



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**ESTUDIO TAXONÓMICO Y PALEOECOLÓGICO DE
MOLUSCOS (Gastropoda) DE AGUA DULCE EN EL
PLIOCENO DEL ESTADO DE HIDALGO, MEX.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G A

P R E S E N T A :

DIANA GRACIELA FLORES CAMARGO

**DIRECTORA DE TESIS: DRA. M^a PATRICIA VELASCO DE
LEÓN**

Adscripción: Carrera de Biología, FES Zaragoza, UNAM.



MÉXICO, D. F.

MARZO 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

El presente trabajo se realizó en la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la Dra. M^a Patricia Velasco de León.

Se agradece el apoyo económico de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, por las becas otorgadas, en los proyectos de Investigación:

-Paleoclimatología y Paleoecología de la Región de Santa María Amajac en el Estado de Hidalgo, México. PAPPIT IN100102-2 noviembre 2002-2004.

-Paleoecología en dos sectores del Eje Neovolcánico. PAPPIT IN108706 Enero 2006- 2008.

Agradezco especialmente a la Dra. Edna Naranjo García curadora de la Colección Nacional de Moluscos del Instituto de Biología de la UNAM por el apoyo brindado en la identificación de los ejemplares.

AGRADECIMIENTOS

A mi casa de estudio la Universidad Nacional Autónoma de México en particular a la FES-Zaragoza.

A mi directora de Tesis la Dra. Patricia Velasco De León por todo el apoyo y confianza brindada a lo largo de estos años.

A la Dra. Edna Naranjo García por el tiempo dedicado a este trabajo y por enseñarme el maravilloso mundo de los moluscos.

A los sinodales:

M. en C. Dolores Escorza Carranza

Biól. M^a. Del Carmen Salgado Merediz

M. en C. Evangelina Galván Mendoza

M. en C. Erika Lourdes Ortiz Martínez

Gracias por las aportaciones y observaciones para la culminación de la tesis, fueron de suma importancia.

DEDICATORIAS:

*Esta tesis es para mis padres M^a Del Carmen Camargo † (gracias por enseñarme a luchar hasta el último momento) y José Ramón Flores (eres mi ejemplo a seguir) que con su apoyo y amor lograron mi sueño
GRACIAS.*

A mis hermanos Ericka, Omar y Hugo † por que la distancia no ha impedido estar juntos en los momentos importantes los quiero.

A Karla (Lu, gracias por estar conmigo) y Gela † por ser tan importantes en mi vida.

A Ingrid, Cristian y Erika por formar parte de la familia y aumentar la felicidad en mi corazón.

A todos muchas gracias por creer y confiar en mi.....

A mis mejores amigas Hilda, Nancy Rosaura y Janet que han estado junto a mí en los momentos buenos y malos pero sobre todo gracias por brindarme su amistad.

A mis amigos de la Fes-Zaragoza Alba, Luz, Alex, Yanet, Oswaldo, Kike, Bado, Hector, Pit, Azu, Magda, en fin a todos gracias por que estar en la universidad sin ustedes no hubiese sido lo mismo.

A mis amigos de paleo Ricardo, Argelia, Erika, Bety, Itzel, Rigo, Noemí y Manuel por los buenos momentos en el campo y labo.

A ti que aunque el destino nos lleve por diferente camino siempre estarás en mi corazón.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
ANTECEDENTES.....	13
OBJETIVOS.....	19
ZONA DE ESTUDIO.....	20
METODO.....	23
RESULTADOS Y ANALISIS.....	27
CONCLUSIONES.....	46
BIBLIOGRAFIA.....	48
LÁMINAS.....	55
ANEXO 1.....	61

RESUMEN

El conocimiento de los moluscos dulceacuícolas fósiles de México es aun incipiente, ya que pocos han sido los investigadores dedicados a esta área.

De ahí la importancia de este trabajo, que es el primer reporte de fauna malacológica dulceacuícola en la parte central del Eje Neovolcánico Transmexicano y el primero para el Plioceno de México.

Se trabajó en la región de Santa María Amajac, donde aflora la Formación Atotonilco el Grande. Trabajos previos en la zona proponen la existencia de un paleolago con una extensión de 80 km² en su etapa de máxima inundación.

Los fósiles aquí descritos fueron colectados en la localidad de Sanctorum y se depositaron en la Colección de Paleontología de la FES-Zaragoza. Se reporta un total de 181 gasterópodos de los cuales 94 están permineralizados y 87 en impresión, ubicados en las familias dulceacuícolas Hiidrobidae (*Tryonia 2spp.*), Physidae (*Physa sp.*), Planorbidae (*Vorticifex 2spp.* y *Planorbella sp.*) y una familia terrestre Endodontidae (*Helicodiscus sp.*).

Se muestrearon tres zonas para conocer la distribución de los gasterópodos a lo largo de la columna estratigráfica. La zona A (Fig. g) se caracteriza por ser una etapa en equilibrio del lago, y con la mayor diversidad de moluscos. En la zona B (Fig. g) el lago se encontraba en un periodo de transición después de la caída de ceniza, solo se registran dos estratos con moluscos con abundancia relativamente alta. Finalmente en la zona C (Fig. g) donde las condiciones fueron cambiantes en cortos periodos de tiempo, la familia dominante fue la Planorbidae.

El análisis fenético de seis Formaciones Plio-Pleistocénicas, donde se compararon las familias presentes de agua dulce, nos permite inferir que durante el Plioceno la familia Planorbidae presentó una distribución amplia y bien representada en el registro fósil.

Al comparar la subcuenca de Tecocomulco con el paleolago de Amajac se observa que en el Plioceno las condiciones ambientales y acuáticas eran más aptas para el establecimiento de la fauna malacológica.

INTRODUCCIÓN

Conocer la historia de la vida en la tierra representa para el hombre la verdad sobre el origen de los organismos que se conocen en el presente, los que existieron en el pasado y comprender con ello el origen de nuestra propia especie. La paleontología constituye una de las fuentes de información más rica acerca de la historia de la vida; sus estudios también aportan gran cantidad de información como son: eventos geológicos, cambios geográficos que se han dado a través del tiempo, climas que han existido, edad de los estratos de la corteza terrestre y ambientes sedimentarios antiguos (Sour Tovar y Rivera, 2006).

En 1838 Charles Lyell acuña el vocablo de Paleontología, etimológicamente significa “estudio de los seres antiguos” (*palaios* = antiguo, *ontos* = ser, *logos* = estudio). Es decir, es la ciencia que estudia los seres orgánicos que vivieron en épocas pretéritas sobre la Tierra; este estudio es posible gracias a los restos de tales organismos, que han llegado hasta nosotros formando parte de las rocas sedimentarias, y se han conservado en el transcurso del tiempo geológico, es decir: los fósiles (Flores-Camargo, 2006).

Desde principios del siglo XIX los estudios paleontológicos se han caracterizado por ser no sólo descriptivos, sino por tratar de analizar en detalle a los fósiles, interpretando sus relaciones con el ambiente en que vivieron y ubicándolos con exactitud en la escala de tiempo que se ha establecido para la historia de la Tierra.

Es importante la información que brinda el registro fósil al analizar los factores ecológicos que rigen la distribución de los seres vivos y que junto con los

datos que se obtienen del estudio de sedimentos, minerales y otras estructuras, hace posible establecer los paleoambientes en que se depositaron las rocas de la corteza terrestre.

La ciencia que se encarga del estudio de ecosistemas en el pasado así como las relaciones de los organismos y su ambiente físico y biológico es la paleoecología. Partiendo de un individuo aislado se extrae la información paleoautoecológica. Para comprobar que la información que proporciona un individuo es aplicable a la comunidad, se realiza la integración de datos (paleosinecología), que implica las comunidades de organismos y el ambiente externo (Rivera-Olmos et.al., 2007).

La relación forma y función, aporta gran información paleoecológica, pudiendo gracias a estas diferenciar las formas bentónicas de las pelágicas, y dentro de las formas bentónicas las que viven en los diferentes tipos de fondos; sobre o debajo de substratos rocosos, entre la vegetación acuática o enterrados en sedimentos blandos (Rivera-Olmos et. al., 2007).

El análisis de los factores ambientales que rigen la distribución de los organismos, normalmente no basta para explicar los grandes patrones biogeográficos. Para ello también es necesario conocer los factores históricos que han influido y determinado tales patrones. En este campo de investigación, el registro fósil representa una de las fuentes de información más importantes pues su estudio ha permitido inferir la geografía de la Tierra en el pasado y establecer los cambios en su configuración hasta llegar al presente. El obtener las edades relativas de cuerpos de rocas portadoras de fósiles o asociadas a éstas y el poder

determinar el ambiente en que se depositaron, representan las dos principales aplicaciones prácticas para el estudio paleontológico (Sour Tovar y Rivera, 2006).

Después de muerto, cualquier ser orgánico se destruye en un tiempo más o menos corto, por la acción combinada de agentes mecánicos, oxidación y acción de las bacterias y microorganismos; para que esto no ocurra, es necesario que los restos orgánicos queden rápidamente incluidos en un material, que los aisle de estos agentes. Posteriormente sufre un proceso de fosilización definido como una serie de transformaciones químicas que reemplacen los compuestos orgánicos del organismo muerto por minerales; cuya transformación depende de la composición original y de las condiciones geo-químicas (Meléndez, 1982).

Las rocas sedimentarias contienen gran cantidad de restos fósiles de invertebrados que han evolucionado a través de los periodos de la historia geológica; entre los más abundantes encontramos a los moluscos (Flores-Camargo, 2006).

MOLUSCOS

El phylum Mollusca es el más diverso después del Arthropoda, se han descrito más de 50,000 formas vivas y 35,000 especies fósiles (desde el Cámbrico) gracias a que poseen una concha mineral que aumenta su posibilidad de conservación (Barnes, 1989).

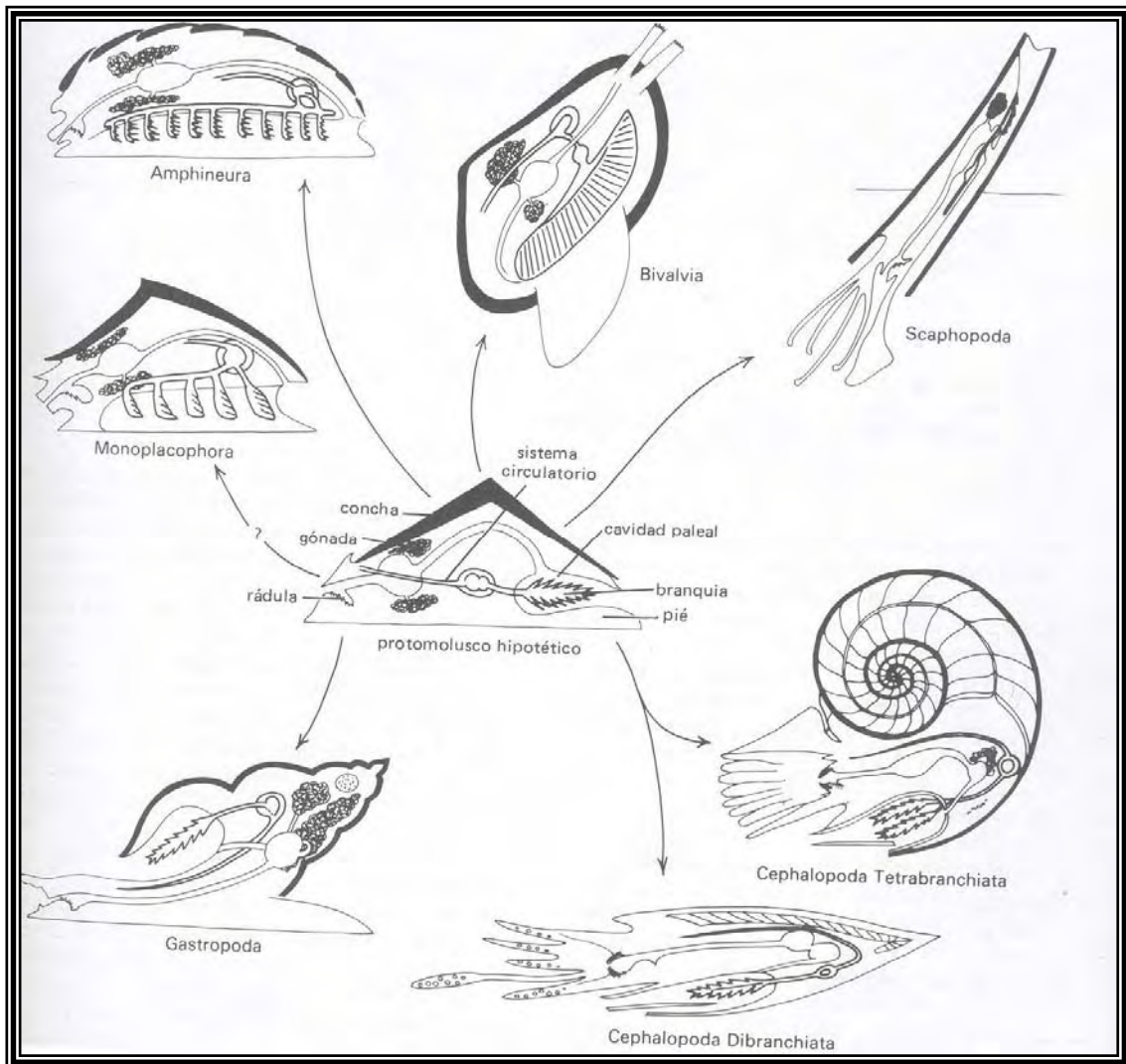


Figura a. Morfología y relaciones filogenéticas de los moluscos, tomado de Clarkson(1986).

El modo más directo para estudiar la organización fundamental de los moluscos es quizá refiriéndose a un hipotético protomolusco (Fig. a) cuya estructura es muy sencilla; posee una concha de forma subcónica secretada por un tejido subyacente llamado manto. Debajo de éste se encuentra el cuerpo con la boca en un extremo y el ano en el otro; este último desemboca en una cavidad posterior: la cavidad paleal. De este se separarían los diferentes grupos, modificando prácticamente todos sus caracteres originales como los bivalvos, gasterópodos y la mayoría de los cefalópodos, adaptándose a los diversos habitats y modos de vida (Clarkson, 1986).

GASTERÓPODOS

La clase Gastrópoda es distintiva por su mayor riqueza específica, con más de 15,000 especies fósiles y cerca de 35,000 especies actuales (Barnes, 1989).

El conocimiento de los gasterópodos dulceacuícolas de México es muy escaso, ya que se propusieron numerosas especies basadas en la descripción de la concha, que es muy variable, lo que ha complicado su estudio (Hubendick, 1951).

CONCHA

Todos los caracoles de agua dulce presentan una concha (Fig. b) de consistencia dura y calcárea que cubre las partes blandas del animal, la cual proporciona protección a las mismas. En la mayoría esta estructura presenta torsión en una espira continua de crecimiento. Las características son constantes, excepto por ligeras variaciones individuales debidas a la edad del organismo.

Esta comienza a ser secretada por una glándula conchigera larval, como protoconcha, quedando representada en los adultos por el ápice o teleoconcha.

Las vueltas de la concha son secretadas por el manto de tal manera, que las paredes internas de las vueltas forman una columela axial, que puede ser maciza o hueca (Marshall, 1985).

Esta estructura tiene una capa externa de tejido conjuntivo, el periostraco, debajo del cual se encuentra la concha propiamente dicha formada por capas de aragonita en formas dulceacuícolas. Los moluscos de agua dulce tienen mayor contenido de magnesio en la concha que los marinos (Tasch, 1980).

El tamaño es un carácter de especial utilidad para la identificación de caracoles adultos así como la forma general de la concha, la cual puede tomar formas variadas, pueden ser desde muy alargadas hasta globosas, comprimidas y discoidales, con o sin ornamentación (Fig. c).

La abertura puede ser cerrada o no mediante una tapa llamada opérculo, la cual por sí misma tiene importantes características para la determinación taxonómica.

Se reconocen en México los siguientes grupos de moluscos dulceacuícolas actuales.

Clase GASTROPODA

Subclase PROSOBRANCHIA

Orden Neritacea (Neritopsina Cox y Knight 1960).

Familia NERITIDAE (Neritinidae Rafinesque 1815).

Orden MESOGASTROPODA Thiele 1925.

Familia VALVATIDAE Gray 1840.

Familia VIVIPARIDAE Gray 1847.

Familia PILIDAE Bequaert 1937 (Ampullaridae Guilding 1828).

Familia HYDROBIIDAE Troschel 1857. **

Familia ASSIMINEIDAE H. y A. Adams 1858.

Familia PLEUROCERIDAE Fischer 1885.

Subclase PULMONATA

Orden Limnophila Menke 1828.

Familia LYMNAEIDAE Rafinesque 1815.

Familia PHYSIDAE Fitzinger 1833. **

Familia PLANORBIDAE Rafinesque 1815. **

Familia ANCYLIDAE Rafinesque 1815.

**Familias reportadas en la localidad de Sanctorum (Clasificación modificada de Burch y Cruz-Reyes, 1987).

EVOLUCIÓN

Las posibles relaciones entre los grupos que componen a la clase Gastrópoda son todavía oscuras toda vez que la información derivada del análisis del registro fósil es confusa (Signor, 1985 en Cózatl, 1999). Una de las relaciones filéticas más aceptadas es la que sitúa al orden Archaeogastropoda como el más primitivo y como posibles derivados de este orden a los otros dos ordenes de Prosobranquios; Mesogastropoda y Neogastropoda (Ponder, 1973 en Cózatl, 1999).

Los gasterópodos fósiles más antiguos conocidos provienen del Cámbrico Inferior (*Coreospira* y *Helcionella*), en 1803 De Montfort describe a *Bellerophon* como el primer molusco del Paleozoico. Para el Cámbrico Superior se encuentran las primeras conchas asimétricas con enrollamiento helicoidal pertenecientes al suborden Pleurotomariina. Ya en el Carbonífero la fauna de gasterópodos era muy abundante y diversa; encontrando muchos bellerofontidos, pleurotomáridos y pateliformes. Hay alguna evidencia de que los cenogasterópodos habían migrado a un hábitat no marino en el Carbonífero, un primer intento de colonización del medio que más adelante invadirían los pulmonados en el Jurásico y Cretácico.

Al igual que muchos otros grupos la clase se vio afectada por un gran período de extinción al final del Pérmico, pero continuaron su evolución durante el Mesozoico. El verdadero apogeo de la evolución de los gasterópodos se alcanzó en el Neógeno y ha continuado hasta la actualidad con el éxito alcanzado por los neogasterópodos grupo dominante de gasterópodos actuales (Clarkson, 1986).

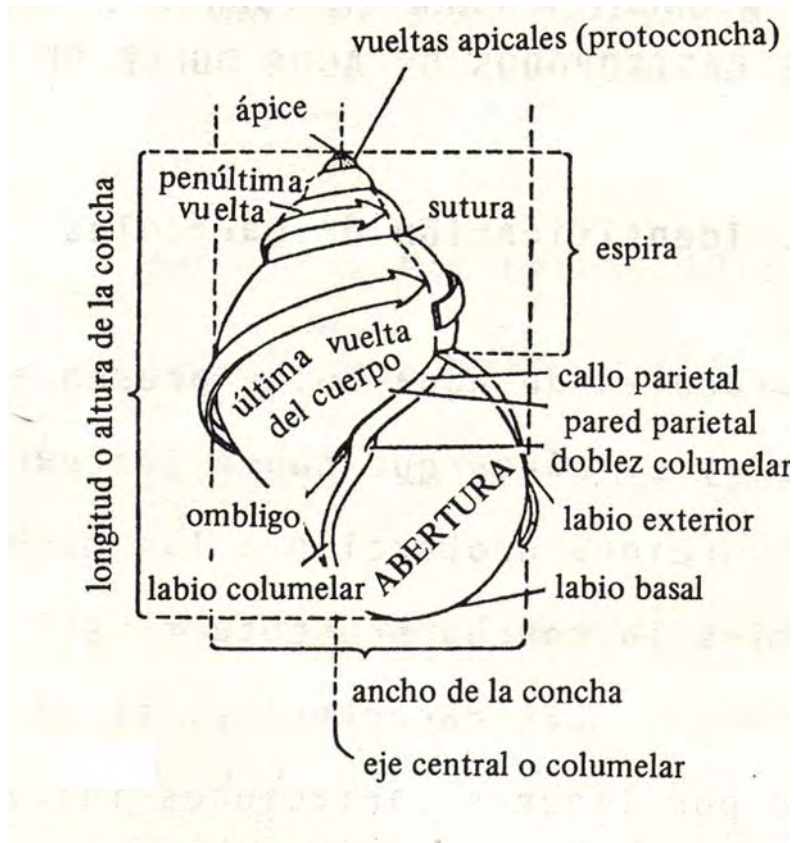


Figura b. Terminología general de la concha, vista frontal.

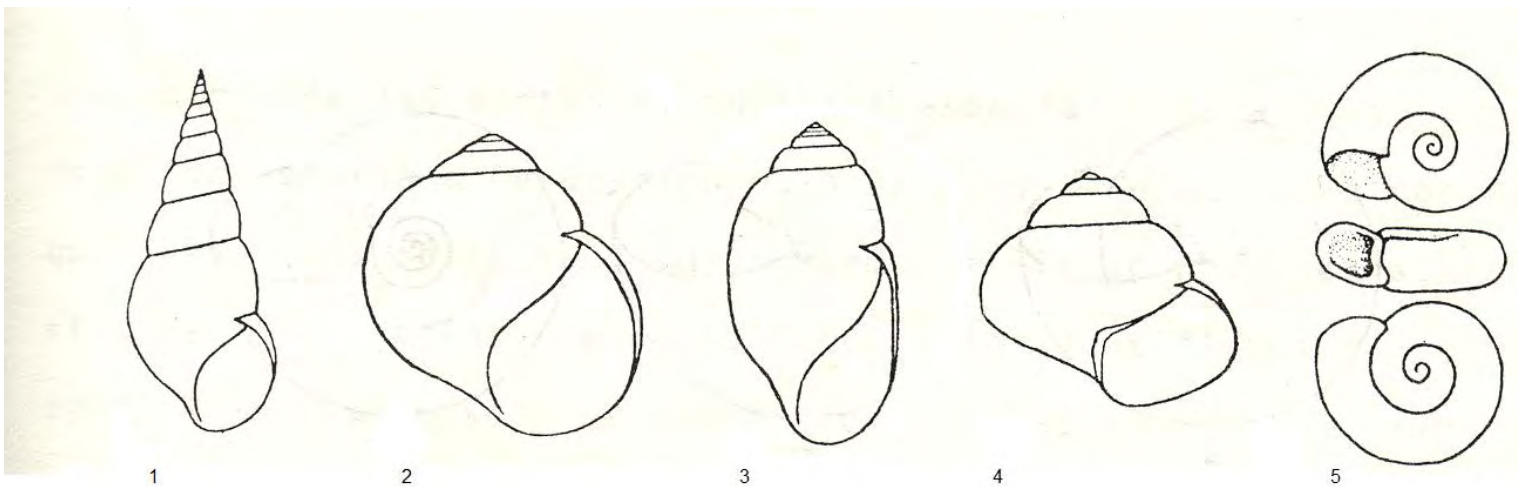


Figura c. Morfología de la concha: 1 Alargada, 2 y 3 globosa, 4 comprimida y 5 discoidal.

ECOLOGÍA DE LOS GASTERÓPODOS DULCEACUICOLAS

Los moluscos dulceacuícolas habitan entre las raíces de las plantas acuáticas, o sobre las rocas de estanques someros, en cuerpos de agua temporales cerca de la orilla; otros lo hacen debajo de los remanentes de lava, en arroyos permanentes poco profundos con vegetación y de corriente lenta, que varía con la temporada del año (Naranjo-García, 2003).

Las aguas alcalinas con gran cantidad de plantas acuáticas son generalmente las más ricas para coleccionar especies de agua dulce (Lincoln y Sheals 1979 en Naranjo y Gómez 2004). Russell-Hunter (1978) propone que las condiciones ambientales primordiales son tanto la dureza del agua como el estado trófico del cuerpo de agua, siendo secundarios los otros factores ambientales, además toleran altas cantidades de calcio y un ambiente eutrófico.

Se encuentran en todo tipo de aguas dulces, en lagos, estanques, pantanos, arroyos de corriente lenta y agua estancada, en cuerpos efímeros de los meandros y de los bosques. Se distribuyen principalmente en las orillas de los cuerpos de agua, fijos a las rocas o a plantas sumergidas o bajo troncos sumergidos (Lincoln y Sheals 1979 en Naranjo-García y Gómez 2004).

Moluscos como los planórbidos y los físidos, prefieren las aguas tranquilas y habitan entre la vegetación cerca de la orilla o en las playas rocosas con mucho alimento, mientras que algunos hidróbidos, pleurocéridos y paquiquilidos prefieren los bordes de los ríos y arroyos. Otros viven en agua poco profunda en calizas u otro tipo de roca que crea bordes protegidos o en los rompeolas los cuales se forman más allá de la orilla de los ríos. En América los moluscos se localizan entre los cero y siete metros de profundidad y la superficie del agua; sin embargo, la

mayoría se localiza hasta los dos metros que es el límite de la vegetación enraizada (Naranjo y Gómez, 2004).

La importancia del estudio de los caracoles dulceacuícolas en la actualidad, radica en que son buenos indicadores de contaminación por sus hábitos sedentarios, por su longevidad, por la resistencia que presentan a los cambios, así como su abundancia, son importantes como vectores de enfermedades parasitarias y son consumidores primarios que desarrollan un papel crítico en las relaciones tróficas de las comunidades donde habitan (Naranjo 2003). Si bien los fósiles de gasterópodos nos indican el ambiente en el que se desarrollaron y algunos son índice, los dulceacuícolas, hasta el momento no aportan información sobre el tiempo geológico. Pero contribuyen directamente a los sedimentos mediante la producción de materiales esqueléticos externos (conchas) en la textura final de los mismos.

Los cuerpos de agua dulce del planeta son habitados por una gran diversidad de organismos (los moluscos por ejemplo) que ocupan una amplia variedad de espacios y utilizan los recursos que se encuentran disponibles en ellos. El conocimiento de sus componentes biológicos, así como los factores que determinan su distribución y abundancia, son fundamentales para el diseño de estrategias para el manejo y conservación de los mismos (Domínguez, 1999).

ANTECEDENTES:



El primer registro oficial de fósiles mexicanos lo realiza Antonio del Castillo, quien clasifica algunos mamíferos fósiles del estado de México. Sin embargo, no es hasta algunos años después que Bárcenas, al describir un crustáceo y después los fósiles característicos de las rocas mesozoicas de México, registra por primera vez los invertebrados fósiles del país en 1896 (Alor, 2000). En el caso particular de los moluscos dulceacuícolas fósiles, los estudios han sido escasos. Para el norte del continente Americano Taylor (1985) realizó un estudio sobre la evolución de los afluentes y moluscos de agua dulce en el noreste de América en el cual reporta la historia geológica de los caracoles no marinos en Norteamérica.

Para nuestro país pocos han sido los investigadores interesados en el estudio de las conchas fósiles teniendo cierta inclinación por los caracoles marinos como son los trabajos de las faunas del Pérmico en Sonora y Chiapas. En el Jurásico son notables el conjunto de gasterópodos en Coahuila, Durango y Zacatecas (Buitron, 1989). La primera localidad reportada para México es San Juan Raya en la región de Tehuacan (Puebla) pertenecientes a la Formación del mismo nombre y ubicada en el Barremiano-Aptiano, en este trabajo se describen numerosas especies de gasterópodos marinos (Alencaster de Cserna, 1956). Mendoza Rosales en el 2002, reporta una especie de gasterópodo de la familia Ampullaridae, siendo el primer reporte de moluscos de agua dulce del Jurásico en la Formación Tecomazúchil en la región de Huajuapán de León, Oax.

Sin embargo, existe la inquietud por estudiar los moluscos de agua dulce en México como lo muestra Vega y Perrilliat (1992), quien trabajó moluscos en el

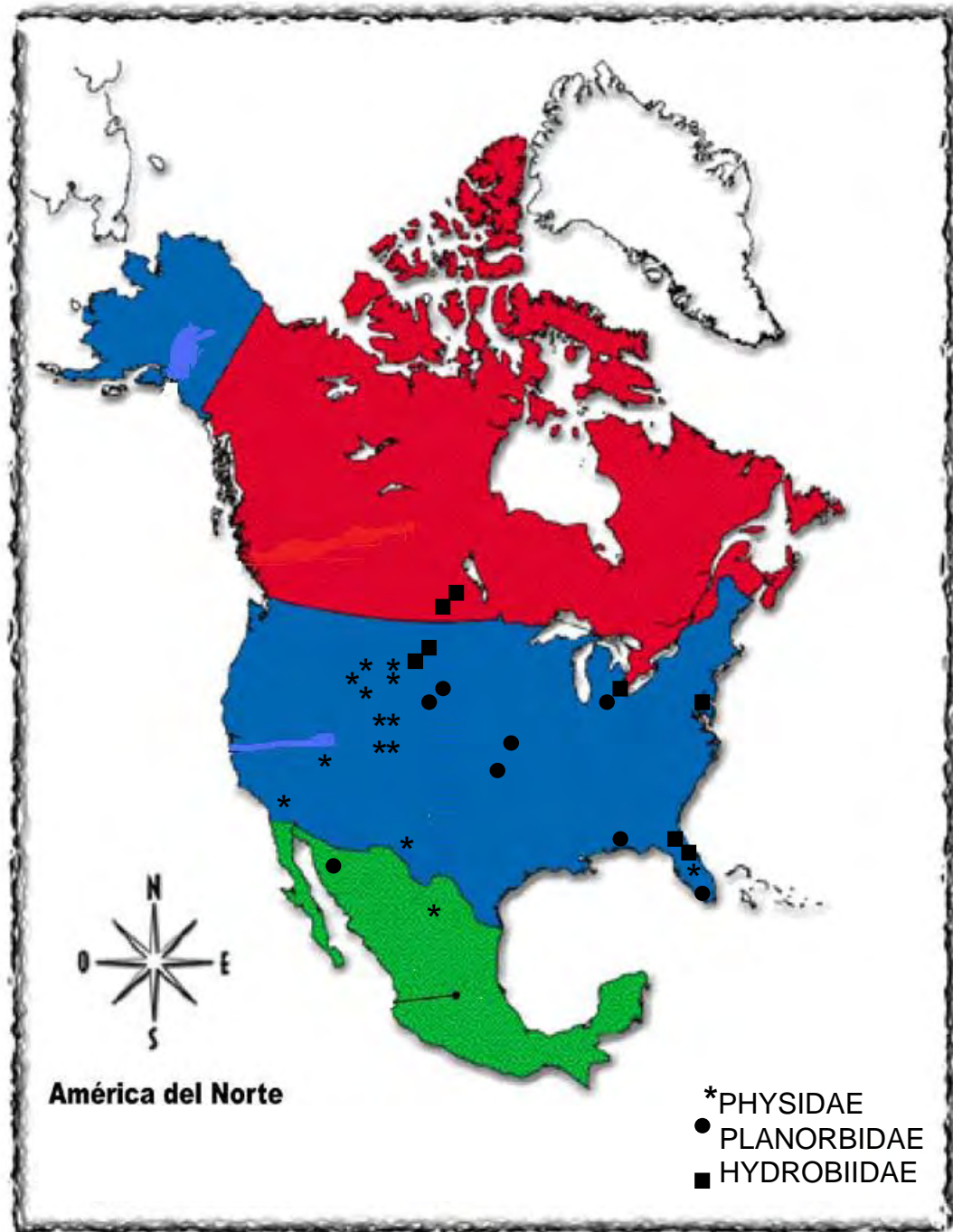
noreste de México, pertenecientes a la Formación Difunta, del Eoceno Temprano. Aporta información sobre el paleoambiente, edad y evolución.

El estudio de los moluscos fósiles de agua dulce en el norte del continente americano ha proporcionado gran cantidad de información acerca de su distribución y habitat. Taylor (1985) registra para el oeste de Estados Unidos el total de Familias de moluscos dulceacuícolas en el Mesozoico y Cenozoico era de 54.

Las faunas del Paleógeno presentan una característica claramente tropical, vivían en cuencas muy extensas compuestas por canales. Durante el Neógeno existió mayor diversidad, probablemente debido al amplio rango de habitat, la subdivisión progresiva de los canales promovió la especiación por vicarianza y el proceso de fosilización favoreció a las conchas pequeñas.

La Base de Datos Paleobiology Database reporta las Familias mencionadas en este trabajo inclinando su distribución (Mapa 1) hacia el Este de los Estados Unidos a lo largo del Mesozoico (Jurásico Superior y Cretácico) y el Cenozoico (Paleógeno y Neógeno), geológicamente la zona se ubica dentro de la provincia Caledoniana (Brouillet y Whetstone, 1993) caracterizada por gran cantidad de areniscas y gravas lo que indica sedimentos fluviales.

Para nuestro país solo registra dos localidades, una en el Pleistoceno de Sonora de la familia Planorbidae y un fósido del Cretácico de Coahuila.



Mapa 1. Localidades de las familias reportadas en el Norte del continente americano Paleobiology Database 2007.

Con respecto a los antecedentes en la localidad de Estudio, han dominado los trabajos paleontológicos, sin embargo, Salvador Flores (2001) explica el origen y estratigrafía del Paleolago de Amajac. Son notables los trabajos paleobotánicos realizados por Velasco de León en la región. Es importante comentar que en la actualidad se ha observado, que en algunos casos se emplean a las plantas acuáticas para relacionar a los moluscos en ambientes continentales ya que suelen protegerse u alimentarse de ellas; Martínez y Velasco de León (2006) reportan la presencia de Hidrófitas en la localidad de los Baños para Santa Maria Amajac, sin embargo, la asociación (molusco-planta) no se ha encontrado en los estratos.

En la zona, diversos trabajos sobre vertebrados son reportados: los peces del género *Goodea* (Becerra, 2003), las ranas de la familia Hylidae o Leptodactylidae (Fuentes, 2005) así como los urodelos del género *Ambystoma* (Solórzano, 2007). En cuanto a los invertebrados encontramos el trabajo de Reyes y Vázquez (2003) sobre ostrácodos fósiles indicando la presencia de los géneros *Candona*, *Darwinula* y *Limnocythere*. López (2007) reporta diatomeas, en este trabajo divide la columna estratigráfica en cuatro zonas encontrando en una de ellas a *Tertiarius sp.* fósil índice del Mioceno Superior Plioceno, corroborando la edad relativa del paleolago. Aunque son numerosos los trabajos en la zona, este es el primer estudio para el Plioceno en México sobre la taxonomía y paleoecología de moluscos dulceacuícolas.

GEOLOGÍA DEL NEÓGENO

La Era Cenozoica se divide en dos periodos; el Paleógeno que se extendió por 42 Ma y el Neógeno que inicio hace 23 Ma, este último comprende las épocas Mioceno que va de 24 a 5.3 Ma y Plioceno de 5.3 a 1.8 Ma.

En el territorio nacional diversos factores impactaron directamente sobre las plantas y animales de la época como lo fue la formación del Eje Neovolcánico Trans-mexicano en el Mioceno Medio (Ortiz, 2007).

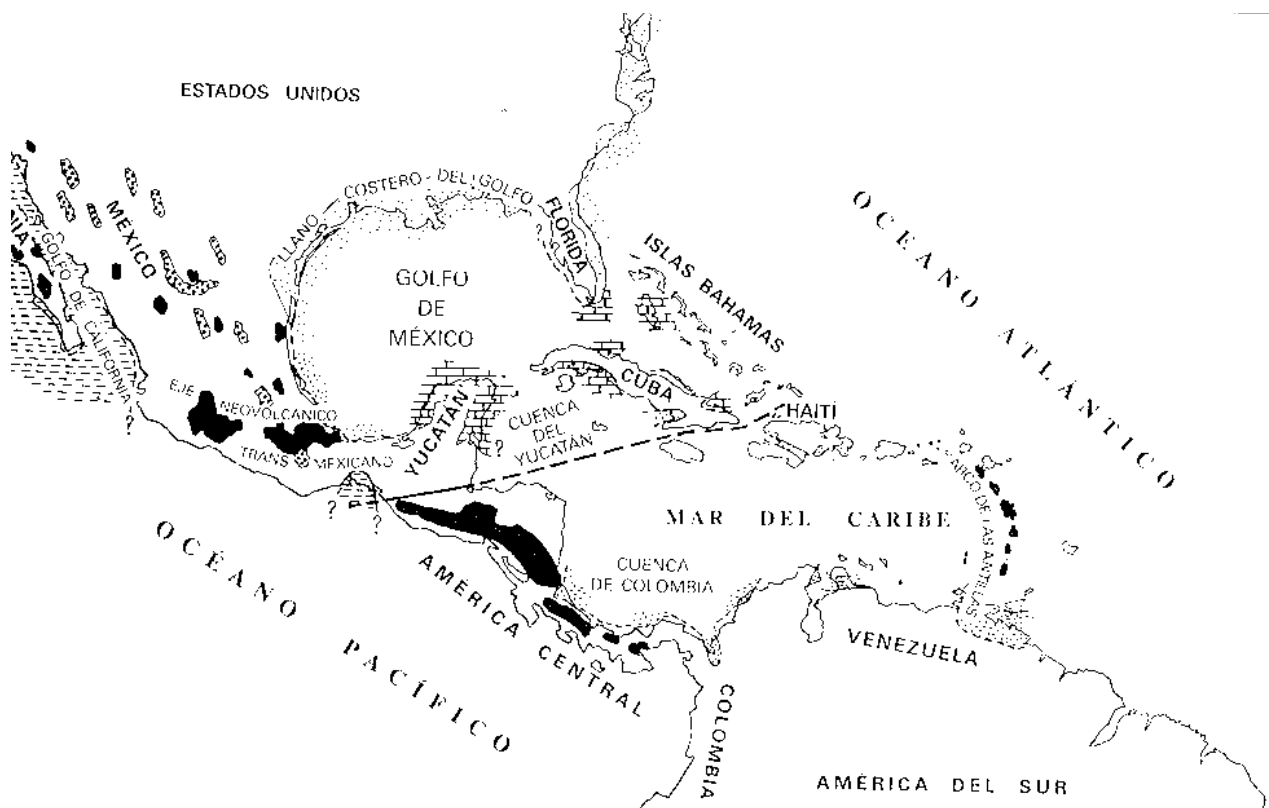
El Neógeno propuesto por Hoernes en 1853, con una duración de alrededor de 23 millones de años, es uno de los sistemas mas cortos. Conforman los dos subsistemas de duraciones diferentes, el Mioceno (18 millones de años) y el Plioceno (5 millones de años), ambos definidos por Lyell en 1833.

En el plano paleontológico, esta etapa se caracteriza por una fauna y una flora casi idénticas a las actuales; más del 50% de especies son ya las encontradas ahora, con una distribución geográfica diferente en función de los límites climáticos ligeramente diferentes.

En México, en América Central y en el Caribe la paleogeografía del Plioceno (Mapa 2) es poco diferente de la geografía actual. Sobre el territorio mexicano el vulcanismo está esencialmente ligado a un juego de fallas en extensión, en cuanto a los grandes dispositivos del Eje Neovolcánico Trans-mexicano, se les asocia generalmente a la subducción de la placa de Cocos al nivel de la fosa de Acapulco (Aubouin et al., 1981). Además es relevante por ser la etapa final del calentamiento global y marca el inicio de una tendencia mundial de enfriamiento que condujo a la edad de hielo en el Pleistoceno. En México emerge la península

de Yucatán y se cierra la conexión entre el Pacífico y el Caribe. (Cevallos-Ferriz y Ramírez, 2004).

Durante el Plioceno tardío-Pleistoceno se reporta en la zona un último periodo de actividad volcánica importante que se caracteriza por derrames de andesita basálticos, andesitas y rocas piroclásticas. Esta actividad junto a procesos geológicos relacionados, originaron cuencas endorreicas ubicadas en la actualidad por secuencias litológicas de sedimentos lacustres en los estados de Jalisco, Tlaxcala, Michoacán, Guanajuato e Hidalgo.



Mapa 2. Paleogeografía del Plioceno en México (por M. Tardy, 1973 en Aubouin, 1981). Depósitos lacustres (en color negro) y Vulcanismo reciente (zonas punteadas)

OBJETIVOS

GENERAL: Elaborar el listado de gasterópodos fósiles de la localidad Sanctorum, perteneciente al paleolago de Amajac, Hidalgo, México.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Identificar y describir las especies de Gasterópodos fósiles en la localidad de Sanctorum.
- Conocer la frecuencia de los géneros a lo largo de la columna geológica.
- Comparar la fauna malacológica del Paleolago con un lago actual, en relación a sus parámetros físicos.
- Comparar las Formaciones de edad Plio-Pleistocénicas de Norteamérica con base a los moluscos fósiles.

ZONA DE ESTUDIO

Se trabajó en la región de Santa María Amajac, la zona se ubica en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo. (Fig. d), a 34 km. al Norte de la ciudad de Pachuca con coordenadas geográficas 20° 18' 04" Latitud Norte y 98° 46' 59" Longitud Oeste a 1700 m.s.n.m. (Aguilar y Velasco-De León, 2002).

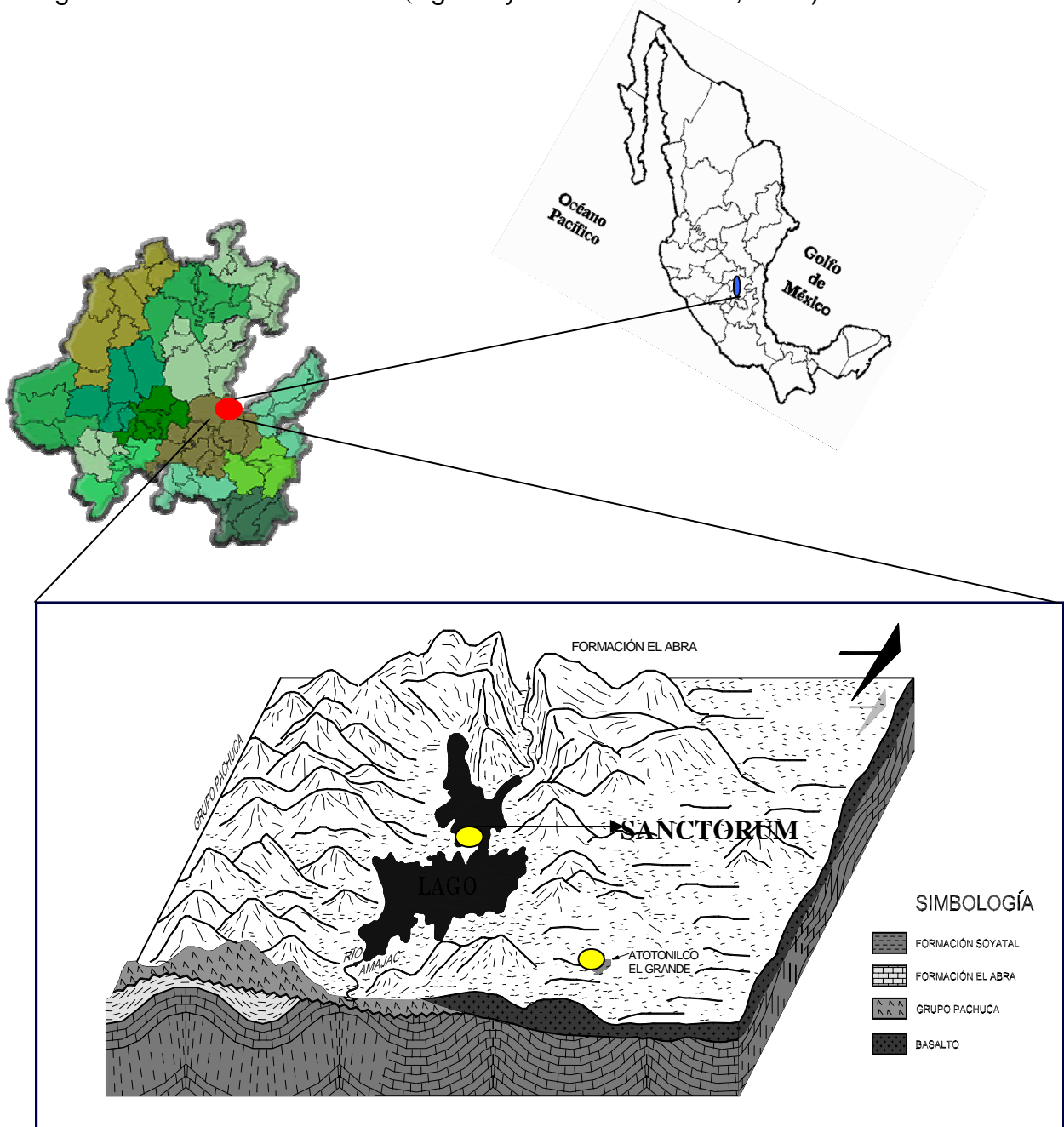


Figura d. Zona de Estudio.

“En el sitio aflora la denominada Formación Atotonilco el Grande, caracterizada por depósitos de material clástico derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región y que localmente están intercalados o cubiertos con derrames de basalto. La distribución de esta no es continua debido a que la erosión ha removido el afloramiento de mayores dimensiones parcial o totalmente dentro del área. Trabajos previos en la región, proponen la existencia de un Paleolago con una extensión de 80 km² en su época de máxima inundación” (Salvador, 2001).

La localidad de estudio, Sanctorum (Fig. e), presenta sedimentos lacustres con un espesor de 70m, las rocas características son: lutita, limolita, ceniza volcánica, arenisca de grano fino y grueso y horizontes delgados de yeso.



Figura e. Localidad fosilífera.

En cuanto al estudio de los moluscos actuales se realizaron muestreos en el área de la subcuenca de Tecocomulco; ubicada dentro de la Cuenca de México la cual a su vez corresponde al Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. Se caracteriza por una gran diversidad morfológica derivados de los numerosos eventos volcánicos, ocurridos durante la formación desde el Mioceno hasta el Holoceno (Huizar-Alvarez y Ruiz, 2005).

Se localiza a 17 km. al noreste de Ciudad Sahagún, en el Estado de Hidalgo, México entre los meridianos 19°53'20" y 19°50'08" y los paralelos 98°21'54" y 98°25'44" (tomado de DETENAL, carta E14B12 Sahagún, 1974).

Tecocomulco tiene agua turbia, un pH de 6.8 y una conductividad eléctrica 250 MS/cm (Caballero, 1995). La forma de la laguna es irregular alargada (Fig. f) con 10.5 km. de longitud y entre 1.0 y 3.5 de anchura, su superficie aproximada es de 27 km². el fondo es casi plano. En términos generales el agua mantiene un nivel casi constante a lo largo del año, excepto que el nivel decrece por la extracción del agua y la evaporación de la misma (Ruiz-González y Huizar, 2005).



Figura f. Subcuenca de Tecocomulco

MÉTODO

El método comprende dos partes: la primera, consiste en la identificación de las conchas fósiles a su vez dividida en tres partes:

Se inició una búsqueda bibliográfica especializada sobre el tema, posteriormente la fase de campo. Se trabajó en campo para aumentar el material ya existente en la colección (80 ejemplares). La recolecta de fósiles se hizo extrayendo bloques de arenisca o de ceniza de aproximadamente 30 x 30 cms., cuando fue posible, a lo largo de la columna (aproximadamente 50m). Se contabilizó la presencia de los géneros en la localidad. Además se colectaron las conchas impresas en lutita. Finalmente la fase de laboratorio en donde se extrajeron las conchas y se les realizó una limpieza mecánica, en algunos casos química con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 10%, para eliminar sedimento. A los ejemplares se les trató con leche (Alpura 2000, para recalcificarlas) sumergidas en ella por 24 horas y posteriormente se lavaron para eliminar residuos de esta. Finalmente los ejemplares se identificaron con literatura especializada como lo son claves, artículos científicos y manuales. Por último se cuantificaron las conchas por género para conocer la frecuencia.

La segunda parte consiste en el estudio de los caracoles actuales, para este trabajo se seleccionó el lago de Tecocomulco que comparte ciertas características con el paleolago de Amajac: su vegetación acuática y asociaciones de hidrófitas emergentes, hidrófitas libremente flotantes, hidrófitas de hojas flotantes e hidrófitas sumergidas (Lot, 2005) y algunos parámetros físicos (cuadro1).

El actualismo biológico (establece que los organismos, cuyos restos hallamos fosilizados, se regían por las mismas leyes biológicas que los seres vivos actuales, supone la continuidad del proceso vital (Meléndez, 1982)), es un principio de la paleontología que se traduce como: “El presente es la llave del pasado”. El conocer lo que se tiene para comprender y explicar lo que existió en épocas pretéritas.

Tecocomulco y el Paleolago de Amajac se ubican dentro de la parte central del Eje Neovolcánico Transmexicano. La primera al ser una cuenca bien conservada, poco contaminada y con parámetros físicos con un rango similar, a los del Paleolago de Amajac, es factible compararlas entre si.

Cuadro 1 Datos de Amajac tomados de Reyes y Vázquez, 2003. Información de Tecocomulco en De la Lanza Espino y Hernández, 2005.

Cuerpo de Agua	pH	Temperatura °C	Salinidad p.p.m.	Profundidad
Paleolago de Amajac	Alcalino	20.64-26.85	1150 a 3150	*
Tecocomulco	Alcalino	21	*	1.50 m

Una vez elegido el cuerpo de agua, se procedió a definir los sitios de muestreo, tomando en cuenta.

- 1.-La flora en donde se guarecen los gasterópodos
- 2.- La profundidad y temperatura en la que se encuentran distribuidos

3.- La estacionalidad (temporadas de sequía y lluvia).

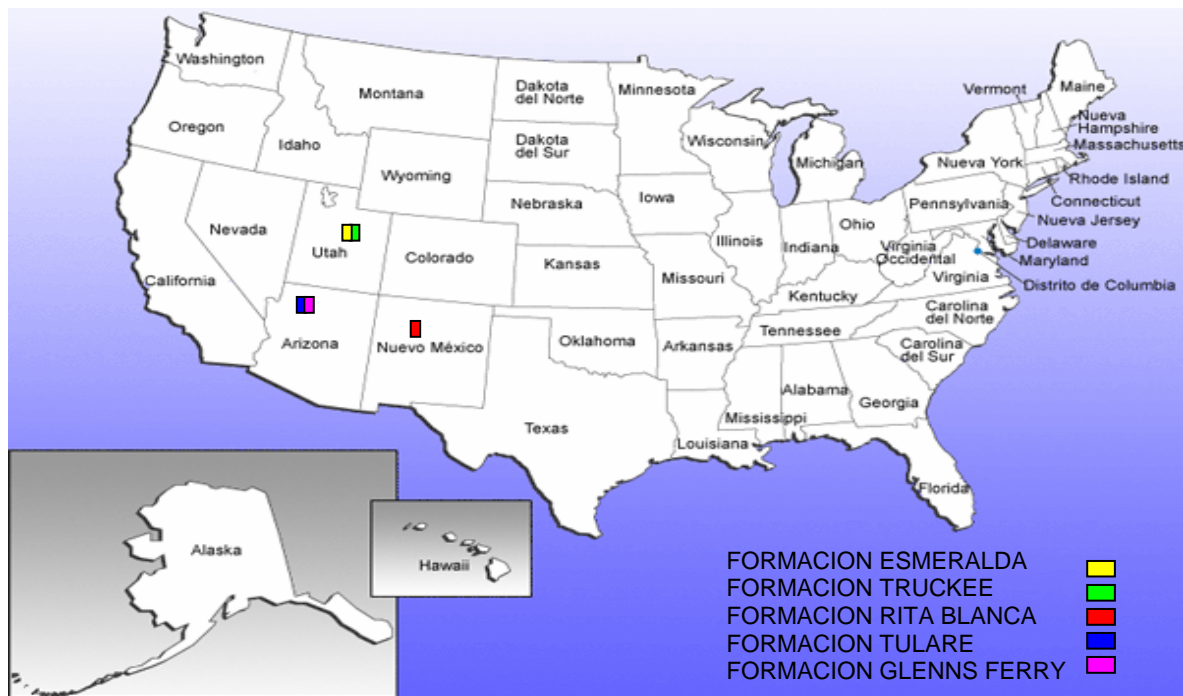
Los gasterópodos se colectaron manualmente o con tamices con luz de malla número 20 y abertura de 0.84 mm. Appleton (1996) recomienda el uso de una red con luz de malla de 1.5 a 2.0 mm, colocada en un bastidor de acero con un diámetro de 300 mm y con un mango de aluminio de 1.4 m de largo; esa red es apropiada para coleccionar en la vegetación acuática, en el lodo y en la arena.

El material vivo se traslado en frascos de boca ancha para su procesamiento en el laboratorio, en donde se procedió a conservar las conchas. Se recomiendan varias técnicas para la extracción de los organismos dentro de su concha. Los individuos pueden ser sacrificados en agua hirviendo, posteriormente se lavan y enfrían. Este proceso ocasiona que la masa visceral se desprenda fácilmente al darle un tirón firme. Otra forma es depositar la concha en un frasco con dos tercios de agua dulce que se debe mantener cerrado por varios días para que las bacterias descompongan los tejidos, posteriormente, se debe lavar con abundante agua para evitar mal olor y finalmente secos, se guardan en cajitas de cartón (Naranjo y Gómez, 2004).

ANÁLISIS NUMÉRICO.

Para comparar la similitud de las formaciones a lo largo del Plioceno-Pleistoceno se empleó la taxonomía numérica, a través del método de agrupamiento. La sistemática biológica es una de las disciplinas científicas más antiguas, y ha experimentado en los últimos cuarenta años un cambio debido al surgimiento de la taxonomía numérica (fenética) y filogenética. Las técnicas numéricas son una herramienta, que nos permite, mediante operaciones matemáticas, calcular la afinidad entre unidades taxonómicas con base en el

estado de sus caracteres (Villaseñor, 2000). El análisis fénético se realizó empleando el programa NT-SYS pc ver. 2.11 (Numerical Taxonomy System of Multivariate Statistical Programs). Se elaboró una matriz básica de datos de caracteres binarios, (Anexo 1), empleando seis Otus que corresponden a las Formaciones del Plio-Pleistoceno (Esmeralda, Glens Ferry, Rita Blanca, Truckee, Tulare (mapa 3) y Atotonilco el Grande) y once caracteres que indican las familias de moluscos reportadas. El coeficiente de similitud utilizado fue de Jaccard ya que toma en cuenta únicamente las presencias compartidas. El método de agrupamiento utilizado fue el UPGMA (Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages).



Mapa 3 Formaciones Plio-Pleistocénicas en E.U.A.

RESULTADOS Y ANALISIS

Los fósiles aquí descritos fueron colectados en la localidad de Sanctorum pertenecientes a la Formación Atotonilco el Grande. Están depositados en la Colección de Paleontología de la FES-Zaragoza. Se reportan un total de 181 gasterópodos de los cuales 94 están permineralizados y 87 en impresión, ubicados en tres familias Dulceacuícolas correspondientes a 4 géneros y 6 especies; y una familia terrestre con solo una especie. Los cuales se describen a continuación:

SISTEMÁTICA:

Familia Hydrobiidae

Los hidróbidos son de tamaño pequeño-mediano, conchas con opérculo, viven en ambientes salobres y agua dulce. La familia incluye arriba de 200 géneros y aproximadamente 1000 especies actuales. La mayoría completa su ciclo de vida en un año. En general, las conchas son utilizadas secundariamente para su identificación, tomando como prioridad el aparato reproductor y los dientes de la rádula (Thompson, 2004).

FAMILIA: Hydrobiidae

GÉNERO: *Tryonia*.

ESPECIE: *Tryonia* sp. Lámina 4 Fig. C

TIPO: Depositado en la colección de paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, número de Catálogo CFZ-St 1995.

LOCALIDAD: Sanctorum, Formación Atotonilco el Grande, a 34 Km. de la ciudad de Pachuca (20°18' 25" N, 98°46'52.5" W).

EDAD: Plioceno

Descripción: La concha mide 6.9 mm de largo y 2.9 mm de ancho, presenta 7 vueltas, convexidad media, teleoconcha lisa, desde la segunda vuelta inician costillas longitudinales de baja altura, líneas de crecimiento muy finas entre las costillas, estas son más notorias entre las vueltas 3 y 6; en la vuelta del cuerpo son más bajas. El número de las costillas es 17 en la tercera vuelta. Presenta sutura bien marcada, vueltas redondeadas. Abertura ovalada o periforme con un ombligo muy angosto, el labio es simple y adherido a la vuelta del cuerpo sobre la columela, concha imperforada.

FAMILIA: Hydrobiidae

GÉNERO: *Tryonia*.

ESPECIE: *Tryonia* sp. Lámina 4 Fig. A

TIPO: Depositado en la colección de paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, número de Catálogo CFZ-St 1996.

LOCALIDAD: Sanctorum, Formación Atotonilco el Grande, a 34 Km. de la ciudad de Pachuca (20°18' 25" N, 98°46'52.5" W).

EDAD: Plioceno

Descripción: La concha es de tamaño medio, cónica alargada mide 5.25mm de largo y 2.5mm de ancho, presenta 6 vueltas. Abertura pequeña adherida a la vuelta del cuerpo, ovalada casi en forma de "D" invertida, Labio completo simple, teleoconcha casi lisa ó con líneas muy ligeras de crecimiento o gránulos. De la vuelta 2.5 a 3 inicia la quilla en el hombro, baja en la periferia en 3 vueltas, en la vuelta del cuerpo se vuelve más fuerte, concha imperforada.

Familia Planorbidae

Las conchas de los planórbidos se restringen a cuerpos de agua dulce en el mundo. La mayoría de las especies tienen tallas diferentes y plana. La morfología básica de la concha es sinistral. La Familia contiene numerosos géneros y especies, algunos de ellos de importancia médica.

FAMILIA: Planorbidae

GÉNERO: *Vorticifex* .

ESPECIE: *Vorticifex* sp. Lámina 1 Fig. A

TIPO: Depositado en la colección de paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, número de Catálogo CFZ-St 1997.

LOCALIDAD: Sanctorum, Formación Atotonilco el Grande, a 34 Km. de la ciudad de Pachuca (20°18' 25" N, 98°46'52.5" W).

EDAD: Plioceno

Descripción: Concha ultradiestra, mide 8.3mm de diámetro máximo y 2.5mm de altura con 3 2/3 vueltas incrementándose muy rápidamente de tamaño. Escultura de costillas axiales, bien marcadas pero finas, el hombro es redondeado. En la primera vuelta no es posible ver la escultura, a partir de la segunda vuelta aparecen las líneas de crecimiento finas pero bien marcadas; la segunda mitad de la segunda vuelta aparecen las costillas alternándose con las líneas de crecimiento finas. La vuelta del cuerpo no descende las suturas son profundas y la abertura y el ombligo están obstruidos.

Esta especie difiere de *V. stuartensis* en el tamaño, el ejemplar de Sanctorum es más pequeño en 1/3 de su tamaño con respecto a *V. stuartensis* y las costillas son más finas. En *V. stuartensis* son más altas y fuertes.

FAMILIA: Planorbidae

GÉNERO: *Vorticifex*

ESPECIE: *Vorticifex* sp. Lámina 1 Fig. E y F

TIPO: Depositado en la colección de paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, número de Catálogo CFZ-St 1998.

LOCALIDAD: Sanctorum, Formación Atotonilco el Grande, a 34 Km. de la ciudad de Pachuca (20°18' 25" N, 98°46'52.5" W).

EDAD: Plioceno

Descripción: Concha ultradiestra, mide 2150 micras de diámetro máximo y 1290 micras de altura con 2 $\frac{3}{4}$ vueltas que crecen rápidamente. Ápice liso y hundido, hombro redondeado. Abertura grande posiblemente deformada, ombligo hundido obstruido en $\frac{3}{4}$ partes por lo que no se puede medir. A partir de la primera vuelta aparecen las costillas muy finas bajas más o menos regulares en toda la concha paralelas a las líneas de crecimiento. La sutura es ligeramente profunda.

FAMILIA: Planorbidae

GÉNERO: *Planorbella*

ESPECIE: *Planorbella* sp. Lámina 3 Fig. A

TIPO: Depositado en la colección de paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, número de Catálogo CFZ-St 1999.

LOCALIDAD: Sanctorum, Formación Atotonilco el Grande, a 34 Km. de la ciudad de Pachuca (20°18' 25" N, 98°46'52.5" W).

EDAD: Plioceno

Descripción: concha ultradiestra, discoidal, mide 8.5 mm. de diámetro con una altura de 4 mm., con 4 vueltas que crecen rápidamente. A partir de la segunda vuelta inician las líneas de crecimiento bien marcadas a lo largo de la superficie de

la concha. Ápice hundido, hombro redondeado, el ombligo se encuentra obstruido, la sutura bien marcada. La abertura aunque esta obstruida es grande y no baja. La altura es casi la mitad del diámetro, la altura de la vuelta del cuerpo adyacente a la abertura es de 2.13 mm, la vuelta del cuerpo baja ligeramente solo 1/3 hacia el frente. El lado derecho es profundo y deja ver las vueltas.

Familia Physidae

Taylor reconoce 23 géneros basados en la anatomía blanda del animal. Las especies presentan características superficiales similares, conchas variables levóginas.

FAMILIA: Physidae

GÉNERO: *Physa*

ESPECIE: *Physa* sp. Lámina 2 Fig. F

TIPO: Depositado en la colección de paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, número de Catálogo CFZ-St 2000.

LOCALIDAD: Sanctorum, Formación Atotonilco el Grande, a 34 Km. de la ciudad de Pachuca (20°18' 25" N, 98°46'52.5" W).

EDAD: Plioceno

Descripción: Concha de tamaño pequeño con una altura máxima de alrededor de 4.7 mm con una vuelta del cuerpo ampliamente redondeada, las primeras dos y media vueltas con crecimiento lento, la penúltima vuelta crece rápidamente y se expande, sutura elevada y bien marcada. La concha presenta líneas de crecimiento ligeras. Abertura subrectangular amplia, la parte de arriba con un ángulo agudo, la parte de abajo ovalada, el labio interno cierra el ombligo.

Difiere de *Physa acuta*, las primeras dos vueltas y media crecen lentamente y la abertura es más ancha mientras que en *P. acuta* crecen más rápidamente y la abertura es más pequeña.

Familia Endodontidae

Esta familia tiene una distribución mundial amplia e incluye conchas de diferentes tamaños, de pequeña (*Punctum*) a grande (*Anguispira*). Sus conchas son usualmente umbilicadas, depresivas o discoidal generalmente con costillas (e.g. *Discus*), algunas veces con liras (e.g. *Helicodiscus*).

FAMILIA: Endodontidae

GÉNERO: *Helicodiscus*

ESPECIE: *Helicodiscus* sp. Lámina 2 Fig. A

TIPO: Depositado en la colección de paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, número de Catálogo CFZ-St 2001.

LOCALIDAD: Sanctorum, Formación Atotonilco el Grande, a 34 Km. de la ciudad de Pachuca (20°18' 25" N, 98°46'52.5" W).

EDAD: Plioceno

Descripción: Concha discoidal y deprimida con 1.69 mm. de diámetro y 0.71mm. de altura, base convexa, ombligo amplio mide 0.51 mm., el cual cabe 3.31 veces en el diámetro de la concha, 3 vueltas, periferia redondeada, la abertura en forma de media luna, la sutura bien marcada con crecimiento más o menos rápido.

Difiere de *H. nummus* (Vanatta, 1899) en lo amplio del ombligo, en *H. nummus* es 2 1/3 y en este ejemplar es 3.31, también difiere en el callo parietal ausente en este ejemplar, la altura en *H. Nummus* es 0.5mm. y 1.5mm. de diámetro, mientras que *Helicodiscus* sp. es más alto y es ligeramente más grande.

CLASIFICACIÓN:

Ordenamiento taxonómico de las especies encontradas en el estudio.

PHYLLUM MOLLUSCA

CLASE: GASTROPODA

SUBCLASE: Prosobranchia

Orden: Mesogastropoda

Familia: Hydrobiidae Troschel 1857

Tryonia sp.

Tryonia sp.

SUBCLASE: Pulmonata

Orden: Limnophila

Familia: Physidae Fitzinger 1833

Physa sp.

Familia: Planorbidae Rafinesque 1815

Planorbella sp.

Vorticifex sp.

Vorticifex sp.

Los gasterópodos proveen de material particularmente favorable para estudios paleoecológicos, porque su riqueza taxonómica y diversidad ecológica los coloca entre los grupos más exitosos de todos los tiempos (Reguero, 1991). El estudio de los gasterópodos fósiles tiene una relevancia ya que nos permite identificar, cual o cuales son las especies que se extinguieron o las que prevalecen en la actualidad.

A lo largo de la columna estratigráfica (Fig.g) los gasterópodos se distribuyen de diferente forma, dependiendo de las condiciones limnológicas en las que se encontraba el lago. Los sedimentos donde se recolectaron los moluscos varían, siendo las arenas de grano fino a medio, los horizontes de lutita, toba e incluso margas los más representativos. Se ubicaron aproximadamente 12 estratos a lo largo de la columna estratigráfica dividiéndola en tres zonas considerando los dos eventos geológicos que ocurrieron durante la existencia del lago y con base a lo reportado por López en el 2007.

La abundancia (Gráfica 1) de los géneros fue diferente en el afloramiento, los hidróbidos se localizaron en dos horizontes bien diferenciados de arena de grano fino, la presencia de estos apoya la idea de que el lago fue alimentado por manantiales someros.

La presencia de los planórbidos y físidios a lo largo de está, aunado a los horizontes de yeso indican que el lago tuvo periodos de evaporación y estrés hídrico. Rangel-Ruiz y Gamboa (2005) mencionan que los caracoles pulmonados son especialmente resistentes a periodos de sequía, siendo la humedad relativa uno de los primeros factores que determinan la sobrevivencia de estos organismos.

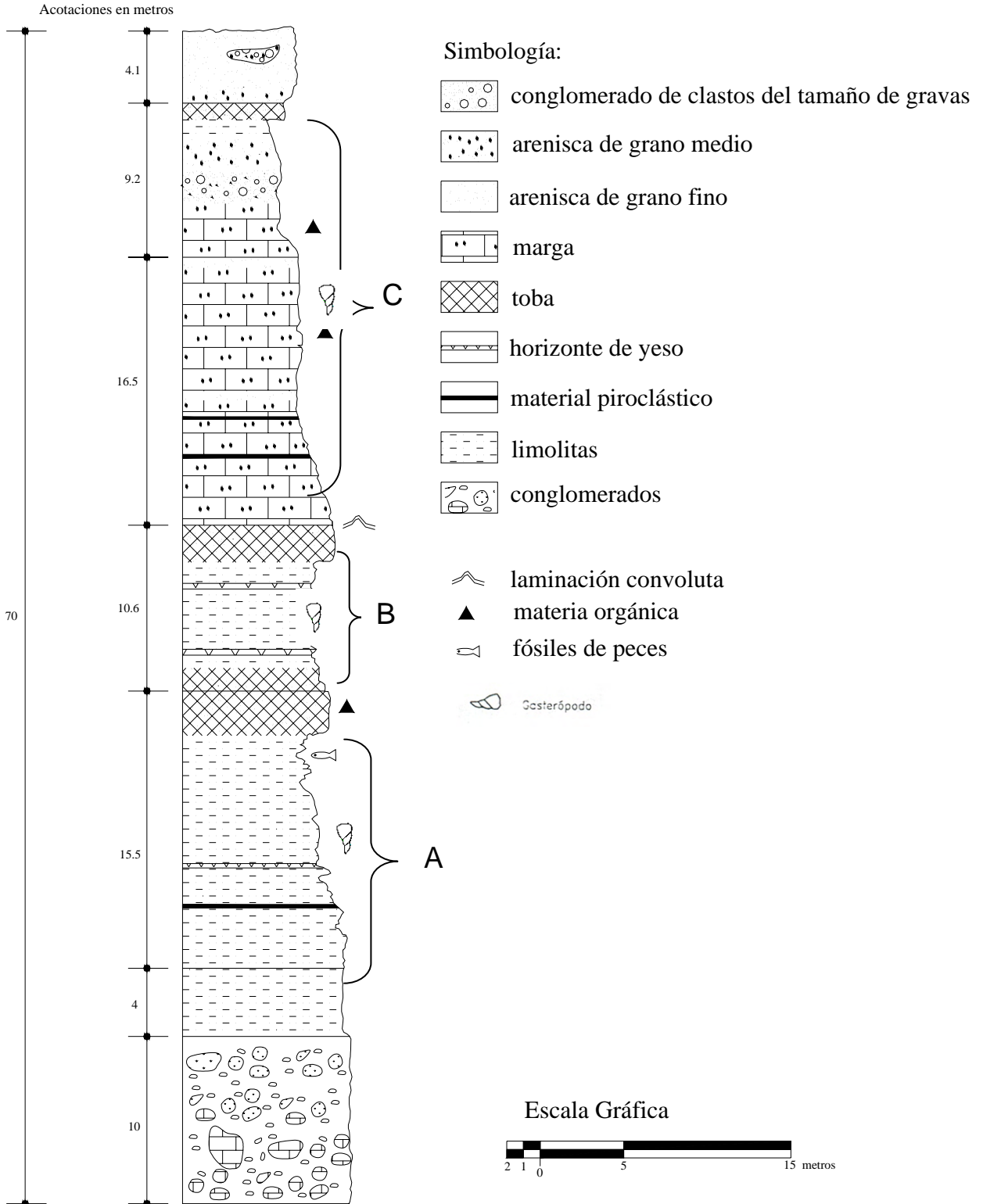
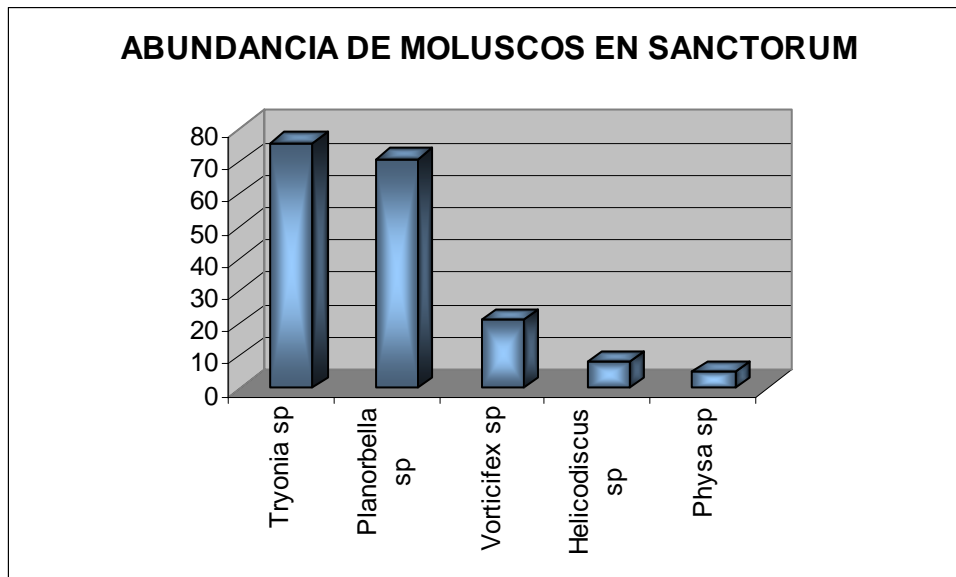


Figura g. Columna estratigráfica, dividida en: A base, B media y C Superior (Modificada de Reyes y Vázquez, 2003).



Gráfica 1 Abundancia de géneros en la localidad de estudio.

DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS GASTERÓPODOS A LO LARGO DE LA COLUMNA:

ZONA A (base)

Los primeros 15 metros no fue posible muestrearlos, debido a la inaccesibilidad del camino. En el primer horizonte en donde se registra la presencia de moluscos de la familia Planorbidae su abundancia es baja (menor a 100) y muy fragmentada en arenas finas de color beige-anaranjado indicando así la presencia de óxidos en el ambiente.

Cabe resaltar que la zona A se encuentra por debajo del primer evento piroclástico de mayor magnitud (Fig, g). Por debajo de este, existe un estrato de aproximadamente 30 cm. con los géneros *Tryonia*, *Physa*, *Planorbella*, *Vorticifex* y una especie de Gasterópodo terrestre (probablemente arrastrados de la parte

continental). Permineralizados, con un grado de fragmentación poco evidente y sin dirección; lo que indica la autoctonía de las conchas. En esta zona López-Trejo (2007) señala la presencia de *Aulacoseira granulata* en gran abundancia seguida de *Fragilaria* y *Rhopalodia*, estas diatomeas junto con los invertebrados indican una etapa de equilibrio del lago. Por debajo del estrato se encuentra la mayor abundancia en megafósiles (hojas, ranas, salamandras, peces, e insectos). Las diatomeas reportadas para esta parte de la columna indican que las condiciones limnológicas del lago eran de un ambiente de distrófico – eutrófico, con un pH alcalino, es decir, con concentraciones de calcio ligeramente elevadas, el agua era más turbia por lo tanto había disponibilidad de nutrimentos.

ZONA B (media)

Esta unidad es caracterizada por solo dos horizontes de moluscos continentales, el ubicado inmediatamente después de las cenizas el más representativo, con un espesor de 30 cm. aproximadamente, de arena de grano medio con una gran abundancia en su mayoría hidróbidos, y algunos planórbidos.

Por arriba del estrato anterior (20 cm.) se observa una capa de espesor pequeño con la presencia de conchas permineralizadas en arena media con representantes de la familia de planórbidos e hidróbidos este último nuevamente en gran abundancia. Cabe señalar que en los dos estratos no se reporta ningún género de diatomea, probablemente por la alteración del pH en el agua por la caída de ceniza.

ZONA C (superior)

Después del segundo evento geológico y la laminación convoluta se ubicaron ocho estratos, la familia dominante a lo largo de estos fue la Planorbidae con diferente grado de fragmentación, aunque en el segundo horizonte de la zona se reporta la presencia una vez más de hidróbidos en gran abundancia (mas de 100), las diatomeas reportadas a lo largo de la zona indican fluctuaciones en el medio acuático, pero en general, el eutrofismo y la alcalinidad del agua fueron características constantes a lo largo de estos.

Aproximadamente cuatro metros antes de la cima de la columna hay un horizonte de aproximadamente 10cm de espesor de arenas muy finas cementadas en donde se contabilizaron impresiones de planórbidos completos en gran abundancia, en un bloque de 15x15cm se contabilizaron más de 100 conchas. Cabe señalar que este es el primer registro de fauna en esta parte de la columna, aunque se muestreó para diatomeas estas tampoco se encontraron.

ANALISIS FÉNETICO

El análisis fénético de las Formaciones Plio-Pleistocénicas con base en los moluscos de agua dulce generó un solo Fenograma (Fig. h), el cual se divide en dos grupos. El primero (A) incluye únicamente a la Formación Rita Blanca, está otu está unida fenéticamente al resto de las otu's con un coeficiente de similitud de 20 % (muy bajo). La presencia de la familia Physidae, en las Formaciones incluidas en el análisis es la responsable de este acomodo.

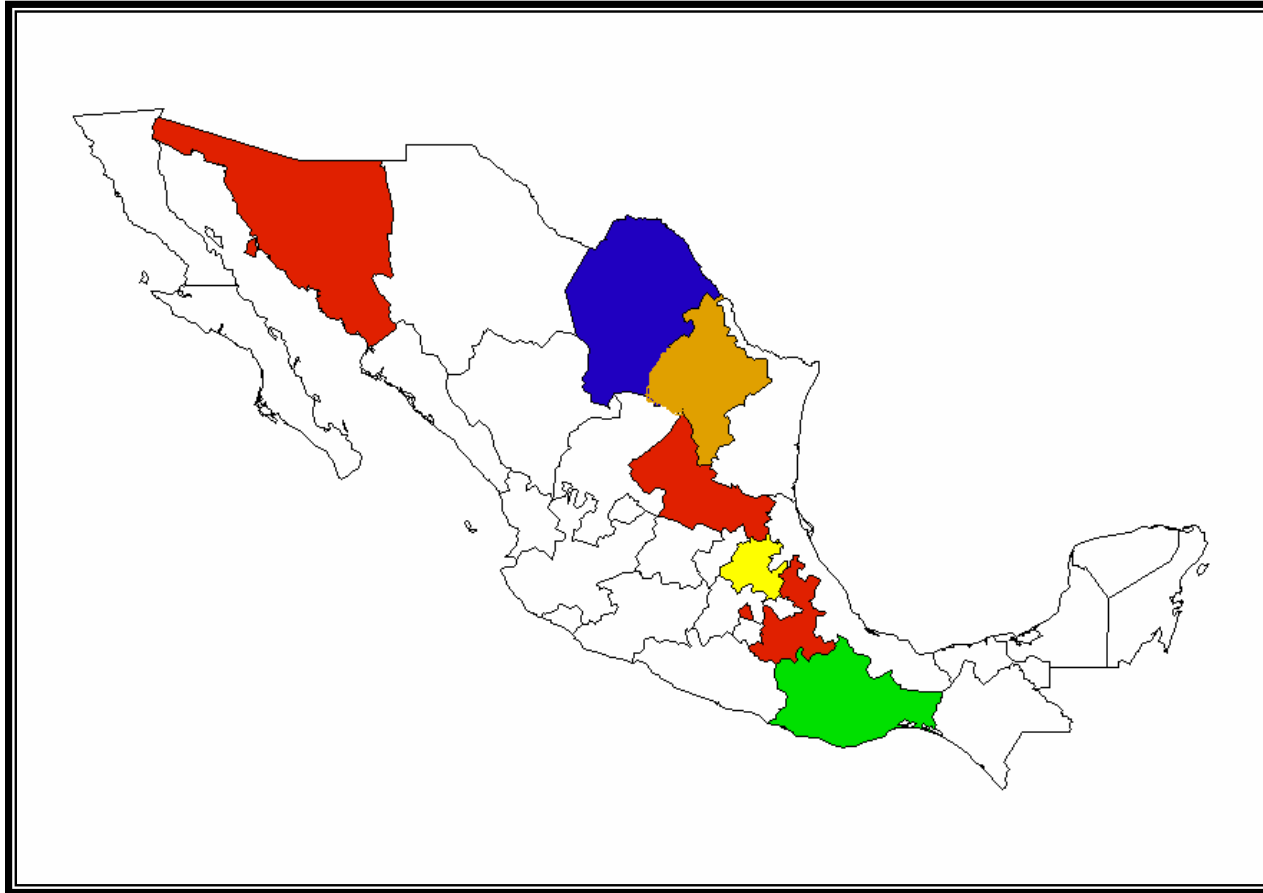
El grupo B incluye el resto de las otu's que a su vez se dividen en dos subgrupos. El primero B.1 conformado solo por la Formación Esmeralda unida

fenéticamente con el subgrupo B2 con un coeficiente de similitud de 30%. De las cinco que reúne el grupo B es la que menos parecido tiene con la Formación Atotonilco el Grande; a pesar de ser diversa en Moluscos, solo los planórbidos son el grupo en común,

El subgrupo B.2 incluye a las Formaciones Truckee, Glens-Ferry, Tulare y Atotonilco el Grande. De estas, las tres de Norte América forman un pequeño núcleo, comparten las familias Planorbidae, Sphaeriidae y Valvatidae. Cabe destacar el gran parecido fenético entre Glens-Ferry y Tulare (73%), ya que comparten además la presencia de la familia Unionidae. La Formación Atotonilco el Grande se encuentra alejada de los miembros del subgrupo ya que solo comparte con estos a los planórbidos.

El arreglo del fenograma nos indica que si bien algunas de las Formaciones tienen un parecido fenético importante, ninguna de ellas presenta un coeficiente de similitud mayor o igual a 80% que es el valor mínimo indispensable para considerar a dos otu's como iguales (Sokal y Sneath, 1966).

Como se puede observar, la presencia de la familia Planorbidae en cinco de las seis Formaciones, nos permite inferir que durante el Plioceno fue una familia con una amplia distribución geográfica y bien representada en el registro fósil. Que debieron haber existido cuerpos de agua (lagos) desde Estados Unidos hasta el centro de México en la zona occidental o bien migración de aves o mamíferos en esta ruta.



Mapa 4 Localidades con Moluscos dulceacuícolas fósiles en México, Jurásico (verde), Cretácico (azul), Eoceno (café), Plioceno (amarillo) y Pleistoceno-Holoceno (rojo).

Formaciones Plio-Pleistocénicas en Norteamérica

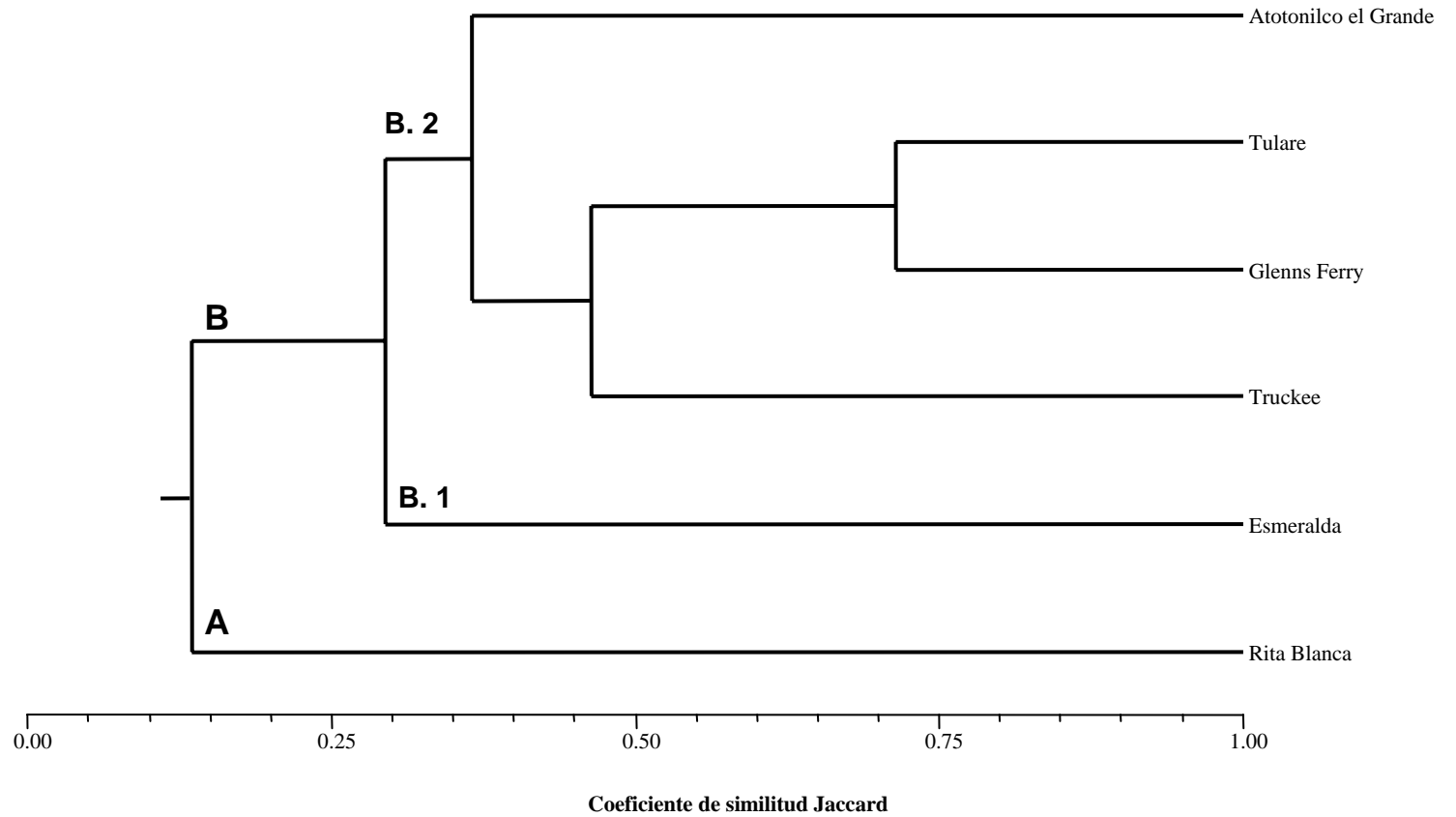


Figura h. Fenograma que muestra la relación entre las Formaciones con gasterópodos fósiles (Plio-Pleistocénicas) de Norteamérica (Rita Blanca, Esmeralda, Truckee, Glens Ferry, Tulare y Atotonilco el Grande)

COMPARACIÓN TECOCOMULCO-SANCTORUM

Cabe resaltar el significado tan importante que tiene Tecocomulco como relicto relativamente conservado del último cuerpo de agua del sistema de lagos que existió en la cuenca de México.

En la subcuenca de Tecocomulco se registro la presencia de tres especies de moluscos con una abundancia variable, Lot (2005) reporta gran cantidad de plantas acuáticas con un total de 20 familias de las cuales solo la Cyperaceae y Typhaceae son las compartidas con el paleolago de Amajac (Martínez en el 2006 reporta a 4 familias).

Se realizaron un total de tres muestreos a las orillas de la cuenca tratando de cubrir los periodos de lluvia-sequía para completar los ciclos de vida de diferentes especies. En Tecocomulco las familias de moluscos (lámina 6) encontradas pertenecen a los pulmonados y son la Lymnaeidae, Physidae y Planorbidae, la especie de la primer familia es *Radix auricularia* (17ejemplares) es de resaltar que es una especie introducida de Asia y es el primer registro de molusco introducido para el Estado de Hidalgo. El físido se identificó como *Physa acuta* (110 ejemplares) y el planórbido como *Planorbella tenue* (23 ejemplares), ambas especies reportadas para México.

Como se observó la especie más abundante en la cuenca es *Physa acuta*, comparando con el paleolago de Amajac los físidos son los menos abundantes en el registro fósil posiblemente debido a la forma de la concha globosa que se destruyó con la presión de los estratos (actualmente al observar la concha se nota que es muy delgada y frágil). *Planorbella tenue* fue la que siguió en abundancia, la encontramos en gran cantidad, aunque no se colectaron, en el mes

de enero, cuando el tiraje de agua era bajo y la cuenca estaba sometida a un periodo de sequía.

Además de las familias registradas para la subcuenca se muestrearon diferentes cuerpos de agua (lámina 5) cercanos a la localidad fosilífera, con el fin de encontrar algún gasterópodo de la misma especie al que habitaba en el Plioceno. En el río Amajac que cruza los sedimentos del Neógeno, cerca del poblado Santa María Amajac Hgo., se encontró *Physa acuta*, cuerpo de agua se encuentra alimentado por manantiales, se buscó la presencia de hidróbidos en estos pero no se encontró ninguno. En la represa del lago de las truchas cerca del poblado de Huasca de Ocampo Hgo., se observó la mayor diversidad de conchas aunque no tenían gran parecido con las fósiles y en la Laguna Atezca ubicada en Molando Hgo., se encontraron tres, una de ellas probablemente sea una especie anfibia, una protoconcha al parecer de planórbido y *Physa sp.* Es importante señalar que para Hidalgo son los primeros moluscos de agua dulce actuales reportados (Naranjo-García, com.per.) y aunque solo se muestreó una vez en ellos a nivel de familia solo los planórbidos y físidos son las compartidas con Sanctorum.

A pesar que Tecocomulco y Sanctorum presentan una alcalinidad en sus aguas y una temperatura parecida, la similitud entre las dos cuencas en cuanto a su fauna malacológica es diferente, en Amajac las condiciones para el establecimiento de las poblaciones parecen ser más aptas ya que se registraron siete especies mientras que en Tecocomulco solo fueron tres.

A lo largo de la historia geológica los moluscos de agua dulce en México (cuadro 2) se han reportado en solo seis estados de nuestro país, en el Jurásico

de Oaxaca con el género *Pila* cuya distribución aparente fue del sur hacia el norte, ya que en la actualidad el género es abundante en esta zona del continente (Naranjo-García, com.per.). En el Paleógeno se reportan gasterópodos dulceacuícolas en Coahuila y Nuevo León de un sistema lagunar, posteriormente hay un sesgo hasta finales del Neógeno en los estados de Puebla, San Luis Potosí, Distrito Federal y Sonora, en este trabajo se reporta por vez primera la presencia de moluscos no marinos en el Estado de Hidalgo para el Plioceno de México. Es de resaltar que probablemente la falta de registros se debe a un muestreo incompleto, relacionado a que no existen especialistas sobre el tema. Por lo que se recomienda incrementar el muestreo en sedimentos lacustres del Neógeno en el Eje Neovolcánico Transversal. Es factible tener muchas más especies por ejemplo: *Vorticifex*, reportado en este estudio y en la actualidad no se tiene registro que habite en los cuerpos de agua de nuestro país.

Cuadro 2 Especies de fósiles de agua dulce reportadas para México.

ESTADO	GENERO	EDAD
COAHUILA	<i>Physa</i> 3 sps.	Cretacico Superior
	<i>Mesolanistes</i> 2 sps.	Cretacico Superior
	<i>Bulinus</i> 5 sps.	Cretacico Superior
	<i>Gyraulus</i>	Cretacico Superior
	<i>Turritella</i>	Eoceno
	<i>Thiaridae</i>	Eoceno
DISTRITO FEDERAL		
LAGO CHALCO	<i>Durangonella</i>	Holoceno Temprano
LAGO TLAHUAC	<i>Durangonella</i>	Pleistoceno Tardío
	<i>Gyraulus</i>	Pleistoceno Tardio- Holoceno
	<i>Planorbella</i>	Pleistoceno Tardio- Holoceno
NUEVO LEON	<i>Turritella</i>	Eoceno
	<i>Thiaridae</i>	Eoceno
OAXACA	<i>Pila</i>	Jurásico
PUEBLA	<i>Planorbella</i>	Pleistoceno-Holoceno
	<i>Gyraulus</i>	Pleistoceno Tardio- Holoceno
SAN LUIS POTOSI	<i>Physa</i>	Pleistoceno Tardío
	<i>Gyraulus</i>	Pleistoceno Tardío

CONCLUSIONES

- I. El presente estudio es el primer reporte sobre fauna malacológica en el Plioceno para nuestro país.
- II. Un total de seis especies conforman los gasterópodos dulceacuícolas en la localidad de Sanctorum: del género *Tryonia* (dos especies), *Physa sp.*, *Vorticifex* (dos especies), *Planorbella sp.* y una de *Helicodiscus sp.* que es terrestre, se plantea que son nuevas especies.
- III. La dominancia de especies de gasterópodos pulmonados sobre los prosobranquios apoya la idea que los primeros estuvieron mejor adaptados a las condiciones ambientales en el paleolago, además que suelen ser más tolerantes a los cambios en el agua. El género más abundante fue *Tryonia*; sin embargo a lo largo de la columna *Planorbella* presentó mayor frecuencia.
- IV. *Vorticifex*, es el primer registro para México. aunque, en el Norte del continente es un género bien representado en las faunas a lo largo del Cenozoico.
- V. La zona A ubicada por debajo de la primera caída de ceniza, presentó la mayor diversidad de moluscos y coincide con el análisis de diatomeas, se interpreta como una etapa de equilibrio del lago en la cual había mayor disponibilidad de nutrimentos y condiciones óptimas para el establecimiento de las faunas.

- VI. Al comparar las Formaciones en el Norte del continente americano a finales del Neógeno, se concluye, que la familia Planorbidae presento una amplia distribución bien representada en el registro fósil.
- VII. Finalmente al comparar el paleolago de Amajac con un lago actual (Tecocomulco), se observa que en el Plioceno, las condiciones tanto ambientales como acuáticas eran optimas para el establecimiento de poblaciones de moluscos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ⇒ Alencaster de Cserna G., 1956 Pelecipodos y Gasterópodos del Cretácico inferior de la región de San Juan Raya-Zapotitlan, Estado de Puebla. Paleontología Mexicana número 2 Instituto de Geología, UNAM, México.
- ⇒ Alor, J. P., 2000 “Patrimonio Paleontológico” La importancia de los fósiles, UNAM, México.
- ⇒ Aubouin, J. et. Al. 1981. “Tratado de Geología Tomo II Paleontología y Estratigrafía”. Cuarta edición, Ediciones Omega, S.A. Barcelona 651p.
- ⇒ Aguilar A. F. J., Velasco de L. M. P., 2002, “El clima durante el Plioceno en la región de Santa María Amajac, Hidalgo, México”, Bol. Soc. Bot. Méx., 71: 71-81.
- ⇒ Appleton, C.C. 1996 “Freshwater molluscs of Southern Africa: with a chapter on bilharzia and its snail hosts. University of Natal Press, Pietermaritzburg, 64 pp.
- ⇒ Barnes, R. D. 1989. “Zoología de los invertebrados”. Quinta edición. Editorial Interamericana S.A. y McGraw-Hill, Inc. México.
- ⇒ Becerra Martínez C.A., 2003 Estudio Anatómico de las aletas impares de los Goodeidos fósiles procedentes de Sanctorum (Formación Atotonilco el Grande) Hidalgo Tesis de Licenciatura FES-Zaragoza UNAM México.

- ⇒ Brouillet L. and D. Whetstone., 1993. Climate and Physiography en Flora de Norteamerica North of Mexico, Volume 1 Oxford University Press. E.U.A.
- ⇒ Buitron B., 1989 Paleontología general Invertebrados. Facultad de Ingeniería UNAM México.
- ⇒ Burch, J.B. y A. Cruz-Reyes. 1987. “Clave Genérica para la identificación de Gasterópodos de agua dulce en México.” Instituto de Biología, UNAM. 46 Págs.
- ⇒ Caballero M.M. 1995 “ Late Quaternary palaeolimnology of lake Chalco, the basin of Mexico., U.K Universidad de Hull 1995, Ph D Tesis 286 p.
- ⇒ Cevallos-Ferriz y José Luis Ramírez, 2004 Bosquejo de la evolución Florística en Biodiversidad de Oaxaca García-Mendoza A. J., et. al eds., Ed. Redacta México.
- ⇒ Clarkson E.N.K. 1986. “Paleontología de Invertebrados y su evolución” Editorial Paraninfo S.A. Madrid.
- ⇒ Cózatl Manzano, R.C. 1999. Sistemática de los moluscos dulceacuícolas en la Reserva ecológica “El Edén” Quintana Roo, México. Tesis Licenciatura, Biólogo, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 59p.
- ⇒ De la Lanza E. G. y S. P. Hernández. 2005. “Fisicoquímica de la Laguna de Tecocomulco”. En Huizar A.R., Elvia J. J. F., Carlos J.L.,(eds.) La Laguna de Tecocomulco geo-geología de un desastre

- Instituto de Geología UNAM. Publicación especial 3, México, D. F. 232 pp.
- ⇒ Domínguez S.H., 1999 Contribución al estudio de los peces de la Familia Goodeidae de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de Sn. Nicolás de Hidalgo
 - ⇒ Flores Camargo. D. G., 2006 “Estudio del Phylum Mollusca registrados en la colección paleontológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM, México.” Servicio Social.
 - ⇒ Fuentes, P., 2005. Estudio de los anfibios pertenecientes al Plioceno tardío en la localidad de Sanctorum en el estado de Hidalgo. Orden Anura. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza UNAM. 83.
 - ⇒ Hubendick, B. 1951. Recent Lymnaeidae. Their variation, morphology, taxonomy, nomenclature, and distribution. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Fjärde Serien, Band 3 No. 1, 223 p, 5 lams.
 - ⇒ Huizar-Alvarez R., J.E.G. Ruiz, 2005 “Aspectos físicos y socioeconómicos de la subcuenca de Tecocomulco” En Huizar A.R., Elvia J. J. F., Carlos J.L.,(eds.) La Laguna de Tecocomulco geología de un desastre Instituto de Geología UNAM. Publicación especial 3, México, D. F. 232 pp.
 - ⇒ Lincoln R. y J.G. Sheals, 1979. Invertebrate animals, collecting and preservation. British Mus. Nat. Hist. Cambridge Univ.: 150 pp.

- ⇒ López T.B., 2007 Caracterización del Paleolago de Amajac, Hidalgo, México, con base en Asociaciones de Diatomeas. Tesis de Licenciatura FES-Zaragoza UNAM México.
- ⇒ Lot H. A, 2005 “Vegetación acuática de la Laguna de Tecocomulco”. En Huizar A.R., Elvia J. J. F., Carlos J.L., (eds) La Laguna de Tecocomulco geo-geología de un desastre Instituto de Geología UNAM. Publicación especial 3, México, D. F. 232 pp.
- ⇒ Martínez M.P.C. y Velasco de León M. P. , 2006 Plantas acuáticas del Plioceno de las localidades de Santa María Amajac y Sanctorum, Hidalgo, México. Memorias del IX Congreso Latinoamericano de Botánica, Santo Domingo, República Dominicana.
- ⇒ Marshall D., 1985 Zoología de Invertebrados. Ed Reverté España.
- ⇒ Melendez B., 1982. “Paleontología” Tomo I Parte general e invertebrados. Tercera edición. Editorial Paraninfo. Madrid.
- ⇒ Mendoza Rosales T.A., 2002 Gasterópodos del Jurásico-Cretácico de Santiago Chilixtlahuaca, en la región de Huajuapán de León, Oaxaca. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias UNAM.
- ⇒ Naranjo-García E., 2003, “Moluscos continentales de México: Dulceacuícolas” Rev. Biol. Trop.51 (Supl.3), México.
- ⇒ Naranjo y C. Gómez., 2004 “Técnicas de muestreo” Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán, México.

- ⇒ Ortiz Martínez E.L., 2007 Estudio Taxonómico-ecológico de tres géneros de angiospermas fósiles de la región de Santa Maria Amajac Hidalgo. Tesis de Maestría UNAM.
- ⇒ Ponder, W.F.1973. "The Origin and evolution of the Neogastropoda". Malacología 12: 295-338.
- ⇒ Rangel-Ruiz L. Gamboa A.J., 2005 Estructura de la comunidad y dinámica poblacional de Gasterópodos en una zona enzoótica de Fasciolosis en Tabasco México. Acta zoológica Mexicana (nueva serie) 21 número 002 Instituto de Ecología A.C. Xalapa p. 79-85.
- ⇒ Reguero M., 1991 Exoesqueletos de gasterópodos como herramienta paleoecológica. Memorias del III Congreso Nacional de Paleontología, Sociedad Mexicana de Paleontología A.C. curso-conferencia.
- ⇒ Reyes T. A. y S. D. Vázquez. 2003. "Determinación Taxonómica y Geoquímica de la concha de ostrácodos fósiles pertenecientes al plioceno presentes en Sanctorum Hidalgo, México" Tesis de licenciatura UNAM, México.
- ⇒ Rivera-Olmos S. E. C. Gómez-Espinosa y B. Buitrón-Sánchez , 2007. "Aplicación de los Gasterópodos en la reconstrucción paleoecológica". En: Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México. Rios-Jara, E. C., Esqueda-González y C. M. Galván-Villa (eds). Universidad de Guadalajara, México. 286 p.
- ⇒ Ruiz-Gonzalez, J.E. R.A.Huizar 2005. "La erosión en la subcuenca de Tecocomulco" En Huizar A.R., Elvia J. J. F., Carlos J.L.(eds.), La

- Laguna de Tecocomulco geo-geología de un desastre Instituto de Geología UNAM. Publicación especial 3, México, D. F. 232 pp.
- ⇒ Russell-Hunter, W.D. 1978. Ecology of freshwater pulmonates. En : Fretter, V. y J. Peaje (eds.) Pulmonates. Vol. 2ª. Academia Press, London. 540 pp.
- ⇒ Salvador Flores R., 2001, "Origen, sedimentología y estratigrafía del Paleolago de Amajac, Hidalgo", Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ⇒ Signor. P. 1985. "Gastropod evolutionary history". P. 157-173. In T.W. Broadhead (Ed.), MOLLUSKS. Notes for a short course. University of Tennessee. Department of Geological Sciences. Studies in Geology 13.
- ⇒ Sokal y Sneath, 1966. The principles and practice of Numerical Classification, Freeman Co., San Francisco, 573 pp.
- ⇒ Solorzano, A., 2007. Descripción de los ambystomas del Paleolago de Santa María Amajac, Hgo. Tesis de licenciatura FES Zaragoza, UNAM 45p.
- ⇒ Sour T.F. y Silvia Rivera, 2006. La Paleontología y el estudio de la vida en el pasado en Paleontología. García P, et. al, eds. Las prensas de la ciencia.
- ⇒ Tasch P. 1980 Paleobiology of the Invertebrates. Library of Congress Cataloging in Publication Data, Printed in USA. 975p.
- ⇒ Taylor D.W., 1985 Evolution of Freshwater drainages and mollusks in western North America en Late Cenozoic History of the Pacific

Northwest Interdisciplinary studies on the Clarka fossil beds of Northern Idaho. Charles J. Smiley ed.

- ⇒ Thompson F.G 2004 An Identification manual for the freshwater snails of Florida. University of Florida, Gainesville, Florida.
- ⇒ Vega F.J. y Ma del Carmen Perrilliat, 1992 Freshwater Gastropods from early Eocene Difunta group, northeastern Mexico. Journal of Paleontology 66(4) pp 603-609.
- ⇒ Villaseñor J.L., 2000. La Taxonomía Numérica. (Apuntes del Instituto de Biología). Universidad Nacional Autónoma de México. Méx.

LÁMINAS

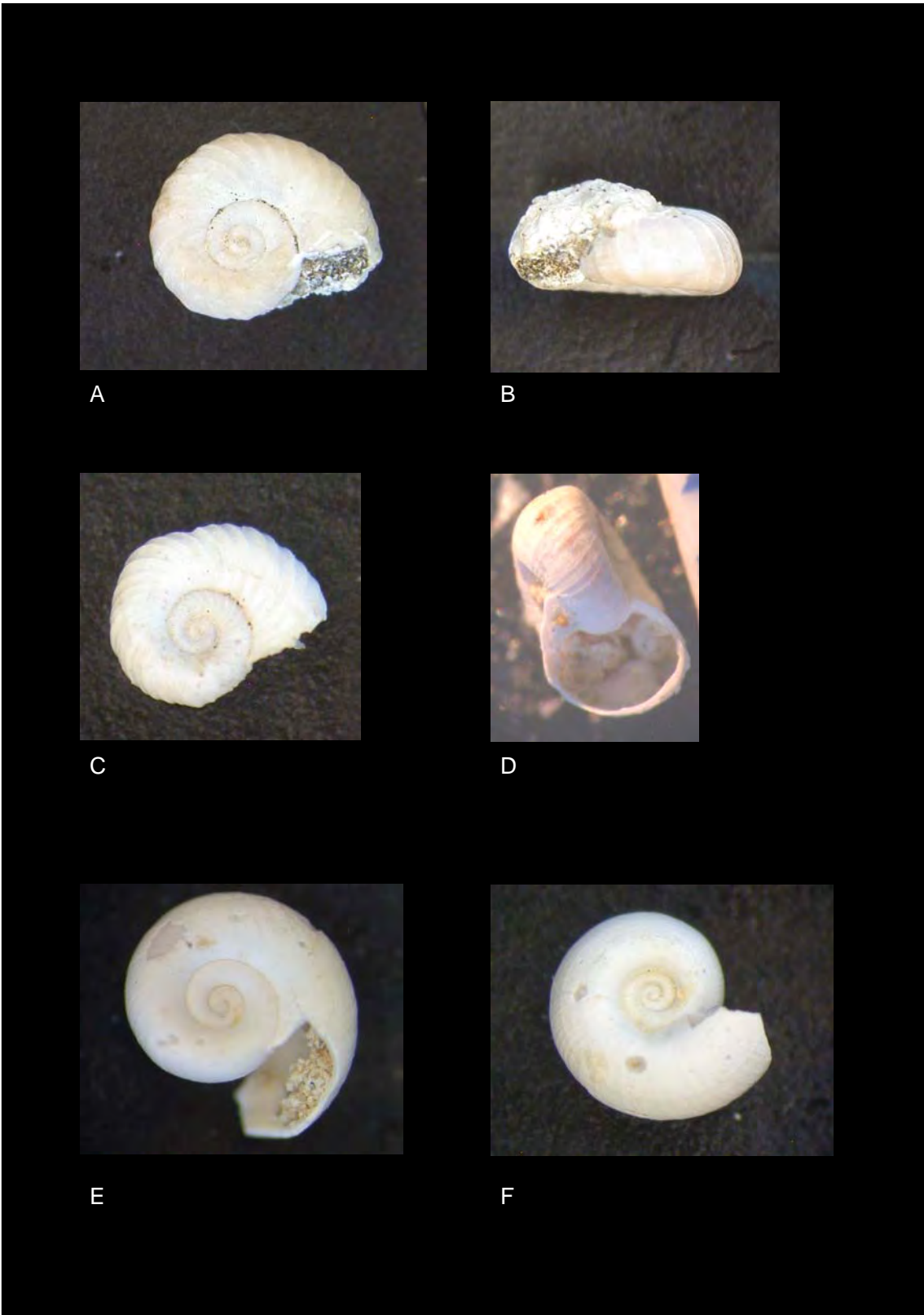


Lámina 1. A y B *vorticifex sp* C vista ápice, D abertura, E y F *vorticifex sp* vista ápice y ombligo.

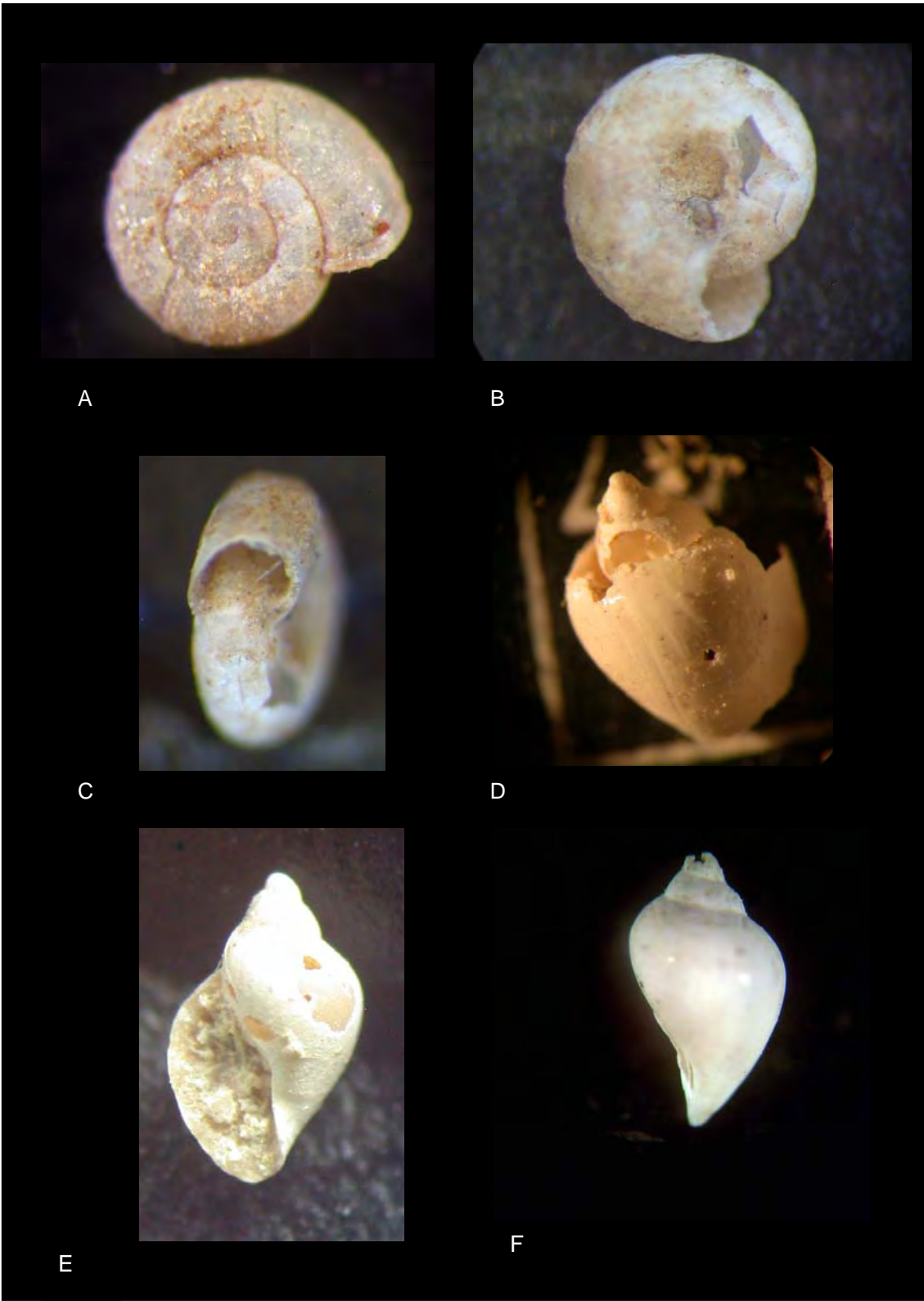


Lámina 2. A *Helicodiscus sp.*, B vista ombligo, C abertura, D y F *Physa sp.*, E abertura levógira

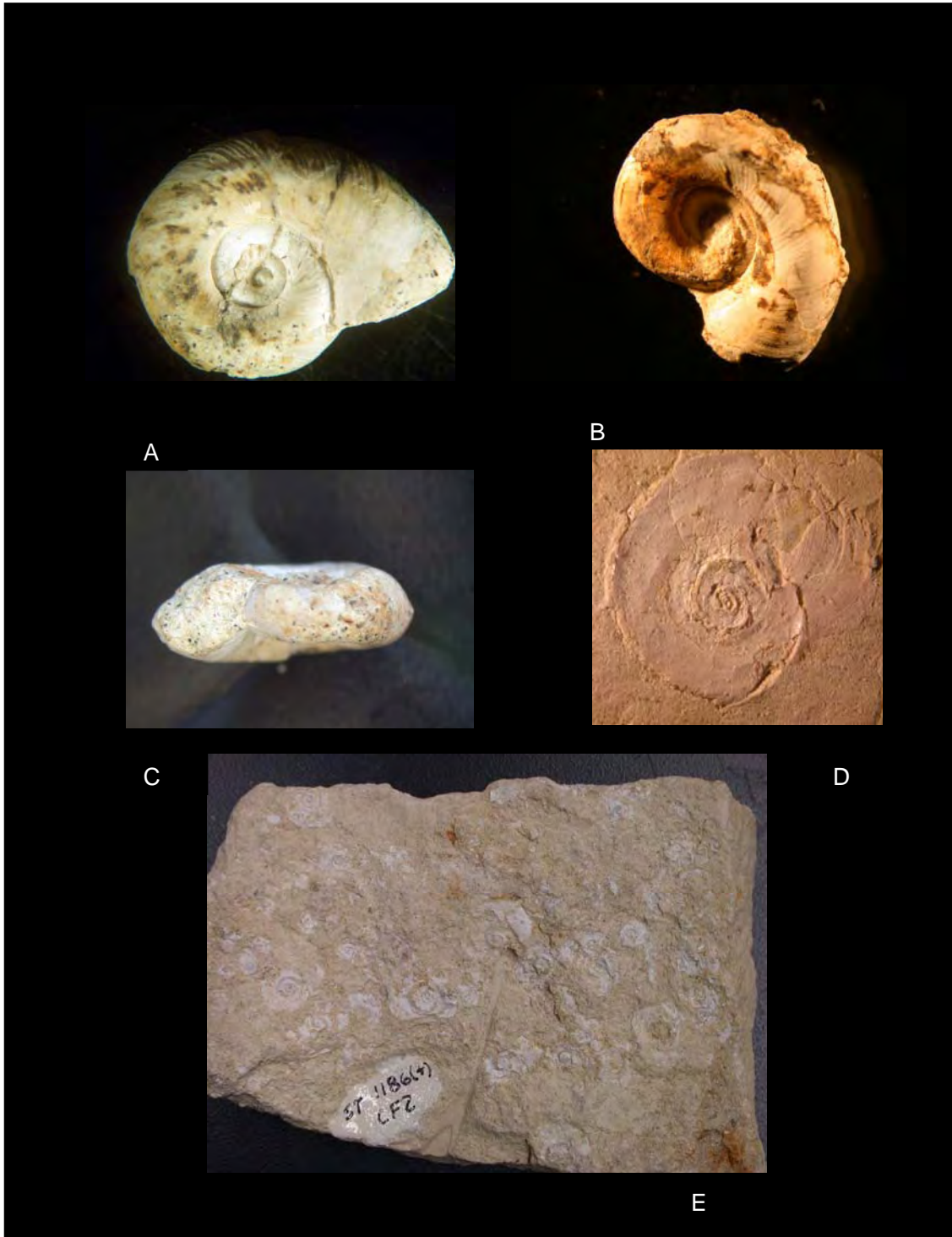


Lámina 3. A *Planorbella* sp., B, C y D *Planorbella* vista oblígica, altura e impresión respectivamente y E Asociación de planórbidos.

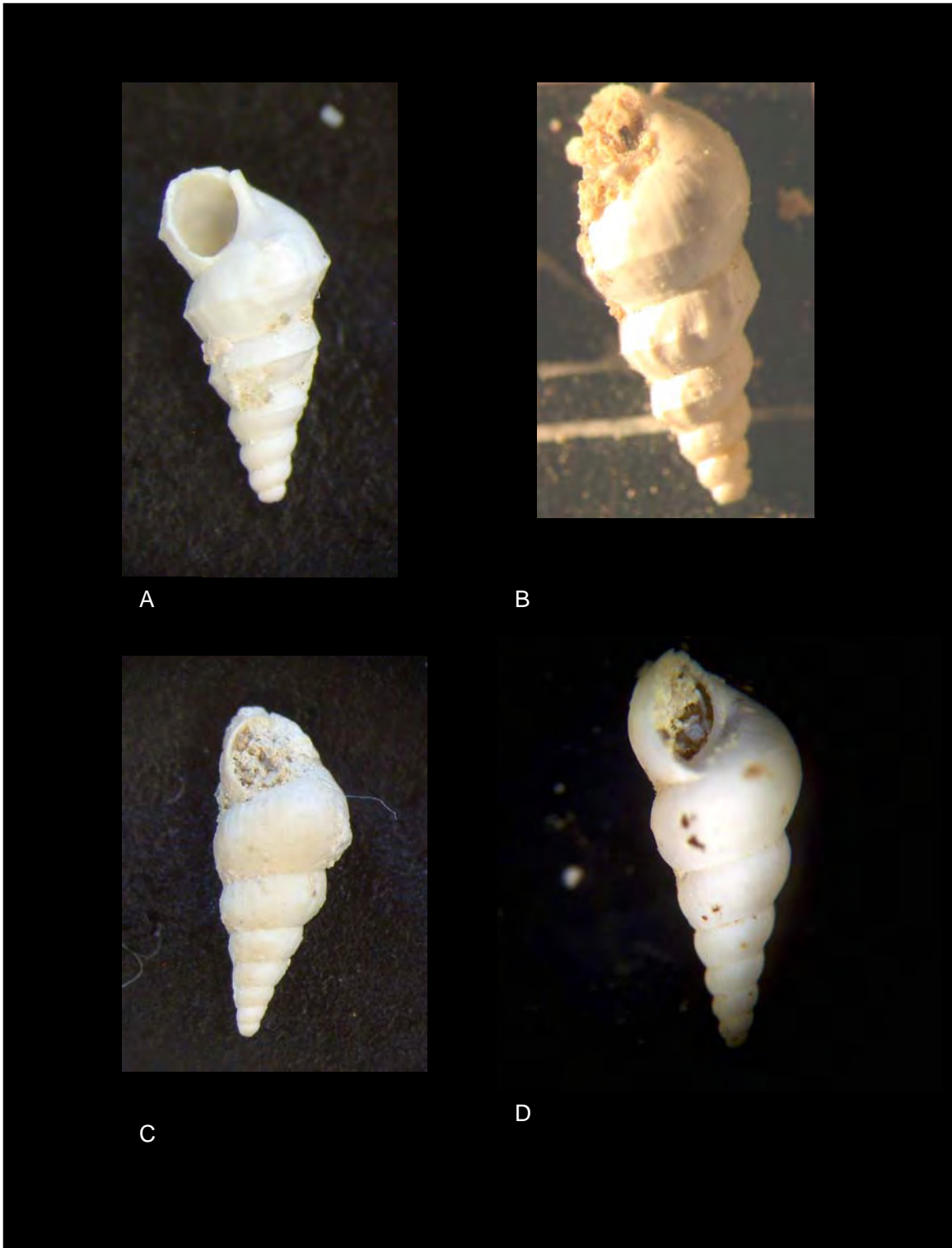


Lámina 4. A *Tryonia* sp. B *Tryonia* sp. con espinas en su concha, C *Tryonia* sp. D *Tryonia* sp. lisa.

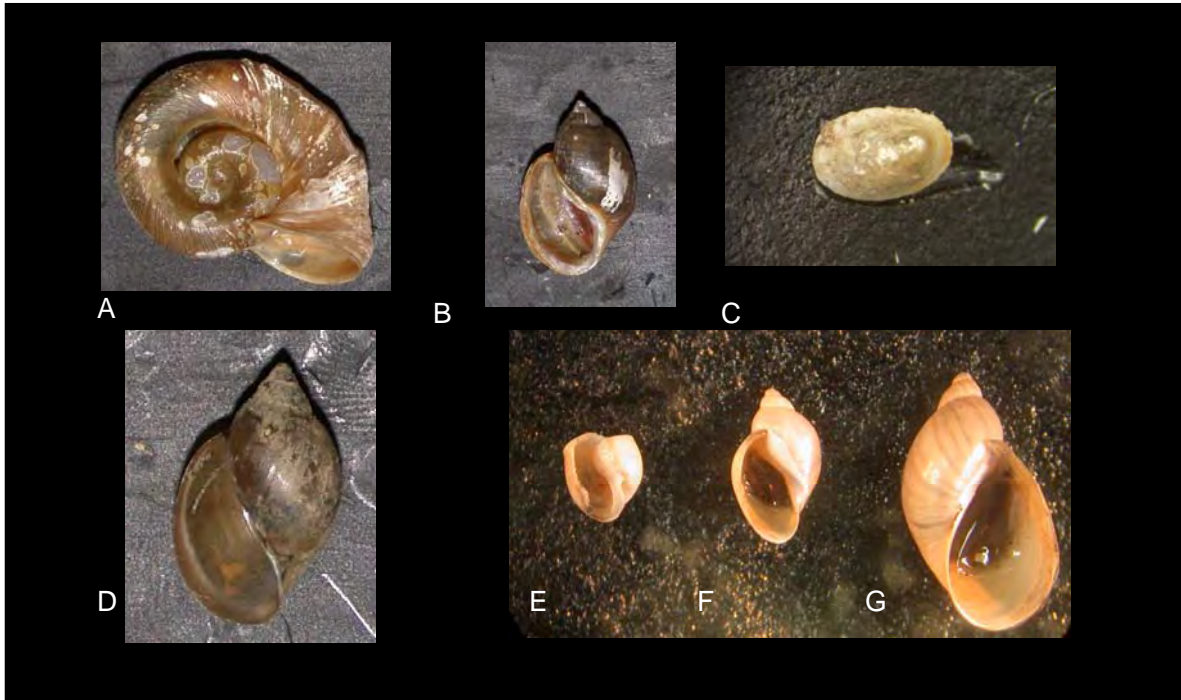


Lámina 5. Moluscos actuales de Hidalgo A *Planorbella* sp., B *Physa* sp. y C *Ancylido* del lago de las Truchas, D *Physa acuta* del río Amajac. E Protoconcha, F *Physa* sp. y G Gasterópodo indeterminado de la Laguna Atezca.

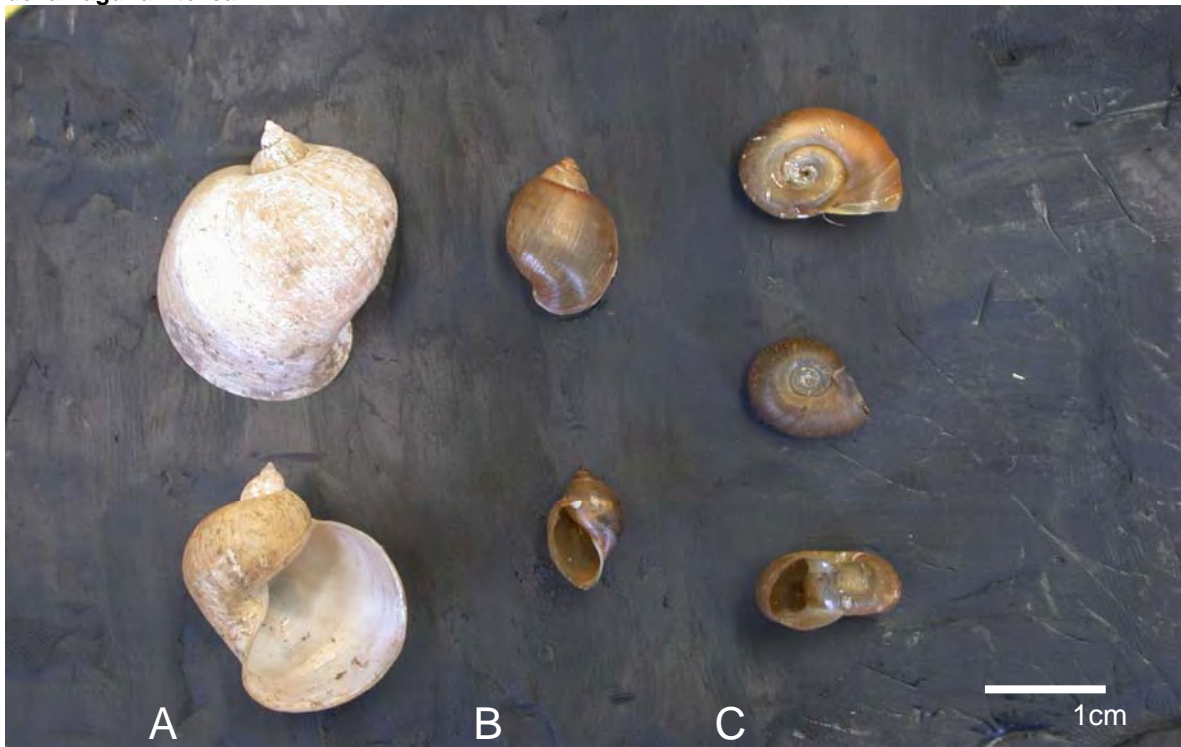


Lámina 6. Moluscos actuales de Tecocomulco A *Radix auricularia*, B *Physa acuta* y C *Planorbella tenue*.

ANEXO 1.

Matriz básica de datos de las Formaciones Plio-Pleistocénicas.

	Atotonilco el Grande	Rita Blanca	Tulare	Esmeralda	Truckee	Glenns Ferry	
HIDROBIIDAE	1	0		1	0	0	1
PHYSIDAE	1	1		1	0	1	0
PLANORBIDAE	1	0		1	1	1	1
UNIONIDAE	0	0		1	0	0	1
SPHAERIIDAE	0	0		1	1	1	1
AMNICOLIDAE	0	0		1	1	0	0
VALVATIDAE	0	0		1	1	1	1
LANCIDAE	0	0	0	0	1	0	0
VIVIPARIDAE	0	0	0	0	1	0	0
PLEUROCERIDAE	0	0	0	0	1	0	0
LYMNAEIDAE	0	0	0	0	0	1	0