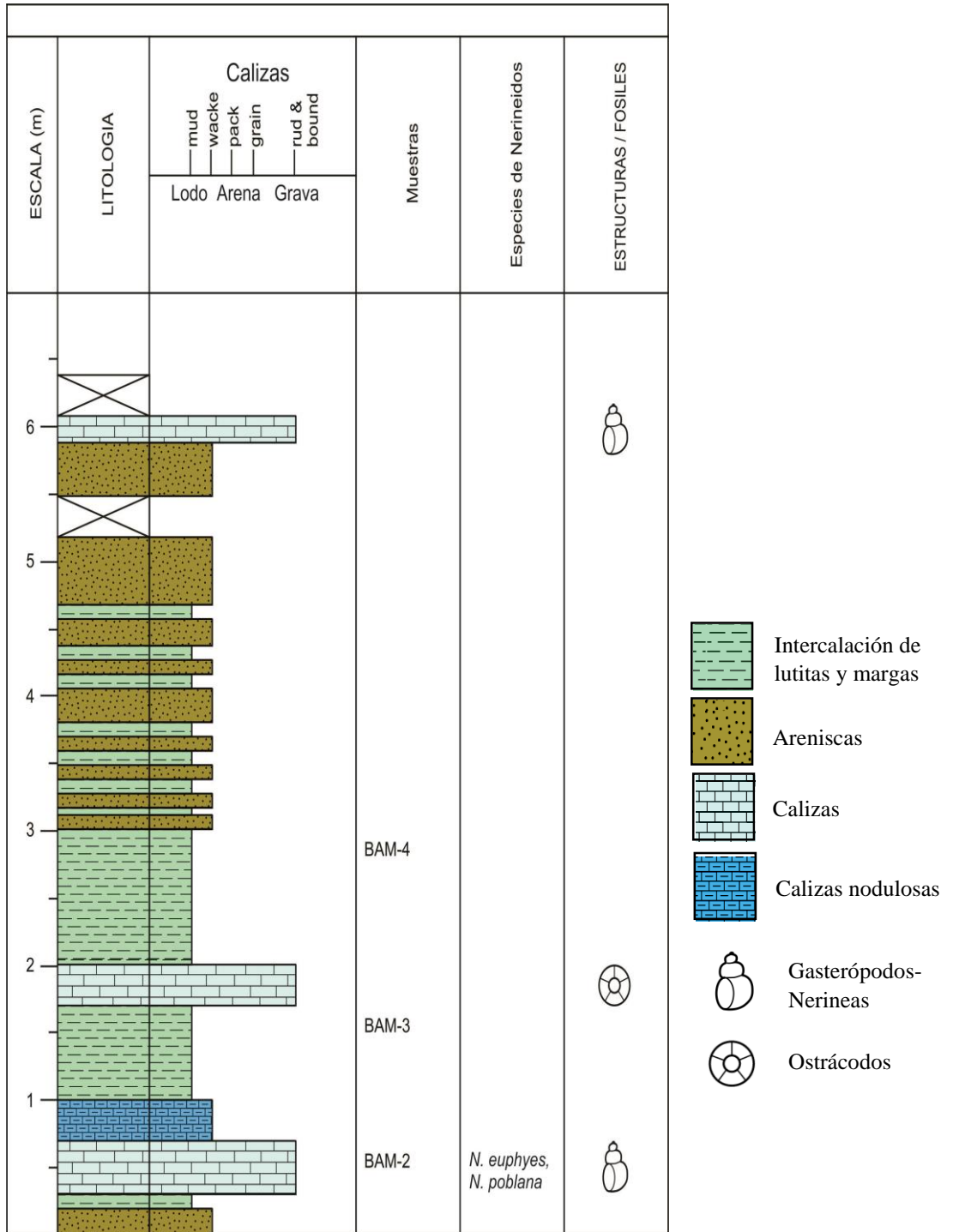


Figura 19. Columna estratigráfica de la sección medida en la porción sur de la Barranca Agua del Mezquite

A poca distancia se midió una tercera sección con las mismas características litoestratigráficas que las otras dos secciones (Fig. 20), con la diferencia de tener una intercalación más rítmica de areniscas con lutitas y margas. Se recolectaron muestras de nerineidos y nanoplancton (Figs. 21 y 22). Esta sección se sitúa estratigráficamente por debajo de la sección principal, con base en la correlación del nanoplancton y de los nerineidos de ambas columnas.

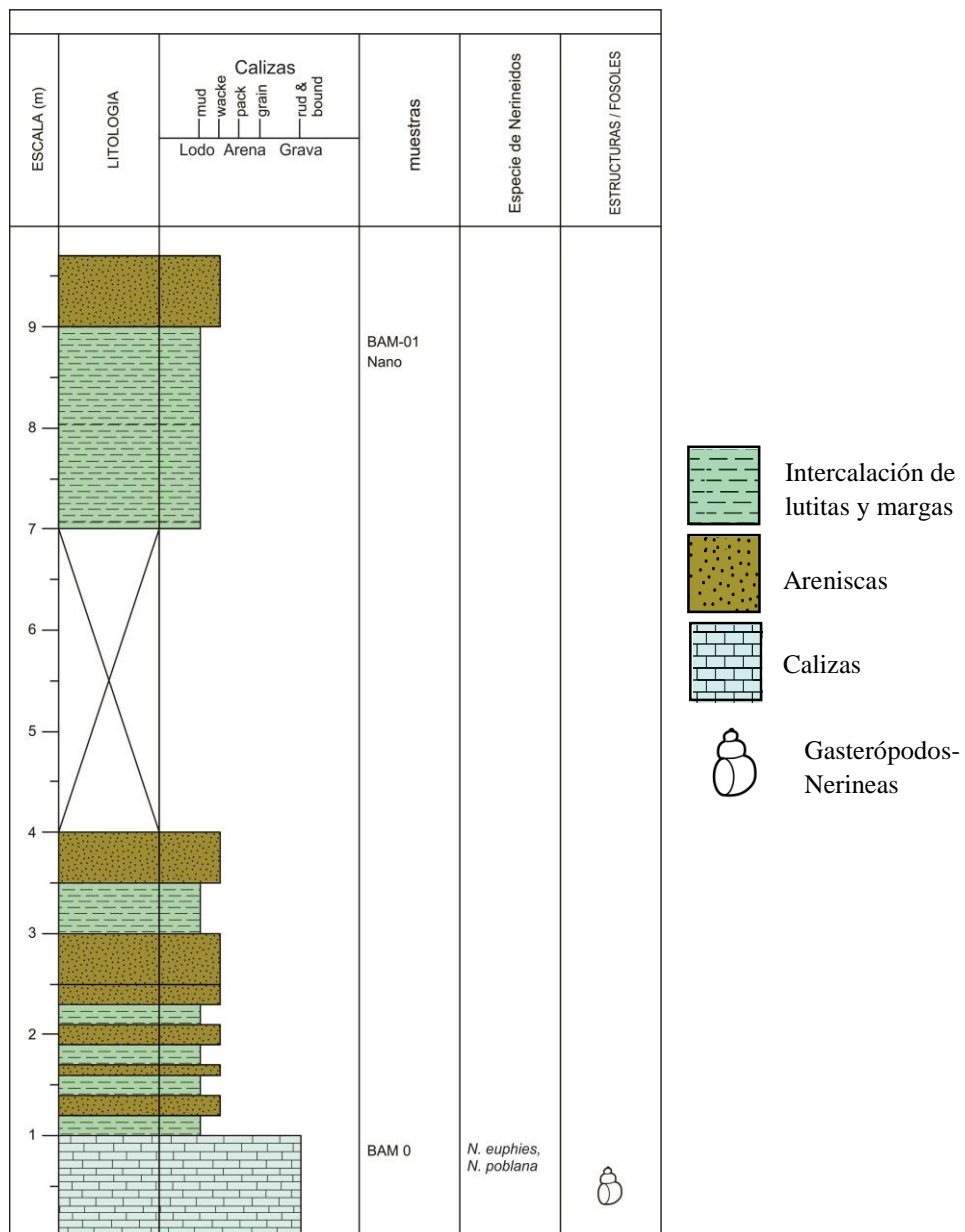


Figura 20. Columna estratigráfica de la sección medida a unos metros hacia el norte de la sección 2.



Figura 21. Presencia de *Eunerinea poblana* (Buitrón) de aproximadamente 20 cm.



Figura 22. Nerineidos de la sección 3.

RESULTADOS

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

El material estudiado se encuentra depositado en el Departamento de Paleontología y registrado provisionalmente con los números SII al SI17, BAM1 al BAM2 y BAM0.

Phylum MOLLUSCA

Clase GASTROPODA Cuvier, 1795

Subclase OPISTHOBRANCHA Milne Edwards, 1848

Orden ENTOMOTAENIATA Cossmann, 1846

Superfamilia NERINEOIDEA Zittel, 1873

Familia NERINEIDAE Zittel, 1873

Género *Cossmannea* Pchelintsev, 1931

Diagnosis. La concha es subcilíndrica, sin área umbilical, el perfil de las vueltas es cóncavo, presentan surco sutural con banda espiral prominente. La sección axial interna de las vueltas tiene dos pliegues, el parietal y el columelar, cuyas características morfológicas levemente diferentes, distinguen a las diferentes especies del género.

Especie tipo. Por designación original, *Nerinea desvoidyi* d'Orbigny, 1850 (Fig. 23).



Figura 23. Ejemplar de la especie tipo de *Nerinea desvoidyi* d'Orbigny, tomado de Muséum National d'Histoire Naturelle, *Nerinea desvoidyi.*, 2017.

Especies descritas para el género. *Cossmannea desvoidyi*, *C. hicoriensis*, *C. scottii*, *C. verdonensis*, *C. gigantea*, *C. titanea*, (Pchelintsev, 1931, Buitrón, 1980 y Vaughan, 1988) y *C. tahoto*, *C. imlayi*, *C. matronensis* (González et al., 2016).

Discusión. El género *Cossmannea* Pchelintsev, 1931 se caracteriza porque la sección axial de la vuelta es triangular con dos pliegues (Alencáster de Cserna, 1956, p. 39, lám. 6, fig. 11, Vaughan, 1988, p. 42). Un género afín a *Cossmannea* es *Diptyxis* y no obstante, que ambos géneros presentan dos pliegues son diferentes en su configuración, *Diptyxis* se caracteriza porque la sección de la vuelta es de forma cuadrangular, el pliegue columelar es profundo con el lóbulo ancho, saliente y el parietal más pequeño y cerrado.

Distribución geográfica. Especies del género *Cossmannea* se han reportado en España, Francia, Italia, Hungría, Pakistán, Túnez y Argelia (Vaughan, 1988) y México (Alencáster de Cserna, 1956; Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte, 1980).

Distribución cronoestratigráfica. Albiano-Cenomaniano.

Cossmannea titania (Felix, 1891)

Figs. 24a, 24b y 25 y Lám. 1, A-D.

1891 *Nerinea* (s. str.) *titania* nov. sp., Felix, p. 169, lám. 25, fig. 3, lám. 26 fig. 3.

1906 *Nerinea titania* Felix, Aguilera, tabla 1.

1925 *Nerinea* (s. s.) *titania* Felíx, Dietrich, p. 116

1956 *Cossmannea* (*Eunerinea*) *titania* (Felix), Alencáster de Cserna, p. 39, lám. 6, fig. 11.

1980 *Cossmannea* (*Eunerinea*) *titania* Felix, Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte, p. 54.

Material. Se recolectaron doce ejemplares incompletos, que varían por la presencia de tres a seis vueltas en la concha, no obstante, se conservaron las características morfológicas de la especie aquí descrita con el número de registro provisional SI12-5 a SI12-8.

Localidad y posición estratigráfica. Los ejemplares estudiados proceden de las rocas de la Formación San Juan Raya que afloran en la Barranca Grande (Valanginiano-Aptiano).



Descripción. La concha es subcilíndrica, de tamaño grande, alta, con la pared gruesa, de perfil cóncavo profundo, formada por numerosas vueltas que son más anchas que altas y separadas por una sutura profunda, en cada vuelta de la concha hay una banda espiral prominente formada aparentemente por tubérculos gruesos y continuos, presenta ombligo (Fig. 24a).

Figura 24a. Diagrama de *Cossmannea titania* (Felix, 1891).

La sección axial de la concha muestra en cada vuelta el pliegue columelar que es amplio y profundo formando un ángulo de 90 grados, el pliegue parietal es estrecho y profundo, ambos pliegues están separados por el lóbulo parietal que es ancho y con el borde redondeado, el lóbulo columelar es alargado, con terminación redondeada más pequeño que el parietal, el lóbulo labial presenta tamaño similar al lóbulo parietal, pero con el borde interno redondeado y la parte superior aguda (Fig. 24b).

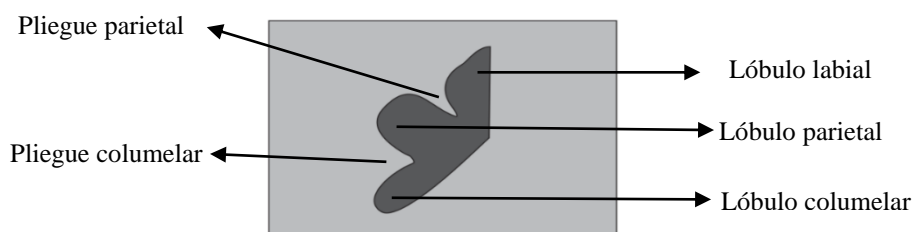


Figura 24b. Sección interna de *Cossmannea titania* (Felix, 1891).

Dimensiones en centímetros.

Número del ejemplar (incompleto)	Diámetro Máximo	Diámetro Mínimo	Altura del Ejemplar	No de Vueltas Observadas
SI12-5	6.8 cm	6.1 cm	7.5 cm	3
SI12-6	6.4 cm	5.9 cm	7.6 cm	4
SI12-7	8.2 cm	7.4 cm	13 cm	4
SI12-8	8.5 cm	7.2 cm	12.3 cm	6

Discusión. Previamente, varios autores consideraban a *Eunerinea* como subgénero de *Cossmannea titania* (Felix, 1891) pero Wieczorek (1975), Vaughan (1988) y Kollmann (2005) determinaron que *Eunerinea* corresponde a un género independiente, pues en la sección axial de la concha tiene tres pliegues internos en contraste con los dos presentes en *Cossmannea*, que además carece del pliegue basal.

En los ejemplares estudiados, se notó la presencia solo de dos pliegues y por ello se decidió de acuerdo a los autores antes mencionados,

que el subgénero de esta especie tendría que ser suprimido quedando como *Cossmannea titania* (Felix, 1891).

Se asignan los ejemplares a la especie *Cossmannea titania* (Alencáster de Cserna, 1956 p. 39, lám. 6, fig. 11) que proceden de la sección estratigráfica medida en la Formación San Juan Raya, cuyos afloramientos se encuentran en la Barranca Grande, cercanías de Santa Ana Teloxtoc, Puebla.

Felix (1891, p. 169, lám. 25 fig. 3, lám. 26 fig. 3) describió varios ejemplares procedentes de San Juan Raya de la región de Tehuacán, Puebla como especie nueva a la que asignó el nombre de *Nerinea titania*. Esta especie es cercana a *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn, 1890) a *D. euphyes* (Felix, 1891) y a *D. azteca* (Alencáster de Cserna, 1956), reportada para el Aptiano de Puebla. La especie *Cossmannea titania* tiene la sección de la vuelta de forma triangular y no cuadrangular, además difiere en las características morfológicas del plegamiento interno (Fig. 25).

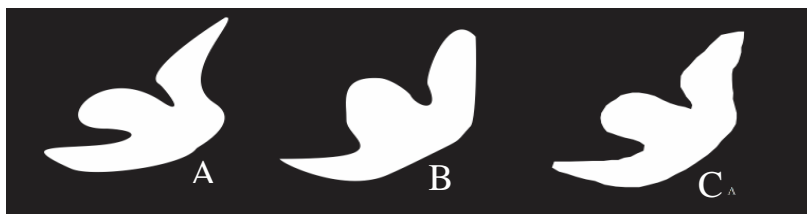


Figura. 25. A) Hipotipo de *Cossmannea titania* (Felix, 1891) descrito por Alencáster de Cserna, 1956. B) ejemplar del área de estudio. C) ejemplar de Buitrón y Barceló-Duarte, 1980.

Distribución cronoestratigráfica. Los ejemplares de Nerineidos de la especie *Cossmannea titania* se han identificado solo en México en formaciones del estado de Puebla y Michoacán con un alcance estratigráfico del Valanginiano al Aptiano.

Género *Eunerinea* Cox, 1949

Diagnosis. La concha es de forma turritada a cilíndrica, presenta vueltas fuertemente cóncavas y convexas proyectadas a la región sutural, la abertura es romboidal ligeramente extendida hacia la región anterior donde termina en un canal corto; la sección axial de la vuelta presenta tres pliegues, el labial, el columelar y el parietal (Cossmann, 1896, p. 26; Cox, 1949, p. 250; Vaughan, 1988, p. 40).

Especie tipo. Por designación original, *Nerinea castor* d'Orbigny, 1847 (Fig. 26).



Figura 26. *Nerinea castor* d'Orbigny, 1847, tomado de Muséum National d'Histoire Naturelle, *Nerinea desvoidyi.*, 2017.

Especies descritas para el género. *Eunerinea castor*, *E. archimedi*, *E. vogtiana*, *E. gigantea*, *E. choloris*, *E. guinchoensis* (Vaughan, 1988), *E. poblana* (Buitrón, 1980).

Discusión. El género *Eunerinea* Cox, 1949, se caracteriza porque la sección axial de la vuelta presenta tres pliegues (Vaughan, 1988, p. 40). El género *Cossmannea* es afín a *Eunerinea*, pero varía en el número de pliegues que se encuentran en la sección axial de la concha.

Distribución geográfica. Especies del género *Eunerinea* se han reportado de Portugal (Choffat y de Loriol-Le Fort, 1886), España (Vaughan, 1988), Francia (d'Orbigny, 1843), Italia (Vaughan, 1988), Hungría (Benkoné-Czabalay, 1962), Argelia (Coquand, 1862) (Vaughan, 1988) y México (Buitrón-Sánchez, 1980).

Distribución cronoestratigráfica. Aptiano-Cenomaniano

Eunerinea poblana (Buitrón)

Figs. 27a, 27b y 28 y Láms. 2 y 3, A-G y A-E.

Cossmannea (Eunerinea) poblana Buitrón, 1980, p. 53 figs.8 a-d.

Material: Se recolectaron 12 ejemplares incompletos, que varían por la conservación de dos a siete vueltas en la concha, no obstante, en las secciones axiales se observó la configuración morfológica del plegamiento interno de la especie descrita. Se asignaron a los fragmentos de los ejemplares, los números provisionales del SI1-3 a SI1-6, SI4-1 y SI4-2, BAM2-4 a BAM2-7, BAM0-3 y BAM0-4).

Localidad y posición estratigráfica. Los ejemplares estudiados proceden de las rocas de la Formación San Juan Raya que afloran en la Barranca Grande y en la Barranca Agua de Mezquite (Valanginiano-Aptiano).



Descripción. La concha es de paredes gruesas, con dimensiones grandes, de forma cilíndrica, el ángulo apical de 9°-12°, con sutura impresa, las vueltas aumentan gradualmente de tamaño y en la parte media de las mismas se presenta una banda espiral saliente y redondeada, la abertura de la concha no se conservó (Fig. 27a).

Figura 27a. Diagrama de
Eunerinea poblana (Buitrón)

La sección axial de la vuelta es cuadrangular y tiene tres pliegues, el pliegue labial es medio y muy amplio, con la terminación redonda; el pliegue columelar es amplio ligeramente marcado, el pliegue parietal es agudo con terminación redondeada, el lóbulo columelar es ancho con el contorno redondo y dirigido hacia la parte inferior de la sección, el lóbulo parietal es muy amplio y largo dirigido hacia el ápice, el lóbulo labial es el más pequeño, con terminación redondeada y está dirigido hacia la parte interna de la concha (Fig. 27b).

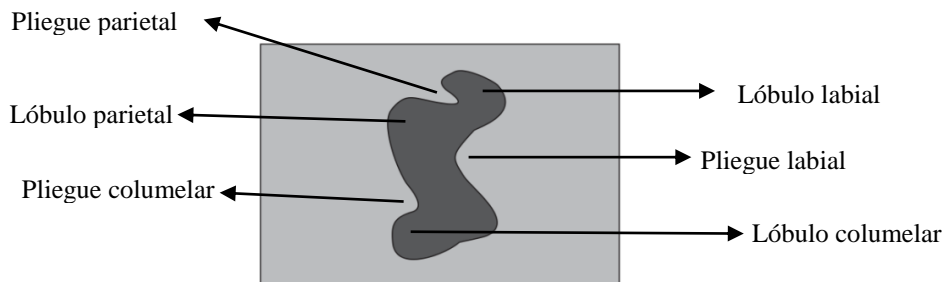


Figura 27b. Sección interna de *Eunerinea poblana* (Buitrón)

Dimensiones en centímetros

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro Mínimo	Altura del Ejemplar	No de Vueltas Observadas
BAM2-4	7.1 cm	6.7 cm	10 cm	3
SI4-1	6.9 cm	6.2 cm	9 cm	2
BAM0-3	7 cm	6.5 cm	12 cm	3
BAM2-5	6.5 cm	5.9 cm	10 cm	3
SI1-3	7.2 cm	4.9 cm	11 cm	2
SI1-4	7.8 cm	6.3 cm	11 cm	2
BAM2-6	6.7 cm	6.6 cm	7 cm	1
BAM2-7	7.8 cm	7.4 cm	23 cm	7
BAM0-4	7.1 cm	6.4 cm	15 cm	4
SI4-2	6.2 cm	5.7 cm	8 cm	2
SI1-5	6.8 cm	6.3 cm	10 cm	2
SI1-6	7.6 cm	6.6 cm	13 cm	3

Discusión: *Eunerinea poblana* (Buitrón, 1980, p. 53 figs.8 a-d) que fue descrita para el Aptiano de la Formación San Juan Raya, Puebla, es semejante a otras especies citadas para el Cretácico, como *Cossmannea pauli* (Coquand) pero difiere de ésta última, porque la concha es de mayor tamaño y tiene el ángulo apical más amplio; ambas especies presentan tres pliegues y la misma forma del pliegue labial, pero cambia la forma del parietal, en *Eunerinea poblana* el pliegue parietal es más profundo, cerrado y flexionado y el columelar está poco marcado. Otra diferencia entre estas dos especies es la forma del lóbulo columelar pues en *E. poblana* es muy pronunciado, redondeado y dirigido hacía el ápice. Se relaciona con *Cossmannea hicoriensis* (Cragin, 1892, p. 225, lám. 42, fig. 6,7) del Cretácico Inferior de Texas, EUA, no obstante que también tiene tres pliegues, estos son menos profundos y más cerrados, el lóbulo basal es más pequeño y el columelar tiene el contorno casi recto.

También, *Eunerinea poblana* es semejante a *Eunerinea hoheneggeri* (Peters) descrita por Pchelintsev (1931) para varias localidades del Cretácico de Europa; Sirna y Mastroianni (1993) la citan de Rusia-Ucrania; Sirna (1968; 1993) la reporta de los Apeninos de Italia; Krivic, (1974) la informa de los Alpes Dináricos y Bosnia (Fig. 28).

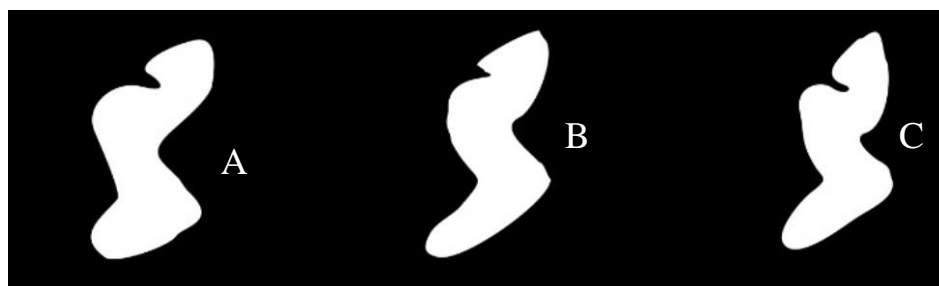


Figura 28. A) *Eunerinea poblana* (Buitrón), ejemplar recolectado en el área de estudio. B) Holotipo de *Eunerinea poblana* (Buitrón) estudiada por Buitrón y Barceló-Duarte, 1980. C) *Eunerinea hoheneggeri* (Peters), ejemplar de Wieczorek 1997.

Particularmente la especie descrita por Wieczorek (1997, p. 315, lám 1, figs. 2-4) de Austria está relacionada con la especie procedente de Puebla pues, los ejemplares tienen la concha grande con mayor altura que el promedio de la concha de otros Nerineidos, el ángulo apical es más pequeño y no presenta ombligo. Ambas especies tienen tres pliegues, el labial, el parietal y el columelar con características similares en la forma y en los lóbulos. No obstante, existe diferencia en *Eunerinea poblana* (Buitrón, 1980, p. 53 figs.8 a-d), pues el lóbulo columelar es un poco más saliente y ancho, mientras que en *Eunerinea hoheneggeri* Peters el lóbulo columelar está más inclinado hacia el ápice; la diferencia más obvia entre estas dos especies es en la ornamentación externa de la concha, pues *Eunerinea hoheneggeri* Peters tiene hileras marcadas con tubérculos en las suturas, que no se presentan en *Eunerinea poblana*.

Distribución cronoestratigráfica. Reportada únicamente para el estado de Puebla, en las formaciones San Juan Raya y Zapotitlan.

Superfamilia NERINEACEA Zittel, 1873

Familia NERINEIDAE Zittel, 1873

[sin. DIOPTYXISIDAE Pchelintsev, 1965]

Subfamilia DIPTYXIDINAE Pchelintsev, 1965

Género *Diplyxis* Oppenheim, 1889

Diagnosis. La concha es cónica con la abertura de forma tetragonal, no presenta ombligo; la ornamentación consiste de bandas espirales con tubérculos de diferente tamaño. La sección axial interna presenta dos pliegues, el columelar corto, el pliegue parietal ondulado y largo (Pchelintsev, 1968, p.22).

Especie tipo. Por designación original *Nerinea chsakliana* Herbich, 1886 (Fig. 29).

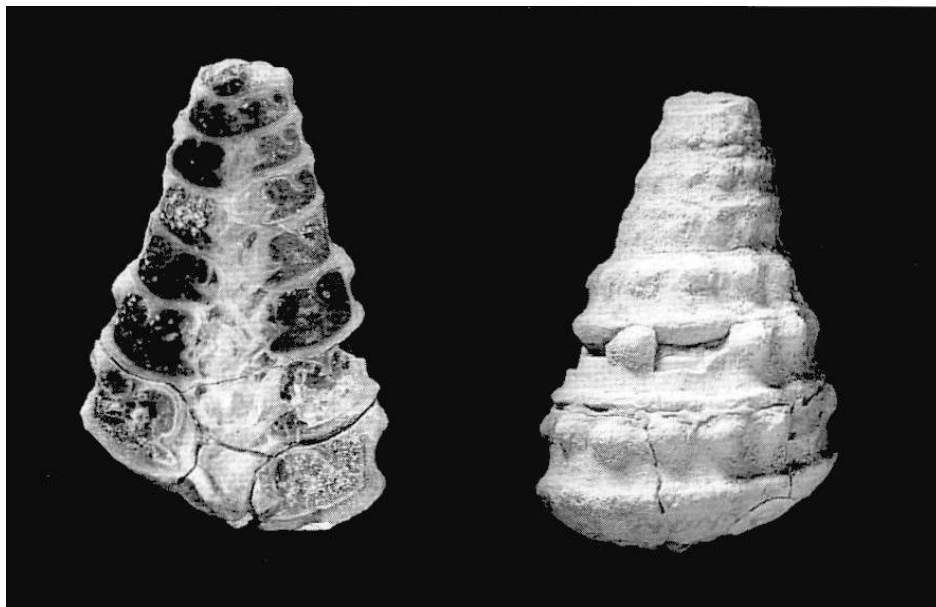


Figura 29. *Nerinea chsakliana* Herbich, 1886, holotipo del género *Diptyxis*, tomado de Kollmann y Peza, 1996.

Especies pertenecientes al género. *Diptyxis luttickei* (Buitrón y Rivera, 1985; Vaughan, 1988), *D. csaklyana* Herbich (1886), *D. bidentata* Gemmellaro, *D. cerithifotmis*, *D. mikoi* Herbich, *D. bockhi* Herbich, *D. conoidea* Peters, *D. corgunensis* Voodt, *D. dilata* Pchelintsev, *D. longiptyxis* Pchelintsev, *D. rara* Pchelintsev, *D. satuensis* Pchelintsev.

Discusión. Oppenheim (1889) propone el género *Diptyxis* y Pchelintsev (1965; 1968) lo reporta para el Jurásico Superior al Valanginiano (Cretácico Inferior) de Crimea, Rusia. El género *Cossmannea* es similar a *Diptyxis*, pero se diferencia porque tiene forma cilíndrica y es similar porque presenta en la sección axial interna dos pliegues.

Distribución geográfica. Portugal, Líbano (Delpey, 1940), Albania (Kollmann y Peza, 1996), Beirut, Siria, Rusia (Vaughan, 1988) y México (Buitrón y Rivera, 1985).

Distribución cronoestratigráfica. Parte basal de la Formación San Juan Raya, Puebla (Valanginiano-Hauteriviano).

Diptyxys luttickei (Blanckenhorn, 1890)

Figs. 30a, 30b y 31 y Lám. 4, A-F

1890 *Nerinea luttickei* n.sp., Blanckenhorn, p. 106, pl. 8: 4

1925 *Nerinea* (s. s.) *luttickei* Blanckenhorn, Dietrich, p. 127

1927 *Nerinea luttickei*, Blanckenhorn, p. 152

1940 *Nerinea luttickei* Blanckenhorn, Delpey, p. 176, fig. 137, pl. 3: 1, 2

1985 *Cossmanea (Eunerinea) luttickei* (Blanckenhorn), Buitrón y Rivera, p. 73, lám. 2, fig. 2

1986 *Diptyxys luttickei* (Blanckenhorn), Calzada, 1986, p. 11, lám. III, fig.4. 1976

1993 *Diptyxys luttickei* (Blanckenhorn), Sirna y Mastroianni, p. 143, lám. 1, fig. 4; lám. 3, fig. 2 (= *Diptyxys cottai* Geinitz)

1995 *Diptyxys luttickei* (Blanckenhorn), Malchus et al., lám. 5, fig. 2.

1995 *Diptyxys luttickei* (Blanckenhorn), Sirna, lám. 2, fig. 4.

1996 *Diptyxys luttickei* (Blanckenhorn), Kollmann y Peza, p. 23, lám.1, fig.1.

1999 *Diptyxys luttickei* (Blanckenhorn), Sirna, p. 37, lám. 1, fig. 1.

Material: Los ejemplares consisten en un total de 15 fragmentos, seis de ellos presentan buen estado de conservación y están registrados provisionalmente con los números SI12-1 a SI12-4, SI17-2 y SI17-3.

Localidad y posición estratigráfica. El material procede de los estratos marcados con SI-12 y SI-17 en la Barranca Grande (Formación San Juan Raya).



Descripción. La concha es de forma subcilíndrica a ligeramente turrizada, sin ornamentación visible, con sutura levemente marcada y el ángulo apical reducido que varía entre los 13° y 15° ; las vueltas son bajas y anchas, la abertura de la concha no se conservó (Fig. 30a).

Figura 30a. Diagrama de *Diptixys luttickei* (Blanckenhorn, 1890).

La sección axial de la concha muestra dos pliegues, el pliegue parietal que es profundo y estrecho, el pliegue columelar es menos profundo que el parietal y ligeramente más abierto, el lóbulo que separa a los pliegues es el parietal que es ancho y de contorno redondeado, el lóbulo columelar es estrecho, dirigido hacia la base de la concha y el lóbulo labial es estrecho en la base, amplio en su terminación con el margen redondeado (Fig. 30b).

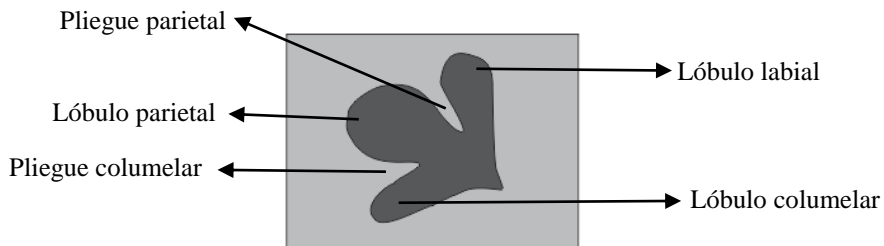


Figura 30b. Sección interna de *Diptixys luttickei* (Blanckenhorn, 1890).

Dimensiones en centímetros

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro Mínimo	Altura del Ejemplar	No de Vueltas Observadas
SI12-1	3.1 cm	2.8 cm	6.8 cm	7
SI17-2	4.0 cm	3.3 cm	6.5 cm	5
SI17-3	3.2 cm	1.7 cm	5.1 cm	6
SI12-2	3.4 cm	3.0 cm	5.4 cm	5
SI12-3	3.3 cm	3.0 cm	4.5 cm	4
SI12-4	3.4 cm	3.1 cm	5.8 cm	5

Discusión. Blanckhorn (1890, p. 106, lám. 8, fig. 4) reportó a *Nerinea luttickei* para el Cretácico Inferior de Siria, mientras que Delpy (1940, p. 176, fig. text. 137, lám 3, figs. 1, 2) la describió para el Aptiano inferior del Líbano y Beirut. La especie *Diptixys luttickei* está relacionada con *Nerinea euphyes* estudiada por Alencáster de Cserna (1956, p.36, lám. 7, fig.3) para el Cretácico (Formación Zapotitlán) de la región de Tehuacán en el estado de Puebla, pero difiere en la configuración de los pliegues que son más cortos y los lóbulos más amplios.

Diptixys luttickei (Blanckhorn, 1890) se distingue de especies afines por la ausencia de tubérculos en la parte superior de la sutura que separa a las vueltas de la concha. Los ejemplares descritos como *D. luttickei* de diferentes localidades del Cretácico del mundo varían un poco en las descripciones de diversos autores, por ejemplo, los ejemplares de *D. luttickei* estudiados por Kollmann y Peza (1996: 23, pl. 1, fig.1) para Albania difieren por tener un ángulo apical más amplio que los descritos como *Cossmanea (Eunerinea) luttickei* (Buitrón y Barceló-Duarte, 1980, p. 51, fig. 6) de México.

Por otra parte, *Oligoptyxis luttickei* Praturlon y Sirna (1976) así como *Diptyxis luttickei* Sirna y Mastroianni (1993) se diferencian de *D. luttickei* de San Juan Raya, Puebla, pues las vueltas de la concha presentan perfil plano (Fig. 31).

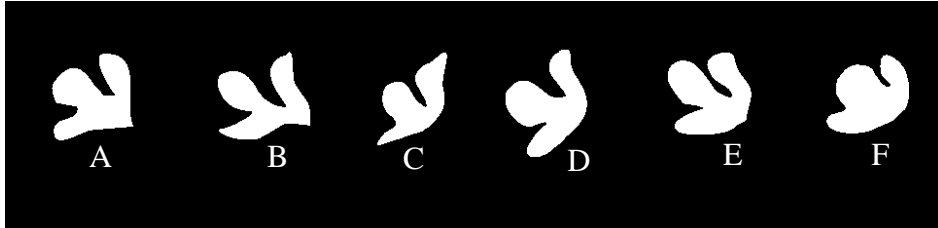


Figura 31. Diagrama que muestra el plegamiento de *Diptyxis luttickei*. A) ejemplar procedente de la Barranca Grande, San Juan Raya, Puebla. B) ejemplar estudiado por Buitrón y Rivera (1985), Huetamo, Michoacán. C) ejemplar estudiado por Pauliuc (1971), Rumania. D) ejemplar estudiado por Paris y Sirna (1996), Apeninos de Italia. E) ejemplar estudiado por Sirna (1999), España F) ejemplar estudiado por Kollmann y Peza (1996), Albania.

El estudio de especímenes procedentes de diferentes localidades del Cretácico de América y del Viejo Mundo mostró que existen grandes diferencias en la morfología del plegamiento interno en los diferentes ejemplares, como se muestra en la Fig. 31 y se considera que tal vez se trata de variedad intraespecífica o pueden ser diversas especies.

Distribución cronoestratigráfica. La especie *Diptyxis luttickei* se reporta en España, Suiza, Italia, Rumania, Líbano, Beirut, Siria, Albania y México.

Diptyxis azteca (Alencáster).

Figs. 32a, 32b y 33 y Lám. 5, A-G

1906 *Nerinea felixi* Aguilera, 1906, *nomem nudum* (Tabla).

1956 *Nerinea azteca* n. sp., Alencáster de Cserna, p. 37, lám. 7, figs.2, 10

1980 *Cossmannea (Eunerinea) azteca* (Alencáster), Buitrón y Barceló-Duarte, p. 51.

1985 *Cossmannea (Eunerinea) azteca* (Alencáster), Buitrón y Rivera, p.73, lám. 2, figs.1a b.

1985 *Cossmannea (Eunerinea) azteca* (Alencáster), Buitrón y Pantoja-Alor, lám. 1, figs.3.

1998 *Diptyxis azteca* (Alencáster), Buitrón y Pantoja, p. 16.

Material: Se recolectaron siete ejemplares incompletos, con dos a siete vueltas conservadas en la concha, no obstante, en las secciones axiales se observó la configuración morfológica del plegamiento interno correspondiente a la especie *Diptyxis azteca* (Alencáster). Se registró con número de catálogo provisional SI10-1 a SI10-7.

Localidad y posición estratigráfica. Los ejemplares estudiados proceden únicamente del estrato marcado con el número SI-10 de la Formación San Juan Raya que aflora en la Barranca Grande (Valanginiano-Hauteriviano).



Descripción. La concha es grande y tiene forma cilíndrica, disminuyendo de diámetro hacia el ápice, con ombligo y sutura impresa ligeramente convexa, las vueltas del cuerpo son bajas y anchas con la línea sutural fina y central, la vuelta del cuerpo es ligeramente más amplia que las vueltas que la preceden y con la abertura ancha y de forma subcuadrada (Fig 32a).

Figura 32a. Diagrama de *Diptyxis azteca* (Alencáster).

La sección axial en cada vuelta tiene dos pliegues, el columelar es corto de base ancha y terminación subangulosa, el pliegue parietal es más largo, y profundo con terminación redondeada y ligeramente curvo hacia el labio externo, el lóbulo labial es ancho en la parte superior con terminación angulosa y en la base es estrecho, el lóbulo parietal separa a ambos pliegues, es saliente con terminación redondeada y el lóbulo columelar es pequeño, alargado y con borde redondo (Fig. 32b).

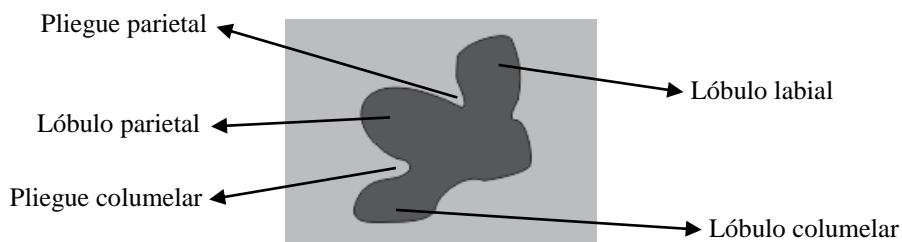


Figura 32b. Sección interna de *Diptyxis azteca* (Alencáster).

Dimensiones en centímetros

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro Mínimo	Altura del Ejemplar	No de Vueltas Observadas
SI10-1	3.4 cm	2.8 cm	5 cm	3
SI10-2	3.5 cm	3.3 cm	4 cm	3
SI10-3	4.6 cm	3.1 cm	7 cm	5
SI10-4	3.7 cm	3.2 cm	5 cm	2
SI10-5	4.6 cm	4.2 cm	12 cm	7
SI10-6	4.4 cm	3.9 cm	6 cm	2
SI10-7	4.8 cm	4.3 cm	11 cm	6

Discusión. La especie descrita en este trabajo se asigna al género *Diptyxis*, que se caracteriza porque la sección de la vuelta es de forma cuadrangular, el pliegue columelar es corto de base ancha con el lóbulo ancho, saliente y en dirección hacia la abertura, el parietal es más largo y cerrado (Vaughan, 1988, p. 104).

La especie *Nerinea azteca* descrita por Alencáster de Cserna (1956, p. 37, lám. 7, figs. 2, 10.) para la Formación San Juan Raya (Aptiano) de la región sureste del estado de Puebla, está relacionada con *Cossmanea (Eunerinea) luttickei* (Buitrón y Rivera, 1985 p. 73, lám. 2, fig. 2) y *D. euphyes* (Buitrón y Pantoja 1998, p. 16.) pero difiere de estas especies por la presencia de un tercer pliegue que se proyecta de la base a la parte superior de la vuelta. Posteriormente, Buitrón y Rivera (1985, p. 73, lám. 2, figs., 1a, b.) la citaron como *Cossmanea (Eunerinea) azteca* (Alencáster) del Cretácico de la region de Huetamo-San Lucas, estado de Michoacán y Buitrón y Pantoja (1998, p. 16.) la reportaron como *Diptyxis azteca* (Alencáster) para la Formación Mal Paso (Albiano) de Chumbítaro, estado de Michoacán. Los cambios en la asignación genérica se deben a la actualización taxonómica de las especies reportadas en diversas localidades de México por diversos autores en los años de 1980 al 1998. El género *Diptyxis* se caracteriza por la presencia de dos pliegues, el parietal y el columelar (Fig. 33).



Figura 33. A) Diagrama del holotipo de *Diptyxis azteca* (Alencáster), estudiado por Alencáster de Cserna, 1956. B) ejemplar recolectado en el área de estudio. C) ejemplar de Buitrón y Rivera, 1985. D) *Diptyxis euphyes* (Felix) de Buitrón y Rivera, 1985.

Distribución cronoestratigráfica. Reportada en México en los estados de Puebla y Michoacán.

Diptyxis euphyes (Felix)

Figs. 34a, 34b y 35 y Lám. 6, A-G

1891 *Nerinea* (s. str.) *euphyes* Felix, p. 170. lám. 26, fig. 11;

1906 *Nerinea euphyes* Aguilera (Tabla);

1925 *Nerinea euphyes* Dietrich, p. 116;

1956 *Nerinea euphyes* Alencáster de Cserna, p. 36, lámina 7, fig.3.

1985 *Cossmannea* (*Eunerinea*) *euphyes* (Felix), Buitrón y Rivera, p. 73, lám. 2, figs. 1a, b.

1998 *Diptyxis euphyes* (Felix) Buitrón y Pantoja, p. 16.

Material: Se recolectaron diez ejemplares incompletos, con tres a siete vueltas conservadas en la concha, no obstante, en las secciones axiales se observó la configuración morfológica del plegamiento interno correspondiente a la especie *Diptyxis euphyes* (Felix) con número de catálogo provisional (SI1-1, SI17-1, BAM2-1 a BAM2-3, BAM0-1 Y BAM0-2)

Localidad y posición estratigráfica. Los ejemplares estudiados proceden de los estratos marcados con los números SI1, SI17, BAM2 Y BAM0 de la Formación San Juan Raya que afloran en las Barranca Grande y Barranca Agua de Mezquite.



Descripción. La concha es de forma cilíndrica, el crecimiento de las vueltas es gradual y uniforme, con el contorno ligeramente cóncavo, presenta sutura impresa, no presenta ombligo y la abertura no se conservó (Fig. 34a).

Figura 34a. Diagrama de *Diptyxis euphyes* (Felix).

En la sección axial interna se observan dos pliegues, el columelar que es corto y angosto con dirección hacia el labio externo; el parietal es profundo y estrecho con dirección hacia el centro de la concha, el lóbulo columelar es ancho con terminación redondeada, dirigido hacia la base de la concha, el lóbulo parietal que separa a los pliegues es bastante ancho con el borde redondeado y la base estrecha y el lóbulo labial es largo, ancho en el extremo redondeado y ligeramente angosto en la base (Fig. 34b).

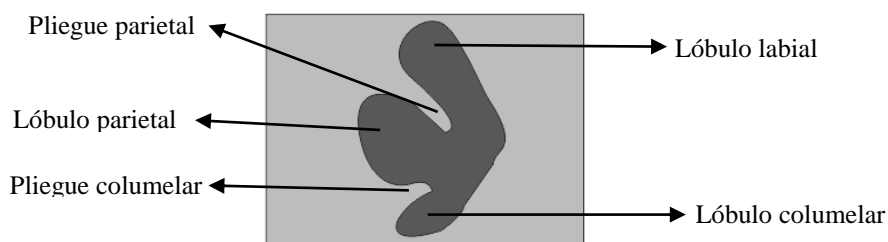


Figura 34b. Sección interna de *Diptyxs euphyes* (Felix).

Dimensiones en centímetros

Número del ejemplar	Diámetro Máximo	Diámetro Mínimo	Altura del Ejemplar	No de Vueltas Observadas
SI1-1	3 cm	2.3 cm	4.5 cm	6
SI17-1	3 cm	2.7 cm	4.1 cm	4
BAM2-1	3.4 cm	3.2 cm	7 cm	7
BAM2-2	3.9 cm	3.1 cm	6.8 cm	7
BAM2-3	3.5 cm	3.4 cm	6.9 cm	6
BAM0-1	3.7 cm	3.5 cm	5.2 cm	3
BAM0-2	4.2 cm	3.9 cm	6.5 cm	5

Discusión. Felix (1891, p. 170. lám. 26, fig. 11) describió por primera vez a *Nerinea* (s. str.) *euphyes* del Cretácico de la region de Tlaxiaco, Oaxaca. Alencáster de Cserna (1956, p.36, lám. 7, fig. 3.) estudió ejemplares recolectados en la región de San Juan Raya, Puebla y es semejante a

Nerinea bidentata del Cretácico de Palermo, Italia (Gemmellaro, 1865), sin embargo, ésta es más pequeña y con el pliegue columelar mucho más profundo. Buitrón y Rivera (1985, p. 73, lám. 2, figs. 1a, b.) la renombraron como *Cossmannea (Eunerinea) euphyes* (Felix) recolectada en la región de Huetamo-San Lucas, Michoacán. Posteriormente, Buitrón y Pantoja (1998, p. 16.) la citaron como *Diptyxis euphyes* (Felix) para el Cretácico de la región de Chumbítaro, Guerrero.

La especie *D. euphyes* es similar a *D. luttickei* pues ambas tienen dos pliegues que son el columelar y el labial, pero difieren ligeramente en la configuración interna ya que los pliegues de *D. luttickei* son más profundos, además el lóbulo columelar es más reducido y alargado.

D. euphyes citada de diversas localidades de la región Tethysiana de América es más parecida a *D. luttickei* estudiada de otras partes del mundo, por ejemplo *D. luttickei* citada por Pauliuc (1971) para Rumania, Paris y Sirna (1996) la reportaron para el Cretácico de Italia y Kollmann y Peza (1996) para el Cretácico de Albania (Fig 35).

Es oportuno mencionar también la similitud de la especie aquí descrita con *Diptyxis mirditae* (Kollmann y Peza, 1996, p. 25, lám. 1, figs. 2-7) reportada para Albania, pero difiere en que el pliegue parietal es más ancho y profundo y el lóbulo basal es más saliente en *D. euphyes*.



Figura 35. A) Hipotipo de *Diptyxis euphyes* (Felix) estudiado por Alencáster de Csera, 1956. B) ejemplar estudiado en este trabajo. C) ejemplar de Buitrón y Rivera, 1985. D) *D. luttickei* Rumania. E) *D. luttickei* Italia, F) *D. luttickei* Albania, G) *D. mirditae* Albania.

Distribución cronoestratigráfica. Se reporta únicamente en México para los estados de Puebla y Michoacán.

RESULTADOS NANOPLANCTON

Datos Bioestratigráficos con nanoplancton

Las muestras de margas que contenían nanofósiles se extrajeron en estratos contiguos a donde se recolectaron los ejemplares de nerineidos estudiados en este trabajo, esto con el fin de poder tener un control cronoestratigráfico más detallado de las especies de nerineidos reportadas para la Formación San Juan Raya.

Con el análisis del nanoplancton se obtuvieron edades más exactas para los estratos que contenían estos organismos y por ende también se pudo saber con mayor precisión las edades de cada uno de los especímenes de nerineidos recolectado en la zona de estudio.

Se utilizó en este trabajo los nanofósiles para la datación de los nerineidos por el hecho de que el nanoplancton calcáreo ha demostrado ser muy útil debido a su precisión bioestratigráfica en otras partes del mundo, principalmente en el Cenozoico (Bramlette y Martini, 1964; Bukry, 1973b). Se debe mencionar también que gracias a la forma en que viven y vivían estos organismos se pueden establecer biozonaciones muy detalladas en latitudes medias y bajas, así como realizar correlaciones a grandes distancias (Ver Apéndice).

Las características que más ayudan para que el nanoplancton sea un mejor fósil índice que los nerineidos son;

- ✓ Llegan a ser muy abundantes,
- ✓ Han evolucionado muy rápidamente,

- ✓ Tienen una amplia distribución por todos los océanos
- ✓ Se encuentran desde el Triásico.

Estas características permiten tener un mejor control cronoestratigráfico en cada especie de nanoplancton, por ello con ayuda de estos organismos se pudo hacer una mejor correlación estratigráfica con los nerineidos estudiados en este trabajo.

Los resultados arrojados por el estudio de nanofósiles, apoya la idea que ya con anterioridad habían propuesto (González-León et al., 2015) de que la parte basal de la Formación San Juan Raya no fuera de edad Aptiana sino más antigua del Valanginiano superior-Hauteriviano inferior.

Esta nueva información nos lleva también a la conclusión de que todas las especies encontradas de nerineidos en la zona pertenecen a las mismas edades y con ello se amplía el rango cronoestratigráfico de los especímenes de nerineidos estudiados en este trabajo para México.

Las tablas muestran los resultados del estudio de nanofósiles (Tabla 1 y 2) para las muestras recolectadas en la parte basal de la Formación San Juan Raya. Con estos datos se pudo identificar las edades exactas de cada especie de nerineido. En los resultados del estudio de nanoplancton se puede identificar la diversidad de especies encontradas en cada una de las muestras y la edad que arrojan.

San Juan Raya		Formación	
Valanginiense tardío	Hauteriviense temprano – Valanginiense tardío	Edad	
2NC3B	NC4A-NC3B	Zona NF (Bralower 1987)	
BA M_0	BA M-4	. Numero de Muestra	1
P	BA M-3	<i>Assipetra infractacea</i>	
P		<i>Axopodorhabdus dietzmannii</i>	
		<i>Biscutum constans</i>	
		<i>Calcicalithina oblongata</i>	
		<i>Cretarhabdus conicus</i>	
		<i>Conusphaera mexicana</i>	
		<i>Cruciellopsis cuvillieri</i>	
		<i>Cyclagelopshaera brezae</i>	
10	P	<i>Cyclagelopshaera margeretii</i>	5
		<i>Diadorhombus rectus</i>	
3	1	<i>Diazomatolithus lehmannii</i>	
P		<i>Diloma primitiva</i>	
1	P	<i>Discorhabdus ignotus</i>	
P		<i>Eiffellithus striatus</i>	
		<i>Haqius circumradiatus</i>	
		<i>Haqius ellipticus</i>	
2	3	<i>Helena chiasia</i>	
		<i>Helena quadrata</i>	
		<i>Litraphidites aff. bollii</i>	
		<i>Lordia xenota</i>	
		<i>Lotharingius crucicentralis</i>	
1	1	<i>Manivittella pecten</i>	
		<i>Micrantholithus obtusus</i>	
	P	<i>Nannoconus spp. (top view)</i>	
		<i>Nannoconus cornuta</i>	
P	P	<i>Nannoconus steinmanni</i>	
		<i>Percivalia bullata</i>	
1	1	<i>Retecapsa spp.</i>	
		<i>Retecapsa angustiforata</i>	
1	P	<i>Rhagodiscus asper</i>	
		<i>Rhagodiscus dekaenelii</i>	
	P	<i>Rotellapillus crenulatus</i>	
		<i>Sollasites horticus</i>	
		<i>Speetonia colligata</i>	
P		<i>Staurolithites crux</i>	
P		<i>Stradnerlithus silvaradius</i>	
		<i>Tranolithus gabalus</i>	
		<i>Tubodiscus jurapelagicus</i>	
P		<i>Tubodiscus verena</i>	
20	9	<i>Watznaueria barnesae</i>	
3	4	<i>Watznaueria britannica</i>	
2	2	<i>Zeughrabdotos embergeri</i>	
	P	<i>Zeughrabdotos fissus</i>	
1		<i>Zeughrabdotos fluxus</i>	
3		<i>Zeughrabdotos moulladei</i>	

P: presente fuera del recuento inicial de 30FOV

Tabla 2. Estudios del nanoplancton en la segunda y tercera sección medida en la barranca Agua del Mezquite.

IMPORTANCIA BIOESTRATIGRÁFICA DE LOS NERINEIDOS

Los fósiles constituyen la materia prima de la investigación científica paleontológica, por lo que es importante el descubrimiento de nuevos ejemplares, así como de su conservación, pero aunado a esto es también de suma importancia científica el conocer los rangos de edades en los que estos organismos pudieron existir en el planeta, para con ellos hacer una reconstrucción de nuestro pasado geológico.

Los nerineidos además de formar parte de nuestro pasado geológico y la importancia que ello tiene, también se utilizan como fósiles índice (Buitrón y Barceló-Duarte 1980), pero en este trabajo podemos darnos cuenta que tal vez esa afirmación este un poco lejos de la realidad, ya que este estudio nos deja claro que hay especies de nerineidos mal identificadas que podrían tratarse de especies completamente diferentes y esto cambiaría en gran medida su papel como buenos fósiles índice. Esto también implica una importancia mayor ya que se necesita tener un excelente control estratigráfico de los ejemplares reportados, un rango cronoestratigráfico bien controlado de cada especie de nerineidos en el mundo, así como un control detallado de cada especie y sus especies sinónimas en otras partes del mundo. Todo esto antes mencionado existe en la literatura, pero no en todos los casos está bien establecido o bien descrito, inclusive en muchos casos existen omisiones que dificultan tener un mejor control de la especie en general.

Los nerineidos en los sedimentos jurásicos y cretácicos del mundo son relativamente abundantes. A pesar de ello, son poco conocidos en la literatura paleontológica. De ahí la importancia que tienen estos organismos, ya que son pocos los científicos que se han enfocado en estudiarlos y no se tiene una norma estándar para su identificación, por ello tantos errores en la literatura con respecto a este tema.

B= Barremiano	México					Región Mediterránea													
Ap= Aptiano	Michoacán	Colima	Guerrero	Puebla	Veracruz	Portugal	España	Francia	Suiza	Italia	Yugoslavia	Rumania	Marruecos	Argelia	Túnez	Líbano	Beirut	Siria	Albania
Al= Albiano																			
C= Cenomaniano																			
CI= Cretácico Inferior																			
VH=Valanginiano-Hauteriviano																			
E S P E C I E S																			
<i>Nerinella dayi</i> Blanckenhorn	Ap															Ap			
<i>Nerinella utrillasensis</i> Verneuil y Loriere	Ap					Ap Al	Ap Al								Ap Al	Ap			
<i>Plesioptyxis prefleuriaui</i> (Delpey)	Ap													Ap		Ap			
<i>Plesioptyxis fleuriaui</i> (d'Orbigny)	C				CI		C									Al			
<i>Diptyxis azteca</i> (Alencaster)	Ap			VH															
<i>Diptyxis euphyes</i> (Felix)	Ap			VH															
<i>Diptyxis luttickei</i> (Blanckenhorn)	Ap			VH			Ap		Ap	Ap-C		CI				Ap	Ap	C	Ap
<i>Cossmanea titania</i> (Felix)	Ap			VH															
<i>Eurinea poblana</i> (Buitrón)				VH															
<i>Adiozoptyxis coquandiana</i> (d'Orbigny)	Ap	Ap	Ap				Ap	Al	Al	Ap	B	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap		Ap	
<i>Ptygmatis galatea</i> (Coquand)	Ap			Ap			Ap	Ap								Ap			
<i>Phaneoptyxis anguillina</i> (Castillo y Bárcena)	Ap																		

Tabla 3. Edades de las especies más comunes de nerineidos en el mundo, modificada de Buitrón y Rivera 1985.

Los nerineidos frecuentes en las series carbonatadas del Jurásico y del Cretácico, presentan características evolutivas que les facultan para la bio- y cronoestratigrafía de estos sistemas, siempre y cuando tengan un adecuado control. Restringe esta facultad su reducida distribución biogeográfica (Pchelintsev, 1965; Hacobjan, 1976; Kollmann & Sohí, 1979; Sohí, 1987; Wieczorek, 1988).

Algunas especies de nerineidos se han utilizado como fósiles para datar edades de las rocas que los contienen (tabla 3), así como para hacer relaciones paleogeográficas, todo esto en base únicamente al nombre asignado a la especie y sin hacer un análisis detallado de la misma, hay muchos ejemplos de especies utilizadas para la datación como *Adiozoptyxis coquandiana*, *Diptyxis luttickei*, *Neoptyxis galatea* (Pictet y Campiche, 1865; Delpey, 1940; Glacon, 1953; Buitrón y Barceló, 1980; Buitrón y Rivera, 1985) y todas las especies de nerineas se utilizan para las correlaciones geográficas, por ello es importante hacer un mejor estudio de cada uno de los ejemplares estudiados en el mundo porque con esta investigación se denota que muchas especies no son en realidad las que se registran en la literatura.

Esta problemática invita a un estudio más completo de cada ejemplar, como el estudio a fondo de la variación ontogénica de estos organismos y su variación morfológica que comprende aspectos como el estudio de la cavidad de la vuelta, la forma general de la concha, su ángulo apical, la ornamentación y sobre todo la estructura interna de cada ejemplar ya que estas estructuras son muy constantes en cada especie (Calzada, 1992).

Por todo esto hay que replantear los rangos cronoestratigráficos y geográficos de cada espécimen de nerineidos para saber cuáles realmente pueden ser buenos fósiles índice y cuales nos ayudan a la reconstrucción paleogeográfica.

CONSIDERACIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS DE LOS NERINEIDOS

La Biogeografía es una rama de la Biología que se encarga de estudiar principalmente la forma en que se encuentran distribuidos los seres vivos sobre el planeta Tierra, al igual que los procesos que han originado dicha distribución, que factores la pueden modificar y cuales pudieran hacer desaparecer la distribución actual. Las especies pueden estar distribuidas en zonas muy específicas (una isla, una montaña), así como en áreas más grandes como un país o todo un continente e inclusive pueden tener una distribución prácticamente global. Estas diferencias en la distribución son el objeto de estudio de la Biogeografía (Martínez, 1989). Mientras que la Paleobiogeografía es una disciplina que se encarga de la distribución en el pasado geológico.

Por ejemplo, África y Sudamérica están separadas en la actualidad por varios miles de km ocupados por el océano Atlántico. Sin embargo, las evidencias geológicas y biológicas indican una gran similitud paleontológica entre algunas partes de estos dos continentes, ésta es una clara evidencia de que en el pasado las dos grandes masas continentales estuvieron unidas (Martínez, 1989).

La teoría de la Tectónica de Placas explica con claridad y con buenos argumentos científicos cómo se fue produciendo la distribución de tierras y mares a lo largo del tiempo geológico y como esto produjo apariencias diferentes de los continentes durante la vida de la Tierra (Alfaro et al., 2013).

Si las masas continentales carecieran de movimiento sería extremadamente complicado explicar la distribución de muchas especies en el pasado como es el caso de los gasterópodos marinos (Sequeiros et al., 1995). Actualmente hay registro de las mismas especies de neriniedos

tanto en América como en Europa, con la investigación que se realizó en este trabajo abre la posibilidad de que no todas las especies del viejo mundo, principalmente las que corresponden a la cuenca mediterránea, sean iguales a las del continente Americano, pero de comprobarse que se tratan de las mismas especies la única explicación para esto es la tectónica de placas, en donde explican que las masas continentales en el pasado geológico estuvieron acomodadas de formas diferentes a como están agrupadas actualmente. El movimiento de las placas también produce la unión de las masas continentales aisladas durante millones de años. En consecuencia, la distribución y la diversidad de los Nerineidos (de comprobarse la analogía entre especies del Viejo y Nuevo Mundo), se pueden interpretar temporalmente por los cambios en las configuraciones paleogeográficas en función del movimiento de las placas tectónicas durante el Mesozoico (Sequeiros et al., 1995).

Actualmente se utilizan algunos gasterópodos fósiles, entre los que están los Nerineidos, como indicadores de la edad de las rocas, de la ecología y de la geografía antigua del mundo, por ello es necesario tener un mejor control tanto de la paleoecología en donde se desarrollaron pero sobre todo del rango cronoestratigráfico de cada especie, para así poder datar con mejor precisión la edad de las rocas en donde se conservan estos ejemplares. También es importante hacer estudios a fondo para determinar si las especies son las mismas en todo el mundo, porque en muchos casos se hacen relaciones de especímenes con el mismo nombre que tal vez no sean análogos y con estas correlaciones se interpreta una paleogeografía que no en todos los casos puede ser realista.

Adiozoptyxis coquandiana descrita del Neocomiano de Martinica, también ha sido recolectada en rocas del Urgoniano (Albiano) de Francia

y Suiza (Pictet y Campiche, 1865) y en afloramientos del Aptiano de Marruecos, Túnez, Somalia, España, Italia, Rumania, Líbano y la India (Delpey, 1940; Glacon, 1953); así como del Barremiano de Serbia (Petrovic 1939) y también se ha reportado en rocas de México (Buitrón y Rivera 1985). Esta especie ha sido utilizada como fósil índice ya que tuvo una amplia distribución en el mundo durante el Cretácico Temprano de acuerdo a las publicaciones hasta hoy realizadas, pero al igual que las especies aquí estudiadas está tiene diferencias en la morfología interna de los diferentes ejemplares (Fig. 36). Estas diferencias nos hacen preguntar si en realidad pertenecen a la misma especie, de no ser todas la misma especie se debe de estudiar todos los ejemplares a detalle para saber su verdadero alcance tanto estratigráfico como geográfico.

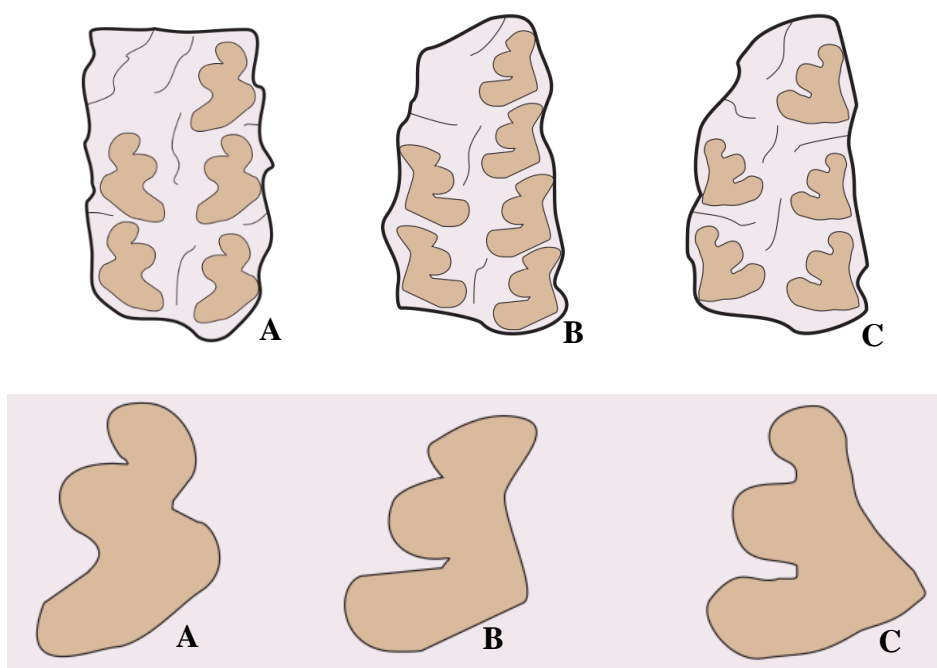


Figura 36. Diferencias entre la morfología interna de *Adiozoptyx coquandiana* en diferentes partes de mundo. A) Ejemplar de México por Buitrón y Rivera-Carranco, (1985), B) ejemplar de Egipto estudiado por Ayoub-Hannaa y Fürsich, (2011), C) ejemplar estudiado en Rumania por Pauliuc, (1971).

Otra especie de importancia paleogeográfica es *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn) que se ha encontrado en rocas del Aptiano de Huetamo, Michoacán (Buitrón y Rivera, 1985); del Barremiano superior de Agua del Burro, al noreste de San Juan Raya, Puebla (Buitrón y Barceló, 1980) es también característica del Aptiano de Túnez y Líbano (Delpey, 1940), así como del Cenomaniano de Siria (Blanckenhorn, 1890). Este es un ejemplo más del porque es importante hacer una revisión de los especímenes a más detalle y compararlos con el holotipo, en este trabajo pudimos observar que no todos los ejemplares descritos como *D. luttickei* son iguales en su morfología interna, inclusive muchos varían de forma drástica, por ello hasta que no se realice la comparación con el holotipo de todos los ejemplares y se determine si pertenecen a las especies que se describen en cada trabajo, se debería de tomar con más cautela la datación de edades de las rocas con nerineidos, así como las relaciones paleogeográficas.

Algunas especies solo han sido registradas en afloramientos del Cretácico Inferior de México, como *Cossmannea (Eunerinea) azteca* (Alencáster), *Cossmannea (Eunerinea) euphyes* (Félix) y *Cossmannea (Eunerinea) titania* (Félix) del Aptiano de Huetamo, Michoacán y San Juan Raya, Puebla (Alencáster de Cserna, 1956; Buitrón y Barceló, 1980; Buitrón y Rivera, 1982). Pero muchas de estas especies como ya se mencionó, tienen grandes similitudes con otras especies del Viejo Mundo, por ellos es también de suma importancia revisar si no pueden ser la misma especie con diferentes variedades.

CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

Es un hecho que tanto en la actualidad como en tiempos pasados, existen relaciones entre los organismos y el medio ambiente, interactuando en ambos sentidos, de modo que no es posible explicar la distribución geográfica de los seres vivos, ni su evolución, sin considerar la evolución geológica en general. La Paleoeología trata sobre los diferentes ambientes en los que se desarrollaron los organismos del pasado geológico. El estudio de los organismos que viven en la actualidad, tanto plantas, invertebrados y vertebrados permite conocer las interrelaciones de los organismos con su entorno ecológico y es aplicable a los organismos fósiles. El procedimiento y método es esencial en Paleoeología con sus limitaciones. Sobre el estudio paleoecológico se toman en cuenta las características sedimentológicas de las rocas en donde estaban depositados los fósiles pues constituyen fuentes de información (Raup y Stanley, 1978).

La biocenosis se considera como una asociación en vida de los organismos y la tanatocenosis consiste en una asociación de muerte. Se debe de tomar en cuenta que para que exista representada una tanatocenosis real, es necesario considerar varios factores en el tiempo de depositación de la muestra fósil, pues existen condiciones desfavorables en el proceso de fosilización como la carencia de partes duras como conchas de invertebrados, esqueletos de vertebrados, entre otros y procesos de diagénesis que pudieron ser factores de pérdida de ciertos componentes biológicos (Wagner, 1957).

Es obvio que los depósitos de organismos muertos y especialmente los acuáticos, no siempre están restringidos al área de su biotipo. Los cadáveres o partes de ellos se pueden transportar por diferentes medios,

tal como ocurre con otros organismos a través de distancias considerables desde el lugar en que habitaban. Van Morkhoven (1966), propone el termino Paraecología.

El término tanatocenosis ha sido introducido para indicar la muerte total de una población dada, en una localidad. Una tanatocenosis por consiguiente puede representar absolutamente a la biocenosis de esa localidad o puede ser también una mezcla de tanatocenosis. En parte representa la biocenosis y en parte consta de organismos muertos de otros ambientes o biotipos. Ocasionalmente fósiles re TRABAJADOS de sedimentos geológicamente más antiguos, se depositan en otro lado y llegan a formar parte de esa localidad.

Con relación a lo anteriormente expresado, se puede inferir el ambiente en el que se desarrollaron los gasterópodos extintos del grupo de los nerineidos, motivo de esta investigación, ya que su asociación a otros organismos como los corales, indica que si estos viven actualmente en mares tropicales, de aguas someras, cálidas, bien oxigenadas y con abundantes nutrientes, fue lo mismo que aconteció en el pasado geológico, particularmente en localidades cretácicas de México del dominio del Tethys (Buitrón, 1981). También todo esto se puede inferir gracias a que los nerineidos siempre o casi siempre se encuentran asociados a otras especies como los rudistas que a lo largo de los años y con base en un gran número de estudios se sabe que estos organismos vivieron en las zonas arrecifales y/o muy cercanos a esta zona.

Los rudistas son organismos gregarios que constituyen extensos cuerpos calcáreos de diversas magnitudes en forma de biostromas o biohermas durante el Cretácico. Estos depósitos en muchos lugares alcanzaron grandes espesores, que resultaron de la superposición de

numerosas generaciones de las mismas biocenosis, que durante millones de años crecieron en las plataformas continentales (Mc Kerrow, 1978).

Estos arrecifes constituyeron ambientes muy adecuados para la conservación de los restos de organismos, ya que actuaban como trampa de sedimentos. Se desarrollaron en un cinturón que rodeaba el Mar del Tethys (Cinturón Mediterráneo) (Buitrón et al., 2003).

Se asume que el Cinturón Mediterráneo presentaba un clima cálido, tal vez tropical. Según Bowen (1966), el Albiano es el lapso donde ocurre el mayor incremento de temperatura de todo el Cretácico. Se calcula que el intervalo normal de temperatura era de 20 a 25 grados centígrados (Habick, 1979), aunque no eran raras las temperaturas de 28 grados centígrados. Por otra parte, los bancos de corales y las calizas gruesas están asociadas a climas cálidos, la precipitación de grandes cantidades de carbonato de calcio como las que integra a la Formación San Juan Raya, sólo pudo ocurrir en aguas cálidas, ya que la solubilidad del carbonato de calcio disminuye con las temperaturas altas.

Los Nerineidos indican que las aguas eran someras, con una profundidad máxima de 200 metros, propia de la zona nerítica interna (Fig. 37), con una salinidad marina normal y uniforme, por su asociación a bancos de rudistas y arrecifes de corales que son indicadores de esas condiciones ambientales tanto en el pasado geológico como en el reciente.

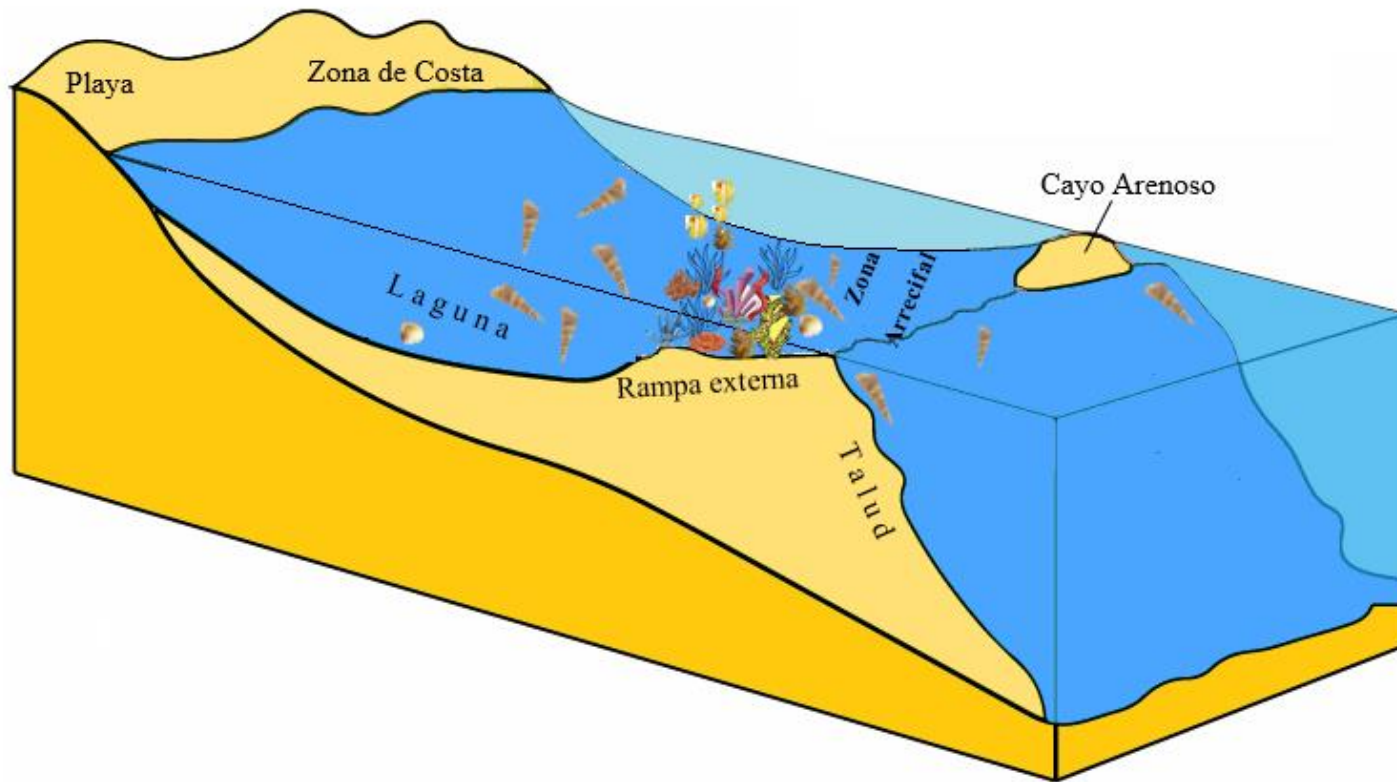


Fig. 37. Ubicación en la plataforma de las especies de nerineidos descritos en este trabajo.

DISCUSIÓN

En la región del sureste del estado de Puebla existen rocas sedimentarias de origen marino con una abundante y diversa biota del Cretácico Temprano, las regiones más conocidas son San Juan Raya, Zapotitlán y Santa Ana Teloxtoc. La prospección geológico-paleontológica en afloramientos de la Barranca Grande y la Barranca Agua de Mezquite, ubicadas en las cercanías del poblado de Santa Ana Teloxtoc, permitió contribuir al conocimiento de las rocas sedimentarias y su contenido de invertebrados fósiles, particularmente de gasterópodos nerineidos. Cuando se identificaron taxonómicamente los organismos fósiles encontrados en la zona de estudio, se realizó una comparación a nivel específico con ejemplares reportados en la literatura de México y otras partes del mundo que tienen el mismo nombre, así como con especies semejantes. Estas comparaciones morfológicas dieron como resultado una dudosa identificación específica para muchos casos, lo que provoca que se tengan que estudiar a fondo las especies reportadas en este trabajo y reestructurar las descripciones hechas anteriormente por otros autores. Todo lo antes mencionado puede solucionarse haciendo comparaciones de las especies con sus respectivos holotipos para tener un mejor control específico en México y con ello poder utilizar a las nerineas como datadores bioestratigráficos y biogeográficos confiables. Hasta que esto no pase se propone tratar con cautela a estos ejemplares.

Los nerineidos se caracterizan por presentar la concha de longitud variable en promedio de 10 cm a 50 cm, con forma cilíndrica, cónica o turritelada, el ángulo apical es pequeño, la sutura generalmente es impresa, con presencia o ausencia de ombligo. La espira tiene vueltas que aumentan ligeramente de tamaño con el perfil plano, convexo o cóncavo, la vuelta del cuerpo es baja con canal sifonal corto. En la parte externa de la concha

existen bandas espirales lisas o con tubérculos y líneas de crecimiento finas y oblicuas. En cada vuelta del interior de la concha hay pliegues de la columela (pliegue columelar), de la pared (pliegue parietal) y del labio externo (pliegue labial) que se consideran con valor evolutivo, todas estas características juntas de cada ejemplar hace que se pueda identificar una especie con cierta facilidad, el problema realmente radica en el error humano, ya que cada persona puede interpretar estas características a su antojo, por ejemplo lo que para un autor puede ser curvo para otro puede ser recto y estos pequeños detalles hacen que en realidad las especies de nerineas sean mal identificadas, porque tal vez pocos se toman el trabajo de comparar sus ejemplares con el holotipo de cada especie, por ello sería necesario una automatización computacional para la identificación específica de los nerineidos como ya está sucediendo con los corales por ejemplo.

Los nerineidos comenzaron a poblar los mares del Jurásico Tardío, pero su mayor desarrollo aconteció en el Cretácico en asociación con otros gasterópodos como casiópodos y también bivalvos rudistas que poblaron las plataformas de mares someros de regiones subtropicales y tropicales principalmente de América, Europa y Asia, estas asociaciones fueron observadas en campo y estudiadas en gabinete, con ello se llegó a la conclusión de que los nerineidos estudiados en este trabajo son pertenecientes a las zonas de arrecife o muy cercanas a ellas, en mares someros, cálidos y con una salinidad normal.

En este trabajo se determinaron las especies *Diptyxis azteca* (Alencáster), *Diptyxis euphyes* (Felix), *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn), *Cossmannea titania* (Felix), y *Eunerinea poblana* (Buitrón), que en estudios anteriores se habían asignado al Aptiano de la región sureste de México, pero el estudio de nanoplancton demostró que las especies de nerineidos encontradas en la parte basal de la Formación San Juan Raya son de

edades que varían del Valanginiano tardío al Hauteriviano temprano, apoyando con esto el trabajo de González-León et al., 2015. También se realizó una valoración taxonómica y se actualizó la sistemática del género de varias de las especies estudiadas.

Las secciones estratigráficas medidas en la parte basal de la Formación San Juan Raya son fácilmente correlacionables si se emplea tanto la asociación de especies de nerineidos como de los especímenes de nanofósiles encontrados en cada estrato (Fig. 38).

Los estudios aquí realizados demuestran que hay variaciones de edades a las que se reportaban para especies de nerineidos en México, lo que conduce a cuestionarnos si todas las especies reportadas son de las edades con las que se registran, para ello se necesitaría hacer más estudios en otras zonas donde se localizan nerineas en México, para poder rectificar o en su defecto corregir estas edades asignadas a las especies. Pero no únicamente en México se necesitan hacer estudios para datar mejor la edad de estos organismos, en todo el mundo también es importante tener bien controlada la edad de las diferentes especies de nerineidos, sobre todo aquellos que durante tantos años han servido de fósiles índice para la datación de edades de diferentes estratos a lo largo del mundo.

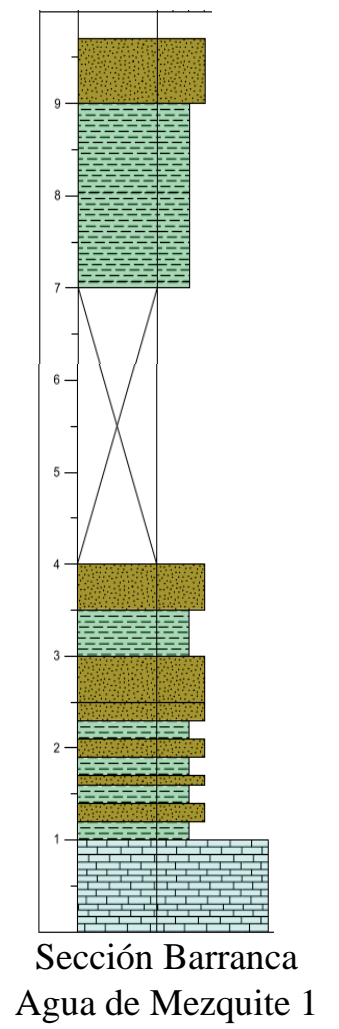
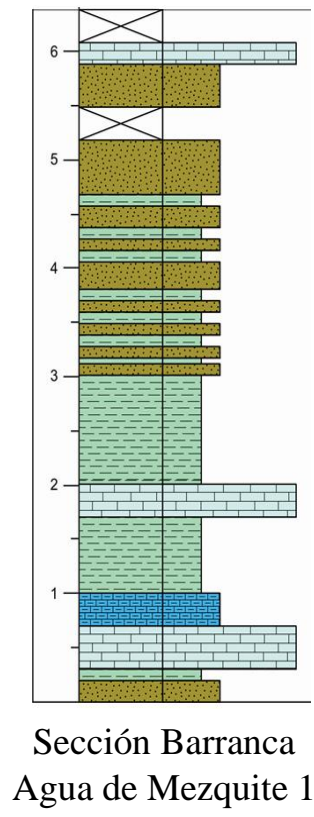
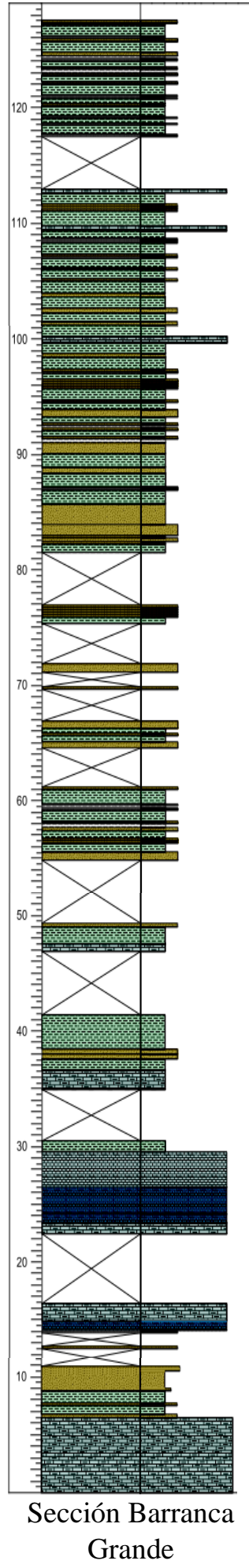
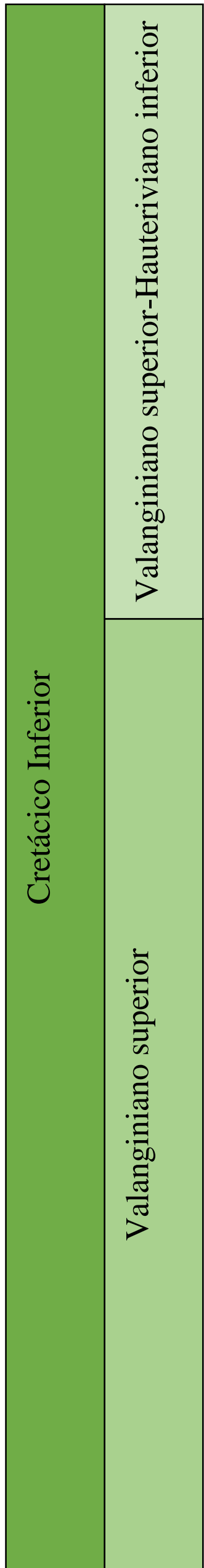


Figura 38. Correlación secciones estratigráficas, Formación San Juan Raya.

CONCLUSIONES

El estudio paleontológico de la fauna perteneciente a la región suroeste de Puebla, México, permitió reconocer la presencia de cinco especies pertenecientes a la familia Nerineidae: *Diptyxis azteca* (Alencáster), *Diptyxis euphyes* (Felix), *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn), *Cossmannea titania* (Felix), y *Eunerinea poblana* (Buitrón), procedentes de la parte basal de afloramientos de la Formación San Juan Raya localizados en las regiones de Santa Ana Teloxtoc al sureste del estado de Puebla. Se revisó la taxonomía a nivel genérico y específico, actualizando así la sistemática de algunas especies de acuerdo a publicaciones recientes sobre nerineas.

El estudio detallado de cada especie de nerineido y su comparación tanto con especies del mismo nombre como con especies afines, demuestran que existe una gran problemática en este contexto, ya que se pueden apreciar diferencias morfológicas considerables en especies que dicen ser la misma en diferentes partes del mundo y por otra parte especies supuestamente diferentes presentan similitudes preocupantes, lo que puede significar que se estén haciendo descripciones erróneas e interpretaciones equivocadas basándose en estos organismos.

Se tiene que hacer un estudio a fondo de todas las especies de nerineas en México comparándolas con los holotipos para ver si en realidad pertenecen a las especies que se les asignan y si es el caso asignar el organismo a su verdadera especie, una vez teniendo el control específico de las nerineas en México, hacer la comparación con otras especies del mundo pero no solo basándose en el nombre, sino en toda la descripción, para poder tener un verdadero mapa paleogeográfico de las especies del país.

También se hizo el estudio de nanoplancton indicando que los estratos, así como las especies de nerineidos son de edades que varían del

Valanginiano tardío al Hauteriviano temprano, ampliando a su vez tanto las edades de las especies de nerineidos estudiadas en este trabajo como la misma edad de la Formación San Juan Raya.

Las nerineas estudiadas en este trabajo se presume vivieron en las plataformas continentales, en lagunas arrecifales y aún en la zona prelitoral, basado en los ejemplares de corales, rudistas y ostreidos encontrados en el área de estudio asociados con las nerineas. También se puede saber que los mares fueron someros, de aguas cálidas y con salinidad normal.

Los nutrientes debieron ser abundantes para propiciar el exuberante desarrollo de la fauna, el cual se manifiesta por la gran cantidad de ejemplares que formaron bancos, así como por la diversidad de especies.

Esta investigación contribuye al conocimiento sobre la paleobiogeografía del país, además de aportar datos sobre la reconstrucción paleoambiental fidedigna con base en las interacciones paleoecológicas dadas durante el Cretácico Temprano.

Lámina 1

- A) *Cossmannea titania* (Felix). sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (A1) y morfología exterior (A2) del ejemplar SI-12-5 recolectado en la Barranca Grande.
- B) *Cossmannea titania* (Felix). sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (B1) y morfología exterior (B2) del ejemplar SI-12-6 recolectado en la Barranca Grande.
- C) *Cossmannea titania* (Felix). sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (C1) y morfología exterior (C2) del ejemplar SI-12-7 recolectado en la Barranca Grande.
- D) *Cossmannea titania* (Felix). sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (D1) y morfología exterior (D2) del ejemplar SI-12-8 recolectado en la Barranca Grande.



A1



A2



B1



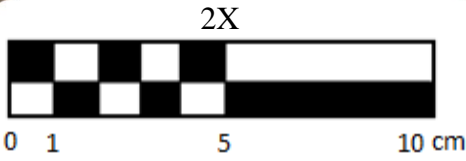
B2



C1



C2



D1



D2

Lámina 2

- A) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (A1) y morfología exterior (A2) del ejemplar BAM-2-4 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite.
- B) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (B1) y morfología exterior (B2) del ejemplar SI-4-1 recolectado en la Barranca Grande.
- C) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (C1) y morfología exterior (C2) del ejemplar BAM-0-3 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite.
- D) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (D) del ejemplar BAM-2-5 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite.
- E) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (E) del ejemplar SI-1-3 recolectado en la Barranca Grande.
- F) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (F) del ejemplar SI-1-4 recolectado en la Barranca Grande.
- G) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (G) del ejemplar BAM-2-6 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite.



A1



A2



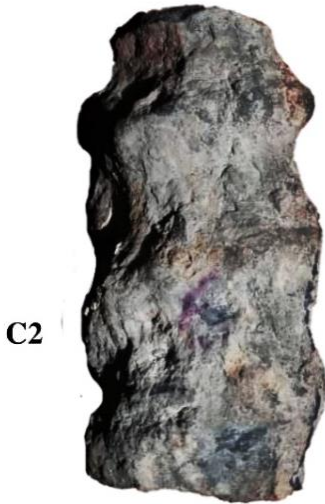
B1



B2



C1



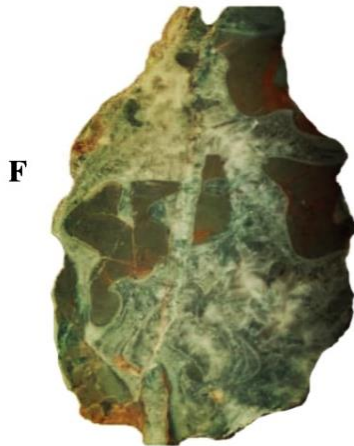
C2



D



E



F



G

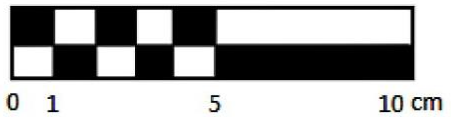


Lámina 3

- A) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (A1) y morfología exterior (A2) del ejemplar BAM-2-7 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite.
- B) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (B) del ejemplar BAM-0-4 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite.
- C) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (C) del ejemplar SI-4-2 recolectado en la Barranca Grande.
- D) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (D) del ejemplar SI-1-5 recolectado en la Barranca Grande.
- E) *Eunerinea poblana* (Buitrón). Sección longitudinal que muestra el plegamiento interno (E) del ejemplar SI-1-6 recolectado en la Barranca Grande.

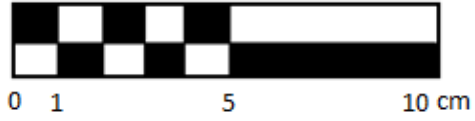


Lámina 4

- A) *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn). Sección axial del plegamiento interno (A1) y morfología exterior de la concha (A2) del ejemplar SI-12-1 recolectado en la Barranca Grande.
- B) *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn). Sección axial del plegamiento interno (B1) y morfología exterior de la concha (B2) del ejemplar SI-17-2 recolectado en la Barranca Grande.
- C) *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn). Sección axial del plegamiento interno (C1) y morfología exterior de la concha (C2) del ejemplar SI-17-3 recolectado en la Barranca Grande.
- D) *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn). Sección axial del plegamiento interno (D) del ejemplar SI-12-2 recolectado en la Barranca Grande.
- E) *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn). Sección axial del plegamiento interno (E) del ejemplar SI-12-3 recolectado en la Barranca Grande.
- F) *Diptyxis luttickei* (Blanckenhorn). Sección axial del plegamiento interno (F) del ejemplar SI-12-4 recolectado en la Barranca Grande.



A1



A2



B1



B2



C1



C2



D



E



F

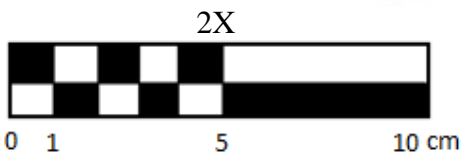


Lámina 5

- A) *Diptyxis azteca* (Alencáster). Corte longitudinal (A1) y vista exterior de la concha (A2) del ejemplar SI-10-1 de la columna estratigráfica medida en la Barranca Grande.
- B) *Diptyxis azteca* (Alencáster). Forma exterior de la concha (B1) y sección interior (B2) del ejemplar SI-10-2 Barranca Grande.
- C) *Diptyxis azteca* (Alencáster). Vista interior (C) del ejemplar SI-10-3 de la sección medida en la Barranca Grande.
- D) *Diptyxis azteca* (Alencáster). Vista interior (D) del ejemplar SI-10-4 de la sección medida en la Barranca Grande.
- E) *Diptyxis azteca* (Alencáster). Vista interior (E) del ejemplar SI-10-5 de la sección medida en Barranca Grande.
- F) *Diptyxis azteca* (Alencáster). Vista interior (F) del ejemplar SI-10-6 de la sección medida en la Barranca Grande.
- G) *Diptyxis azteca* (Alencáster). Vista interna (G) del ejemplar SI-10-7 de la sección medida en la Barranca Grande.

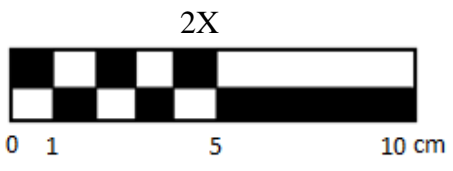
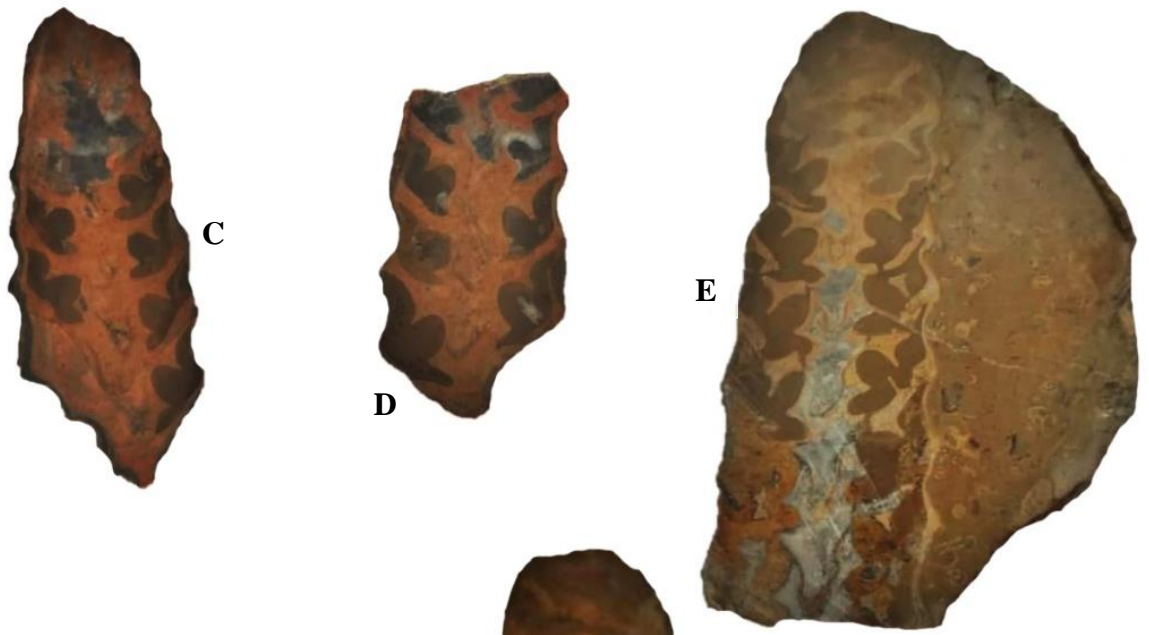


Lámina 6

- A) *Diptyxs euphyes* (Felix). Sección pulida del interior del organismo fósil (A1) y parte exterior de la concha (A2) del ejemplar SI-1-1 recolectado en la Barranca Grande.
- B) *Diptyxs euphyes* (Felix). Sección pulida del interior del organismo fósil (B1) y parte exterior de la concha (B2) del ejemplar SI-17-1 recolectado en la Barranca Grande.
- C) *Diptyxs euphyes* (Felix). Morfología exterior de la concha (C1) y sección axial del plegamiento interno (C2) del ejemplar BAM-2-1 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite.
- D) *Diptyxs euphyes* (Felix). Morfología exterior de la concha (D1) y sección axial del plegamiento interno (D2) del ejemplar BAM-2-2 recolectado en la Barranca Agua de Mezquite
- E) *Diptyxs euphyes* (Felix). Vista interna (E) del ejemplar BAM-2-3 de la sección medida en la Barranca Agua del Mezquite.
- F) *Diptyxs euphyes* (Felix). Vista interna (F) del ejemplar BAM-0-1 de la sección medida en la Barranca Agua del Mezquite.
- G) *Diptyxs euphyes* (Felix). Vista interna (F) del ejemplar BAM-0-2 de la sección medida en la Barranca Agua del Mezquite.



A1



A2



B1



B2



C1



C2



D1



D2



E



F



G

2X



0 1 5 10 cm 99

LITERATURA CITADA

- Aguilera, J.G., 1906. Excursión de Tehuacán a Zapotitlán en San Juan Raya, México: Congreso Geológico Internacional, 10, México, D.F, Libro guía de la Excursión 7, p. 27, map. 1, tab. 1.
- Aguilera, J.G., 1906. Sinopsis de la geología mexicana. Instituto Geológico de México, Bol. 4.6, 187-250.
- Alencáster de Cserna, G., 1956. Pelecípodos y Gasterópodos del Cretácico Inferior de la Región de San Juan Raya-Zapotitlán, Estado de Puebla. Paleontología Mexicana 2, 1-47.
- Alfaro, P., Alonso-Chaves, F.M., Fernández, C. y Gutiérrez-Alonso, G., 2013. La tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (21.2), 165-180.
- Ayoub-Hannaa, W., y Fürsich, F.T., 2011. Revision of Cenomanian-Turonian (Upper Cretaceous) gastropods from Egypt. *Zitteliana*, 115-152.
- Barceló-Duarte, J., 1978. Estratigrafía y Petrografía Detallada del Área de Tehuacán-San Juan Raya, Estado de Puebla: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 143 pp.
- Barnes, R.D., 1977. Zoología de los Invertebrados. Editorial Interamericana, 123 pp.
- Blanckenhorn, M., 1890. Beitrage sur Geologie Syriens, Die Entwicklung des Kreidesystems in Mittel-und Nord Syrien mit besondrer Berucksichtigung der palaontologisch en Verhältnisse nebst einem Anhang uber den jurasslchen Glandarien Kalk: Cassel, 135 pp.
- Bowen, E.D., 1966. Paleotemperature analysis: Elsewer Scientific Publication Co. London, 169 pp.
- Brusca, R.C. y Brusca, G.J., 2007. Invertebrados. Segunda edição. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 968 pp.

- Buitrón, B.E. y Barceló-Duarte, J., 1980. Nerinéidos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya, Puebla: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 4(1), 46-55.
- Buitrón, B.E., 1981. Gasterópodos del Cretácico Temprano de México occidental y sus implicaciones paleobiogeográficas. Anal del II Congreso Latinoamericano de Paleontología, Porto Alegre, Brasil, 343-377.
- Buitrón, B.E y Rivera, E., 1985. Nerinéidos (Gasteropoda-Nerineidae) cretácicos de la región de Huetamo-San Lucas, Michoacán: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 48(1-2), 65-84.
- Buitrón, B.E. y Pantoja-Alor, J., 1998. Albian gastropods of the rudist bearing Mal Paso Formation, Chumbitaro región, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15(1), 14-20.
- Buitrón, B.E., Pantoja-Alor-Jerjes y Romo de la Rosa., 2003. Gasterópodos cretácicos (Aptiano-Albiano) de la región de San Lucas, estados de Michoacán y Guerrero, en Soto, L. (ed.), Agustín Ayala Cañizares: México, D.F., Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 177-188.
- Bukry, D. 1973b. Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, Tasman Sea and Southern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg21. Initial Report Deep Sea Drilling Project, 21, 885-893.
- Calderón-García, A., 1956. Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla. Del XX Congreso Geológico Internacional, Libro Guía, Excursión A-11, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México, p. 9, lám. 2.
- Calzada, S., 1986. Nerineacea (Gasteropoda) eocretácicas del Nordeste español. Trabajo del Museo de Geologia del Seminario de Barcelona, 221, 1-19.
- Calzada, S., 1992. Nuevos datos sobre Neoptyxis galatea (Coquand) (Gasterópodo del cretácico Español).- Revista Española de Paleontología, 7(1), 87-91.

- Carmona, L., Pola, M., Gosliner, T.M. y Cervera, L., 2013. A tale that morphology fails to tell: A Molecular Phylogeny of Aeolidiidae (Aeolidida, Nudibranchia, Gastropoda). PlosOne, 8 (5), 618-630.
- Carmona, L., Bhave, V., Salunkhe, R., Pola, M., Gosliner, T.M. y Cervera, J.L., 2014. Systematic review of Anteaolidiella (Mollusca, Nudibranchia, Aeolidiidae) based on morphological and molecular data, with a description of three new species. Zoological Journal of the Linnean Society, 171, 108-132.
- Choffat, P. y de Loriol-Le, P., 1886. Recueil d'études paléontologiques sur la faune crétacique du Portugal, Imprimerie de l'Académie royale des sciences 2(1), 12-24.
- Coquand, H., 1862. Géologie et paléontologie de la région sud de la province de Constantine (Vol. 1), 185 pp.
- Cossmán, M. 1896. Essais de Paleoconchologie compare 2, 179 pp. (publicado por el autor).
- Cox, L.R., 1949. On the genotype of *Nerinea*; with a new subgeneric name Eunerinea. Journal of Molluscan Studies, 27(6), 248-250.
- Cox, L.R., 1960. Thoughts on the classification of the Gastropoda. Journal of Molluscan Studies, 33(6), 239-261.
- Cragin, F.W., 1892. A contribution to the invertebrate paleontology of the Texas Cretaceous, in Dumble, E.T. (ed.), Fourth Annual Report of the Geological Survey of Texas 1892, Part II. Paleontology and Natural History: Austin, Geological Survey of Texas, Ben C. Jones & Co., State Printers, 141-294.
- Del Río, C.J. y Camacho, H.H., 1996. *Iheringinucula*, a new genus of the family Nuculidae (Mollusca: Bivalvia) from the Tertiary of Patagonia (Argentina). Journal of Paleontology, 70, 935-940.
- Del Río, C.J. y Camacho, H.H., 1998. Tertiary nukuloids and arcoids of eastern Patagonia (Argentina). Palaeontographica Abteilung A-Stuttgart, 250, 47-88.

- Delpey, G., 1940. Delpey, G. (1939). Les gastéropodes mésozoïques de la région libanaise. Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique, 3, 5-324.
- Dietrich, W.O., 1925. Gastropoda Mesozoics: Fam. Nerineidae: Fossilium Catalogous. I: Animalia, pars 31, 164 pp.
- D'Orbigny, A., 1842-1843. Paléontologie Française, Terrains Cretacés volumen 2, Gastéropodes. Paris, 465 pp. (Publicado por el autor).
- D'Orbigny, A., 1847. Mammifères, in Orbigny, A: Voyage dans l'Amérique méridionale (le Brésil, la République Orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivia, la République du Pérou) exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833, Zoologie, 4:1-32. P. Bertrand/Ve. Levrault, Paris/Strasbourg.
- D'Orbigny, A., 1850. Prodrome de paleontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnées, vol I-II., Paris, Edit. Masson, 53 pp.
- Felix, J., 1891. Versteinerungen aus der mexicanischen Jura und Kreideformation: Paleontographica, 37, 140-199.
- Fernández-Alamo, M.A. y Rivas, G., 2007. Niveles de Organización en Animales. Las Prensas de Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM., 432 pp.
- Frankes, L.A., 1979. Climates throughout Geologic Time. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 310 pp.
- Fries, C.Jr., 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, Región central Meridional de México. Boletín del Instituto de Geología, 60, 236 pp.
- García-Mendoza, A., Lezama, P.T. y Santiago, J.R., 1994. El endemismo en la flora fanerogámica de la Mixteca Alta, Oaxaca-Puebla, México. Acta Botanica Mexicana, (27), 53-73.

- García Oliva, F. 1991. Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales en la Cuenca del río Zapotitlán, Puebla. *Investigaciones Geográficas Boletín*, 23, 53-70.
- Garstrang, W. 1929. The origin and evolution of larval forms. Report British Association. *Advanced Science*, 77-98.
- Gemmellaro, G.G., 1865. Nerinee della ciaca die dintorini di Palermo. *Giornale scienza. naturale econem* 1, 1-35.
- Glaçon, G., 1953. Etude de Quelques Nerinées et Miliolles du Crétacé Inférieur. *Bull. Soc. Geol., France*, 6a. Serie, t. 3, p. 23-34.
- González-León, O., Jeremiah, J., Schlagintweit, F., Bover-Arnal, T., Moreno-Bedmar, J.A., Mendoza-Rosales, C. y Vega, F.J., 2015. Novel contributions and errata to the work “Morphology and ontogeny of the fossil lobster *Meyeria magna* M'Coy, 1849 (Astacidae: Mecochiridae) from the Lower Cretaceous (Lower Aptian) of Mexico, United Kingdom and Spain”. *Ciudad de México. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 276(3), 323-334.
- González, E., Ferrari, M. y Mourgues, F.A., 2016. Registro de nerineoideos (*Cossmannea sp.*) en el Bajociano del grupo caracoles, Formación Torcasas, región de Antofagasta. Conferencia.
- Herbich, F., 1886. Paläontologische Studien über die Kalkklippen des Siebenbürgischen Erzgebirges. *Buchdruckerei des Franklin-Verein*, 68 pp.
- Hernández-Ocaña, M.I., Quiroz-Barroso, S.A. y Sour-Tovar, F., 2015. Tafonomía y Paleoecología de las ostras de la Formación San Juan Raya, Aptiense del sureste de Puebla, México. *Boletín Geológico y Minero*, 126(1), 37-62.
- Habick, J.K.A., 1979. Paleoclimate, paleomagnetism and continental drift: The American Association of Petroleum Geologists. *Studies in geology*, 9, 26-89.

- Hacobjan, V.T., 1976. Pozdnemolovye gastropody Armyanskoi SSR (Late Cretaceous gastropods of the Armenian SSR). Akademiya Nauk Armyanskoi SSR, Erevan, 443 pp.
- Hernández-Lascars, D. y Galván-Mendoza, E., 1990. *Lamellaerhynchia* cf. *Renauxiana* (D'Orbigny) (Brachiopoda-Rhynchonellidae) del Cretácico Inferior de la región de San Lucas Teletitlán, estado de Puebla, Centro Sur de México: Sociedad Mexicana de Paleontología, Revista, 2(2), 47-55.
- Hernández-Lascars, D. 2000. Contribución al conocimiento de la estratigrafía de la formación Matzitzi, área: Los Reyes Metzontla-Santiago Coatepec, extremo suroriental del estado de Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis de maestría, 117 pp.
- Kenneth M.B., 2010. Ecology and Classification of North American Freshwater invertebrates. Academic Press, 121-134.
- Kollmann, H.A. y Sohí, N.F., 1979. Western hemisphere Cretaceous Itieriidae gastropods. Geological Survey Professional 1125-A, 1-15.
- Kollmann, H.A. y Peza, L.H., 1996. *Diptyxis* Oppenheim (*Nerineacea*, Gastropoda) from the Lower Cretaceous of Albania. On the distribution of the genus "*Diptyxis*". Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie A für Mineralogie und Petrographie, Geologie und Paläontologie, Anthropologie und Prähistorie, 17-33.
- Kollmann, H.A., 2005. Gastropodes Crétacés e Vol. 3. In: Fischer, J.-C. (Ed.), Révision Critique de la Paléontologie Française d'Alcide d'Orbigny. Backhuys, Leiden, 239.
- Krivic, K., 1974. Nerineidae Tmovaškega gozda in Banjska planote. Geologia, Roz in Porocila, 17, 181-227.
- Lehmann, C., Osleger, D.A. y Montañez, I.P., 1998. Controls on Cyclostratigraphy of Lower Cretaceous Carbonates and Evaporites,

Cupido and Coahuila Platforms, Northeast Mexico. *Journal of Sedimentary Research*, 68 (6), 1109-1130.

López-Galindo, F., Muñoz-Iniestra, D., Hernández-Moreno M., Soler-Aburto A., Castillo-López M.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.

Malchus, N., Pons, J.M. y Salas, R., (1995). Rudist distribution in the lower Aptian shallow platform of la Mola de Xert, Eastern Iberian Range, NE Spain. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 12(2), 224-235.

Martínez, N.L., 1989. Tendencias en Paleobiogeografía. El futuro de la biogeografía del pasado. *Paleontología*, 10, 271.

Martínez-Chacón, M.L. y Rivas, P., 2009. Paleontología de invertebrados. Sociedad Española de Paleontología, Instituto Geológico y Minero de España, Universidad de Oviedo, Universidad de Granada, 524 pp.

Mc Kerrow, W.S., 1978. The ecology of fossils: an illustrated guide. MIT Press Massachusetts, 344 pp.

Mendoza-Rosales, C.C., Centeno-García, E., Silva-Romo, G., Campos-Madrigal, E. y Bernal, J.P., 2010. Barremian rift-related turbidites and alkaline volcanism in southern Mexico and their role in the opening of the Gulf of Mexico. *Earth and Planetary Science Letters*, 295, 419-434.

Mendoza-Rosales, C.C., 2010. Estratigrafía y facies de las cuencas cretácicas del sur de Puebla y su significado tectónico, Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis Doctoral, 160 pp. Inédita.

Morán-Zenteno, D.J., Caballero-Miranda, C.I., Silva-Romo, G., Ortega-Guerrero, B. y González-Torres, E., 1993. Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico: *Geofísica Internacional*, 32, 453-473.

Müllerried, F.K., 1934. Estudios paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla: Universidad Nacional Autónoma de México, Anales del Instituto de Biología, 5, 55-88 pp.

Muséum National d'Histoire Naturelle, *Nerinea desvoidyi*., 2017. Francia. Recuperado de https://science.mnhn.fr/taxon/species/nerinea/desvoidyi?lang=en_US.

Nyst, H., Galeotti, H., 1840-41. Description des Mollusques et Rayonnés Fossiles. Tehuacán au Mexique: Royal Academy Bruxelles Bulletin 7, 212-221.

Oppenheim P., 1889. Beitrage zur Geologie der Insel Capri und der Halbinsel Sorrent. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 42, 758-764.

Paris, A. y Sirna, M., 1996. Geology and paleontology of the southwestern carbonate edge of Fucino Plain (Abruzzi, central Apennines). Geologica Romana, 32, 183-209.

Pauliuc, S., 1971. Studiul unei faune de gasteropode din Cretacicul Inferior din sectorul de sud-vest al munților perșani pauliuc s., grădinar u e. și Popescu Rozica. Analele Universității București. Geologie, 20, 119 pp.

Pchelincev, V.F., 1931. Upper Jurassic and Lower Cretaceous Gastropods of Crimea. Memorie Geology Leningrad (new series) 183, 1-8 y 202-209 (Traducción del Ingles).

Pchelintsev, V.F., 1965. Mesozoic Murchisoniata from the strata of the Crimean Mountains. Izvestiya Akadamii Nauk SSSR, 4, 46 pp.

Pchelincev, V. F., 1968. Mesozoic Murchisoniata of the Crimean Highlands. Revista del Instituto de Geología. 10 (11), 1-45 (Traducción del Ingles).

Petrovic, K.C., 1939. Quelques espèces de Nérinées du Crétacé inférieur á facies urgonien de Kosutnjak (environs de Béograd). Annt Géologie Peninsul Balkanique, 16, 65-76.

- Pictet, F.J. y Campiche, G., 1865. Description des Fossiles du Terrain Crétacé de Sainte-Croix. Partie 3, no. 3, 1-558, in F.J. Pictet, Matériaux pour la Paleontologie Suisse ou Recueil de monographies sur les Fossiles du Jura et des Alpes. Quatrième Série.
- Praturlon, A. y Sirna, G., 1976. Ulteriori dati sul margine cenomaniano della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, 532 pp.
- Raup, D.M. y Stanley, S.M. 1978. Principios de Paleontología: Ed. Ariel, México, 456 pp.
- Rzedowski, J. y McVaugh, R., (1966). La vegetación de la Nueva Galicia. Contr. University Michigan Herb. 9, 1-123.
- Rzedowski, J., 1970. Notas sobre el bosque mesofilo de montaña en el Valle de México, 123 pp.
- Rzedowski, J., 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México, 79 pp.
- Sequeiros, L., García, E. y Pedrinaci, E., 1995. Tectónica de placas y evolución biológica: construcción de un paradigma e implicaciones didácticas. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 3(1), 14-22.
- Sirna, G., 1968. Lower Cretaceous charophyta and paleogeography of mediterranean basin. Atti della accademia nazionale dei lincei rendiconti-classe di scienze fisiche-matematiche y naturali, 44(4), 566 pp.
- Sirna, G., 1995. The Nerineids: taxonomy, stratigraphy and paleoecology with particular references to Italian examples. Geologica Romana, 31, 285-305.
- Sirna, G., 1999. Some late Jurassic and early Cretaceous nerineids from the maestrat basin, Spain. Geologica Romana, 35, 35-43.
- Sirna, G. y Mastroianni, F., 1993. Jurassic-Cretaceous nerineids of Campoli Appennino (Latium). Geológica Romana, 29, 139-153.
- Sohí, N.F., 1987. Cretaceous gastropods: contrasts between Tethys and the temperate provinces. Journal of Paleontology, 61, 127-132.
- Van-Morkhoven, F., 1966. The concepts of paleoecology and its practical application: GCAGS Transactions, 16, 123 pp.

Vaughan, P.G., 1988. Cretaceous nerineacean gastropods-Systematics affinities and palaeoecology: Manchester, U.K. Manchester Open University, Ph. D. thesis, 273 pp. (unpublished).

Wagner, C.W., 1957. Sur les ostracodes du Quaternaire récent des Pays-Bas et leur utilisation dans l'étude géologique des dépôts holocènes. These de la Faculte des Sciences, Université de Paris, 1-259.

Wenz, W., 1940. Gastropoda, Allgemeiner Teil und Prosobranchia. Handbuch der Paläozoologie, 6(1), 721-960.

Wieczorek, J., 1975. The taxonomy and life environment of the Upper Jurassic nerineid gastropods from the genus *Fibuloptygmatis* Pchelintsev, (1965). Acta Geológica Polonica 25, 153-164.

Wieczorek, J., 1988. Biogeography of Tithonian Nerineacean gastropods. In: Evolution of the northern margin of Tethys. The results of IGCP Project 198, 1, Mém. Société Géologique de France, 154, 35-40.

Wieczorek, J., 1997. Nerineaceans from the Ernstbrunn Limestone (Tithonian, Austria). Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie A für Mineralogie und Petrographie, Geologie und Paläontologie, Anthropologie und Prähistorie, 261, 311-329.

Zittel, K.A., 1873 Die Gastropoden der Stramberger Schichten Paleontographica. Beiträge zur Naturgeschichte der Vorwelt. Supplement Bd 2. Theoder Fischer, Cassel. 3, 193-373.

Apéndice

NANOPLANCTON

El nanoplancton está formado por pequeños organismos que por lo general no alcanzan las 30 μm , pero que pueden llegar a 63 μm de dimensión que se considera el límite entre nano y microfósiles. Estos organismos presentan formas muy variadas (Young y Bown, 1997, 1999). Existen tres grandes grupos de nanofósiles, calcáreos, silíceos y orgánicos, destacándose el nanoplancton calcáreo, por ser el constituyente principal de los sedimentos marinos desde el Triásico, por ello actualmente este tipo de nanoplancton es recurrentemente empleado para el análisis bioestratigráfico y para la correlación a escala mundial. La mayor parte de los nanofósiles calcáreos pertenecen a los cocolitofóridos clasificados dentro de Haptophyta (Herrle, 2003). Sin embargo, hay también un grupo relevante denominado nanolitos, cuyas afinidades biológicas son inciertas debido a la falta de formas análogas vivientes (Bown y Young, 1998a).

Cocolitofóridos

Los cocolitofóridos fueron clasificados por los micropaleontólogos como protistas flagelados de afinidades vegetales, pertenecientes a las Chrysophyceae constituyendo un grupo dentro de los chrysomonadinos, cuyas células tienen un revestimiento calcáreo formado de pequeños corpúsculos de contorno regular, llamados cocolitos (Racki y Cordey, 2000). Estos se agrupan para formar una estructura de mayor tamaño o cooesfera, que tiene entre 15 y 100 μm , mientras que los cocolitos suelen oscilar entre 2 y 25 μm . Se conocen comúnmente como algas calcáreas, nanofósiles o nanoplancton calcáreo, se estima que del 20 al 40 % del carbonato es producido por los cocolitofóridos (Honjo et al., 1982).

La reproducción es por división asexual, ciertas especies, tales como *Coccolithus pelagicus*, se dividen en dos células dentro de la cooesfera, que salen por un orificio y la cooesfera vacía cae al fondo. Estas células se vuelven a dividir dando lugar a cuatro, las cuales crecen de tamaño y desarrollan una cubierta en unas dos semanas. La velocidad con la cual se pueden reproducir estos organismos varía en cada especie y algunas pueden llegar a dividirse hasta cinco veces por día. Estas tasas tan elevadas en la división de organismos dan como consecuencia una gran proliferación de cocolitofóridos, que puede alcanzar concentraciones de millones de células por litro (Lescano y Concheyro, 2009).

La nutrición incluye la ingestión de bacterias y otras partículas orgánicas, pero la principal fuente de alimentación es la fotosíntesis, produciendo carbohidratos a partir del dióxido de carbono, la luz y el agua. Los cocolitos actualmente se encuentran compuestos en su totalidad por calcita con diminutas cantidades de aragonito y vaterita (Lescano y Kietzmann, 2010; Kietzmann et al., 2011). Es posible que algunos cocolitos en el pasado geológico estuvieran formados de aragonito, pero por ser químicamente inestables fueron reemplazado por calcita que es más estable en la naturaleza, por ello actualmente solo se tiene cocolitos fósiles formados por calcita. Es bien sabido que la calcita cristaliza en romboedros, por ello dentro del cocolito esta tendencia no cambia y es por esto que los cristales de calcita dentro del cocolito también presentan esta forma, pero con disposiciones y distribuciones diferentes de acuerdo a la posibilidad de la célula a controlar esta tendencia de cristalización.

Los cristales que forman los cocolitos presentan diferente disposición de los ejes ópticos, dando lugar a distintas figuras de interferencia, que con luz polarizada bajo nícoles cruzados muestran una cruz negra (Fig. 1).

Sin embargo, algunos cocolitos como los asterolitos y ortolitos no presentan birrefringencia y no muestran figura de interferencia. La

ausencia o la presencia de diferentes figuras de interferencia son consecuencia de la diferente morfología y orientación de los cristales, pudiendo variar incluso dentro de un mismo cocolito. Esta propiedad ayuda al reconocimiento y determinación de los distintos tipos de cocolitos, siendo una técnica muy utilizada para los estudios rutinarios de los frotis. Sin embargo, para los estudios morfológicos detallados se suele utilizar el microscopio electrónico de barrido, el cual permite ilustrar hasta los detalles más minúsculos.

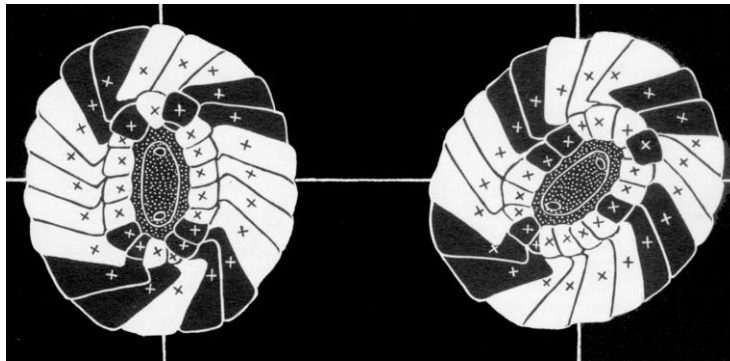


Figura 1. Se muestra la figura de interferencia de los cocolitos. Tomada de Lescano, 2005.

Los diversos tipos de cocolitos se clasifican de acuerdo a su morfología, que permite la identificación a nivel genérico y específico (Young y Bown 1997). La morfología de la cocoesfera es diversa por dos razones principales, la primera es cuando hay más de un tipo de cocolito dentro de una cocoesfera y la segunda se debe a que dentro de la cocoesfera existe una doble capa de cocolitos diferentes, esto es llamado dimorfismo. También existe el pleomorfismo, cuando presentan holococolitos en la fase móvil y heterococolitos en la fase estática (Mutterlose et al., 2005). Por todo lo antes mencionado es importante aclarar que un elemento aislado no puede ser suficiente para determinar una especie y una clasificación basada en elementos aislados sería de tipo parataxónico

(Siesser y Winter, 1994). De hecho, la mayoría de las especies fósiles definidas, lo han sido sobre elementos aislados y muchas de ellas serían sinónimas. Deflandre (1952 y 1959) dentro de la familia Coccolithophoridae diferenció dos grandes órdenes basándose en la propiedad óptica que presentan los cocolitos en luz polarizada, el orden Heliolithales, que agrupa a los que muestran una cruz negra con brazos rectos o incurvados y el orden Ortholithales, que no dan figura de interferencia.

La morfología de los cocolitos varía considerablemente, y esto ha permitido una nueva clasificación, algunos presentan un diseño circular o elíptico con características morfológicas adicionales, como un área central cerrada o abierta. El área central puede ser rellenada con una barra, un puente, una cruz, una malla perforada o con otras estructuras. Estas características permiten realizar la determinación a nivel de género o de especie, particularmente para la identificación de las especies se basa principalmente en las características del área central (Mutterlose et al., 2005). Para el Mesozoico, Young y Bown (1997) proponen la división de nanofósiles calcáreos en: heterococolitos, holococolitos y nanolitos.

Heterococolitos

Los representantes de este grupo pueden exhibir dos estructuras básicas:

- Los **murolitos** conforman un anillo que se compone de dos unidades cristalinas: la parte distal o ciclo exterior (unidad V) y una parte proximal o ciclo interior (unidad R) de menor tamaño.
- Los **placolitos** se componen de un amplio y fino anillo formado a partir de dos escudos superpuestos unidos por un tubo central.

(Mutterlose et al., 2005).

Holococolitos

Son un grupo de nanofósiles calcáreos cuyas placas están compuestas por simples cristales euhedrales de calcita, de pequeño tamaño e idénticos en su morfología (Young et al., 1999). La estructura típica consiste en un empaquetamiento de prismas paralelos que pueden ser modificados por la ausencia de uno o más prismas. Actualmente, se diferencian más de 40 familias cuya morfología, distribución vertical y relación filogenética ha sido ilustrada por Bown (1992), diferenciando tres grandes grupos de familias de nanofósiles calcáreos: cocolitofóridos, nanolitos y dinoflagelados.

Nanolitos

Otro tipo de nanofósiles son los nanolitos, que están menos estudiados que los cocolitofóridos, de forma general se puede decir que es un grupo con formas cambiantes entre cada especie, estas pueden ir desde morfologías poligonales hasta estructuras radiales (Bown y Young, 1998b). La mayoría de las especies de nanolitos tienen simetría rotacional y unidades cristalinas complejas (Fig. 2).

Antiguamente se creía que los únicos organismos que daban origen a los nanolitos eran organismos planctónicos, de filiación algal que constituyen un grupo dentro de los nanofósiles calcáreos, definidos por exclusión de los otros dos grupos (Erba, 1989). Por el contrario, hoy se sabe que en algunos casos esta afirmación no es correcta, por ejemplo se han estudiado especies actuales como *Polycrater galapagensis* y se logró identificar la presencia de un haptonema, este hallazgo, permite incluirlos en la División Haptophyta (Thomsen et al., 1994). Este grupo es un importante componente de las calizas pelágicas mesozoicas (Erba, 1994 y Bornemann et al., 2003).

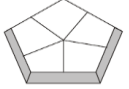
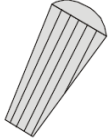

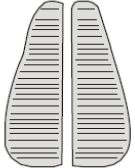
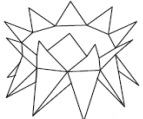
Familia	Características	Diagrama
Braarudosphaeraceae	a. Pentalito constituido por cinco elementos. b. La orientación del eje c es tangencial respecto al eje horizontal del pentalito. c. Las unidades cristalinas presentan una estructura laminar.	
Eoconusphaeraceae	a. Estructura de cono, truncada constituida por elementos alargados con suturas verticales. b. El núcleo interno de las numerosas lamelas radiales protruye distalmente.	
Microrhabdulaceae:	a. Forma de varilla alargada. b. Sección transversal circular o cruciforme.	
Nannoconaceae	a. Forma cónica, globular o cilíndrica. b. Compuesto por láminas dispuestas de manera espiralada. c. Canal o cavidad axial. d. La orientación del eje c es tangencial con respecto al eje central del nanolito.	
Polycyclolithaceae	a. Pared constituida por dos ciclos verticales adpresos y área central. b. Elementos con eje c con orientación tangencial.	

Figura 2. Clasificación de los nanolitos (Modificada de Mutterlose et al., 2005)

Los nanolitos son organismos que se distinguen y separan de los cocolitos ya que su forma y estructura son por lo general totalmente diferentes, inclusive entre los diversos tipos de nanolitos es difícil identificar los patrones comunes entre ellos (Bown y Young, 1998b). Sin embargo, se conocen algunos trabajos importantes que se ocupan de la ultraestructura de diferentes grupos como los nanocónidos (Brönnimann, 1955), discoastéridos y pentolitos (Kameo y Furukawa, 2007) y policiclolitos (Persico y Villa, 2002).

Los cristales de calcita incrustados dentro de la estructura de los cocolitos y nanolitos tienen, de acuerdo a su orientación cristalográfica, diversas propiedades ópticas que dan lugar a distintos patrones de birrefringencia. Si las observaciones se realizan con el microscopio óptico petrográfico, cada cristal que integre el cocolito pasará en un giro completo de la platina por cuatro posiciones de iluminación y otras cuatro posiciones de extinción; variando los patrones de birrefringencia de cada cristal entre colores de segundo, tercero y cuarto orden, siguiendo la tabla de Michel-Levy en Deer et al., (1992) en función del espesor del cocolito y luego por oscuridad total en extinción.

La forma en que se crean los nanolitos dentro de la célula es un proceso más complejo de entender, inclusive aún más difícil que en el caso de los cocolitos, primordialmente porque la mayoría de los taxones de nanolitos corresponden a organismos fósiles sin representantes actuales como los nanocónidos, discoastéridos y esfenolitos (Lescano, 2005). El tamaño de sus estructuras se encuentra dentro de los límites para los nanofósiles, pero poseen procesos de biomineralización y forma conocida a la presentada por los heterococolitos y holococolitos.

Los nanolitos y calciesferas se han registrado a partir del inicio del Triásico superior (225 Ma) en los Alpes del sur en Italia (Janofske, 1992; Bown, 1998) y los cocolitos hicieron su verdadera primera aparición en estratos de edades de 210 Ma en el norte de los Alpes (Bown, 1998). Dos nanolitos, *Prinsiosphaera* y *Eoconusphaera* son géneros comunes del Triásico Superior (215 a 200 Ma) de Europa. Se conoce un sinnúmero de especies de nanolitos que han ido evolucionando, apareciendo y desapareciendo a lo largo de la historia geológica del planeta, esto los hace excelentes fósiles índice para edades específicas.

EVOLUCIÓN DE LOS NANOFÓSILES

Los nanofósiles de forma general han evolucionado muy rápidamente (Fig. 3), esta evolución se le puede atribuir a la reproducción asexual, pues una nueva especie que ha evolucionado puede reproducirse por sí misma muchas veces antes de necesitar intercambiar material genético con la especie a la cual están sustituyendo, esto provoca una mayor adaptación a una velocidad mayor, y de esta forma también se puede explicar la manera tal radical de la aparición de ciertas especies que no parecen haber evolucionado gradualmente de sus antecesores (Billard e Inouye, 2004).

Aunque existen muchos artículos donde se dice que los nanofósiles pueden haber aparecido en el Paleozoico, en realidad es que los nanofósiles identificados como tales aparecieron en el Triásico Tardío, ya que los estudios de nanofósiles en el Paleozoico no han sido confirmados (Munnecke et al., 1999, 2001). En los inicios de su aparición, los nanofósiles en general tenían diversidades limitadas y solo vivían en latitudes bajas. Durante todo este tiempo los nanofósiles presentaron pocos cambios, fue hasta el límite Triásico/Jurásico donde la gran mayoría

de organismos se extinguieron masivamente aproximadamente el 76% de la vida y obviamente los nanofósiles no fueron la excepción (Bown, 1998).

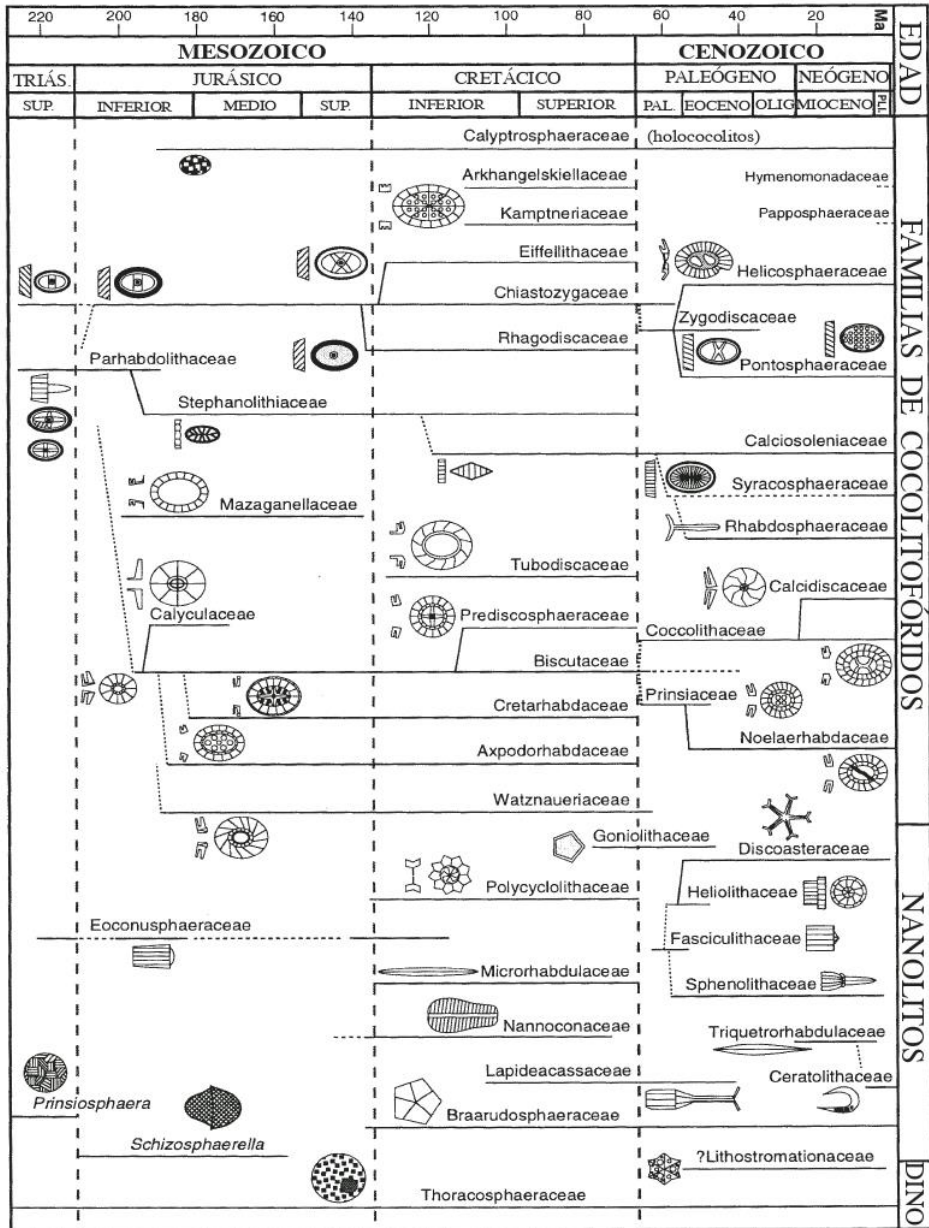


Figura 3. Clasificación de nanofósiles. Modificado de Bown et al. (1991).

Posteriormente de la extinción en masa, durante el Jurásico se produjo una rápida radiación adaptativa y colonizaron todos los medios marinos, aunque no eran tan abundantes ni diversos durante el Jurásico y Cretácico Temprano, esto cambió notablemente para el Santoniano en donde los nanofósiles se diversificaron notablemente, llegando a unas 250 especies en el Maastrichtiano.

Una nueva extinción masiva en el límite Cretácico/Paleógeno produjo severos daños a estos organismos como en casi todos los organismos que habitaban la Tierra, en este periodo solo pudieron sobrevivir el 30% de las especies, podemos decir también que esta fue la extinción en masa que mayor afecto a los nanofósiles (Molina, 2004). Sin embargo, en el Paleoceno tardío se recuperó la diversidad, llegando a unas 300 especies en el Eoceno inferior y medio. Desde esa época la diversidad ha ido variando, pero en general ha tenido un descenso gradual, por ejemplo, en el Oligoceno existió una disminución significativa de especies, pero durante el Mioceno hubo un aumento, de forma general se puede decir que ha existido una disminución de especies llegando tan solo a contar con 50 especies durante el Pleistoceno. En la actualidad se conocen unas 150 especies vivientes, estando bastante diversificadas (Lescano y Kietzmann, 2010). En general, proliferan cuando aumenta la temperatura global, tanto estacionalmente como a lo largo de la historia de la Tierra.

CONSIDERACIONES PALEOECOLOGICAS DE NANOFOSILES

Los nanofósiles encuentran sus condiciones óptimas de supervivencia en aguas con una iluminación buena, en mares con una salinidad normal y aguas cálidas. Estos organismos necesitan de la luz para poder realizar la

fotosíntesis, es decir que forzosamente deben vivir en la zona fótica, se sabe que la luz puede alcanzar los 200 metros de profundidad, pero las concentraciones ideales para realizar la fotosíntesis se producen entre los 50 metros aproximadamente en las regiones cálidas y alrededor de los 15 metros en regiones templadas (McIntyre et al., 1970; Brand, 1994). También los nanofósiles tienen una mayor diversidad y abundancia en aguas estratificadas y oligotróficas de ambientes oceánicos. Como ya se había mencionado con anterioridad la gran mayoría de las especies de nanofósiles están adaptadas a una salinidad normal, esto quiere decir salinidades que rondan entre 25 y 38‰, la mayoría de las especies son cosmopolitas y poco endémicas (Pérez-Panera et al., 2006). Sólo se ha descrito una especie de agua dulce.

Respecto a la temperatura, se puede decir que los nanofósiles son muy abundantes en aguas cálidas de latitudes bajas y medias y no se encuentran en las aguas polares en latitudes mayores de 70°. Cuando existen cambios en la temperatura ocurren migraciones de especies hacia los polos o al ecuador de acuerdo a como ocurran los cambios en la temperatura global del planeta, esto lo hacen los organismos para mantener la temperatura ideal en la que ellos se sienten mejor.

La mayor parte de los cocolitofóridos viven en el plancton marino junto con diatomeas, radiolarios, foraminíferos, entre otros. La destrucción de la cooesfera generalmente ocurre cuando esta cae hacia el fondo antes de llegar a la zona de oxígeno mínimo y a la termoclina. Los dos grupos de fitoplancton más abundantes en los océanos son los cocolitofóridos y las diatomeas, los cuales constituyen la base de la cadena trófica (Berger, 1976). Así pues, sirven de alimento a animales más complejos que constituyen el zooplancton, tales como los copépodos. Un resto fecal puede contener miles de cocolitos y al ser de mayor tamaño cae al fondo más rápidamente. En varias semanas se puede depositar y cuando se descompone se liberan los cocolitos, pero si son rápidamente enterrados

en un ambiente anóxico, se pueden conservar incluso por debajo del nivel de compensación de la calcita, tal y como fue puesto de manifiesto por Honjo (1976).

Importancia bioestratigráfica de los nanofósiles.

Los nanofósiles calcáreos son de gran importancia para la datación de estratos, se comienzan a utilizar para el Jurásico, aunque en estos sedimentos son todavía poco abundantes y con un nivel de conservación bajo y aunado a este problema muchos ejemplares presentan recristalización, por lo que los nanofósiles para el Jurásico se han utilizado con sus debidas reservas (Barnard y Hay, 1974). Pero ya para el Cretácico la utilización del nanoplancton ha aumentado considerablemente, por ejemplo, se ha utilizado *Nannoconus*, que es una especie más frecuente de encontrar en los estratos calcáreos tanto del Berriasiano como del Aptiano, actualmente los que se usan con mayor frecuencia para la datación son coccolitofóridos y nanolitos encontrados en estratos margosos, especialmente del Santoniano-Maastrichtiano. La forma en que se utiliza al nanoplancton para la datación y la bioestratigrafía se ha observado con claridad en los programas de perforación de los océanos DSDP y ODP desde el año 1968 (Lescano y Concheyro, 2009; Lescano y Kietzmann, 2010). La resolución bioestratigráfica alcanzada se estima entre un millón y 60 000 años.

El nanoplancton calcáreo ha demostrado ser muy útil para la subdivisión bioestratigráfica, en especial del Cenozoico. Bramlette y Martini en 1964 propusieron la primera biozonación para sedimentos del Cenozoico. Asimismo, Martini (1971) estableció 25 biozonas (NP1 a NP25) para el Paleógeno, 18 biozonas (NN1 a NN18) para el Neógeno, y 3 biozonas (NN19 a NN21) para el Cuaternario. Esta zonación numérica es similar a las establecidas algunos años antes por Berggren (1977) para foraminíferos planctónicos. Otras biozonaciones muy utilizadas son la de

Bukry (1973a) para el Cenozoico y la de Thierstein (1976) para el Mesozoico.

La forma tan rápida en que se elabora las muestras para posteriormente utilizarla en la técnica del frotis es una ventaja, la única desventaja para el estudio de nanofosiles es la baja resolución de los microscopios ópticos. Se debe mencionar también que gracias a la forma en que viven y vivían estos organismos se pueden establecer biozonaciones muy detalladas en latitudes medias y bajas y realizar correlaciones a gran distancia, las características que más ayudan es que estos organismos son pelágicos y cosmopolitas. Las ventajas que tienen estos organismos, que los hace excelentes datadores de edades son:

- ✓ Llegan a ser muy abundantes,
- ✓ Han evolucionado muy rápidamente,
- ✓ Tienen una amplia distribución por todos los océanos
- ✓ Se encuentran desde el Triásico.

Los nanofósiles tienen su máximo esplendor en el Cretácico Tardío siendo muy abundantes y de suma importancia como constructores de rocas, alcanzando en algunas margas y calizas enormes concentraciones. Sin embargo, tienen una serie de limitaciones en su aplicación bioestratigráfica que son debidas principalmente al control ecológico, la alteración diagenética y la resedimentación (Molina, 2004). El control ecológico es relativamente pequeño, pues están distribuidos por todos los océanos, siendo el factor temperatura el que más les puede afectar.

La alteración diagenética en ocasiones causa un mayor problema, ya que se pueden producir disolución y recrecimientos que imposibiliten o hagan muy difícil la determinación de las especies. La disolución también se da durante los procesos bioestratinómicos, especialmente por debajo de la lisoclina y del nivel de compensación de la calcita.

LITERATURA CITADA APÉNDICE

- Barnard T. y Hay W., 1974. On Jurassic Coccoliths: A tentative zonation of the Jurassic of Southern England and North France. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 67 (3), 563-585.
- Berger, W.H., 1976. Biogenous Deep Sea Sediments: production, preservation and interpretation. En: *Chemical Oceanography*. Riley, J. P. y R. Chester (Eds.), New York. Academic Press, 5, 265-388.
- Berggren, W.A. y Hollister, H., 1977. Plate tectonics and paleocirculation commotion in the ocean. *Tectonophysics*, 38, 11-48.
- Billard, C. e Inouye, I., 2004. What is new in coccolithophore biology. En: *Coccolithophores, From Molecular Processes to Global Impact*. Thierstein, H.R. y J.R. Young (Eds.). Springer, 1-29.
- Bornemann, A., Aschwer, U. y Mutterlose, J., 2003. The impact of calcareous nanofossils on the pelagic carbonate accumulation across the Jurassic/Cretaceous boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 199, 187-228.
- Bown, P.R., 1992. New calcareous nanofossil taxa from the Jurassic/Cretaceous boundary interval of Sites 765 and 261, Argo Abyssal Plain. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 123, 369-379.
- Bown, P.R., 1998. *Calcareous Nanofossil Biostratigraphy*. British Micropaleontological Society Publication Series. Chapman and Hall, Kluwer Academic Publishers, London, 314 pp.
- Bown, P.R. y Young, J.R., 1998a. Introduction. En: *Calcareous Nanofossil Biostratigraphy*. Bown, P. (Eds.). British Micropaleontological Society Publication Series. Chapman and Hall, Kluwer Academic Publishers, London, 1-15.

- Bown, P.R. y Young, J.R., 1998b. Techniques. En: *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy* P.R. Bown (Ed.). British Micropalaeontological Society Publications Series Chapman and Hall, Kluwer Academic Publishers, London, 16-28.
- Bramlette, M.N. y Martini, E., 1964. The great change in calcareous nannoplankton fossils between the Maestrichtian and Danian. *Micropaleontology*, 10, 291-322.
- Brand, L.E., 1994. Physiological ecology of marine coccolithophores. En: *Coccolithophores*. Winter, A. y Siesser, W. (Eds.) Cambridge (Cambridge University Press), 39-50.
- Brönnimann, P., 1955. Microfossils incertae sedis from the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Cuba. *Micropalaeontology*, 1, 28-51.
- Bukry, D., 1973a. Phytoplankton stratigraphy, Central Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 17. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 17, 871-889.
- Deer, W., Howie, R. y Zussman, J., 1992. An introduction to the rock-forming minerals. Longman, Scientific and Technical, 696 pp.
- Deflandre, G., 1952. Classe Coccolithophoridae. En: *Traité de Paléontologie*. Piveteau (Eds.), Mason, Paris, 1, 107-115.
- Deflandre, G., 1959. Sur es nannofossiles calcaires et leur systematique. *Revue Micropaléontologie*, 2, 127-152.
- Erba, E., 1989. Upper Jurassic to Lower Cretaceous Nannoconus distribution in some sections from Northern to Central Italy. *Memorie di Scienze Geologiche* 41, 255-261.
- Erba, E., 1994. Nannofossils and superplumes: The early Aptian “nannoconid crisis”. *Paleoceanography*, 9, 483-501.
- Herrle, J., 2003. Reconstructing nutricline dynamics of mid-Cretaceous oceans: Evidence from calcareous nannofossils from the Niveau Paquier black shale (SE France). *Marine Micropaleontology*, 47, 307-321.

- Honjo, S., 1976. Coccoliths: Production, Transportation and Sedimentation. *Marine Micropaleontology*, 1, 65-79.
- Honjo, S., Manganini, S.J. y Cole, J.J., 1982. Sedimentation of Biogenic Matter in the Deep Ocean. *Deep-Sea Research*, 29 (5A), 609-625.
- Janofske, D. 1992. Calcareous nanofossils of the Alpine Upper Triassic. *Journal Nannoplankton Research*, 1, 87- 109.
- Kameo, K. y Furukawa, N., 2007. Analysis of crystallographic directions in *Florisphaera profunda*, *Braarudosphaera bigelowii* and Neogene discoasters: preliminary report on nannolith crystallography. *Journal Nannoplankton Research*, 29 (1), 19-23.
- Kietzmann, D., Blau, J., Riccardi, A.C. y Palma, R.M., 2011. An interesting finding of chitinoideids (*Clapionellidea Bonet*) in the Jurassic-Cretaceous boundary of the Neuquén Basin. XVIII Congreso Geológico Argentino, Actas 1480-1481.
- Lescano, M.A., 2005. Estudio bioestratigráfico de la Formación Agrio (Cretácico Inferior), sector sudoccidental de Zapala, Provincia del Neuquén. Trabajo Final de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia, San Juan Bosco. Puerto Madryn, 125 pp. Inédito.
- Lescano, M.A. y Concheyro, A., 2009. Nanofósiles calcáreos de la Formación Agrio (Cretácico inferior) en el sector sudoccidental de la Cuenca Neuquina, Argentina. *Ameghiniana*, 46, 73-94.
- Lescano, M. y Kietzmann, D., 2010. Nanofósiles Calcáreos de la Formación Vaca Muerta (Tithoniano inferior- Valanginiano inferior) en la región sudoccidental de la Provincia de Mendoza. X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y VII Congreso Latinoamericano de Paleontología, La Plata, 94 pp.
- Martini, E., 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. En: *Proceedings of the 2° Planktonic Conference, Roma 1970.* Farinacci, A. (Ed.). *Technoscienza*, 739-785.

- McIntyre, A., Allan, W.H. y Roche, M.B., 1970. Modern Pacific Coccolithophorida: a paleontological thermometer. *Transact. New York Academy of Science*, 32, 720-731.
- Molina, E. 2004. Cocolitofóridos y otros nanofósiles calcáreos. En: *Micropaleontología*. Molina, E. (Ed.), Prensas Universitarias de Zaragoza, 325-340.
- Munnecke, A., Samtleben, C., Servais, T. y Vachard, D., 1999. SEM: Observation of calcareous micro- and nannofossils from the Silurian of Gotland, Sweden: preliminary results. *Geobios*, 32, 307-314.
- Munnecke, A., Servais, T. y Varchard, D., 2001. New findings and stratigraphical distribution of the Ovummuridae (Palaeozoic calcareous microfossils). *Comptes- Rendus de l'Académie des Sciences, Sciences de la Terre et des Planètes*, 333, 179-185.
- Mutterlose, J., Bornemann, A. y Herrle, J., 2005. Mesozoic calcareous nannofossils - state of the art. *Paläontologische Zeitschrift*, 79 (1), 113-133.
- Pérez-Panera, J.P., Angelozzi, G.N. y Ronchi, D.I., 2006. Nanofósiles calcáreos y foraminíferos del intervalo Cretácico–Paleógeno del pozo Bahía Blanca III, cuenca del Colorado, Argentina. *Resúmenes del 9º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Córdoba, 2006, Actas 233.
- Persico, D. y Villa, G., 2002. Problematic side views of *Eprolithus*: Comparison with *Micula decussata*. *Journal of Nannoplankton Research*, 24, 15-25.
- Racki, G. y Cordey, F., 2000. Radiolarian palaeoecology and radiolarites: is the present the key to the past. *Earth-Science Reviews*, 52, 83-120.
- Siesser, W.G. y Winter, A., 1994. Composition and morphology of coccolithophore skeletons. En: *Coccolithophores*. Winter A. y Siesser W.G. (Eds.). Cambridge University Press, 51-62.

Thierstein, H., 1976. Mesozoic Calcareous Nannoplakton Biostratigraphy of Marine Sediments. *Marine Micropaleontology*, 1, 325-362.

Thomsen H.A., Buck K.R. y Chavez F., 1994. Haptophytes as components of marine phytoplankton. En: *The Haptophyte Algae*. J.C. Green y B.S.C Leadbeater (Eds). The Systematics Association Special Volume No. 51. Clarendon Press, Oxford, 187-208.

Young, J. y Bown, P. 1997. Higher Classification of Calcareous Nannoplankton. *Journal Nannoplankton Research*, 19, 15-20.

Young, J.R., Davis, S.A., Bown, P.R. y Mann, S., 1999. Coccolith ultrastructure and biomineralization. *Journal of Structural Biology*, 126, 195-215.