



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**DETERMINACIÓN TAXONÓMICA Y GEOQUÍMICA
DE LA CONCHA DE OSTRÁCODOS FÓSILES
PERTENECIENTES AL PLIOCENO PRESENTES EN
SANCTORUM HIDALGO, MÉXICO.**

T E S I S
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A N:
ALEJANDRO REYES TORRES
SERGIO DAMIÁN VAZQUEZ RODRIGUEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MÉXICO, D. F. AGOSTO DEL 2003



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.

JURADO ASIGNADO SEGUN EL TEMA

Presidente: Dra. María Patricia Velasco de León

Vocal: Biól. María del Carmen Salgado Merediz

Secretario: M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo

Suplente: M. En C. Carlos Pérez Malvaez

Suplente: M. En C. Evangelina Galván Mendoza

A mis padres:

José Feliciano Reyes Ovelino (†) y Ma. Guadalupe Torres Martínez con un gran cariño y respeto por haberme guiado en este camino, apoyado en todas las cosas, motivarme durante la carrera para la obtención del título y por batallar juntos toda la vida. Y a mi abuelo **Guadalupe Torres**, les brindo este gran logro de mi vida...

A mi esposa:

Elda Paola Fuentes Guerra con amor y gratitud, como muestra de su apoyo y por estar a mi lado estimulando el salir adelante siempre en las buenas y en las malas. Y a mi hija **Brenda Dennis Reyes Fuentes** con amor y ternura por ser una fuente de inspiración para lograr la obtención de este título que también es de ellas.

A mis hermanos:

Delia, Roberto y Maribel con amor y cariño que nos une, por su apoyo, sacrificio y ayuda para lograr finalizar este gran objetivo, sin faltar mi hermano **Gerardo Gallardo H.** por sus consejos y apoyo moral para sobresalir en los momentos difíciles de la vida... y a **Baltasar (†)** en su memoria.

A mi suegros:

Q.F.B. Victor Rojas Adaya y Biol. Ma. Del Carmen V. Guerra Díaz con afecto y admiración, por sus sabios consejos, asesorías y apoyo incondicional para sobresalir en las cosas del saber y de la vida.

GRACIAS

ALEJANDRO REYES TORRES

A mis padres:

Ing. Quím. **SERGIO J. VAZQUEZ CRUZ** e **HILDA RODRIGUEZ CORTES** con eterna gratitud y cariño por haberme encausado en la vida y culminación de una carrera, su mayor anhelo.

Para alguien también muy importante en mi vida **SERGIO VAZQUEZ DE LA CERDA** y **MARGARITA CRUZ GOÑI (†)**, gracias a quienes todavía me encuentro aquí.

A mi esposa **ELIZABETH JARA GALICIA** y a mi hijo **BRYAN ALEXIS VAZQUEZ JARA**, con gratitud y como muestra de su ayuda, comprensión y cariño, por estar conmigo en todo momento y brindar siempre su apoyo.

A mi suegros:

ROBERTO JARA ALBARRAN y **YOLANDA GALICIA MORALES** quienes de manera personal han brindado su apoyo y consejo para un mejor desarrollo como persona.

A nuestros compas:

Iván, Hugo, Griselda, Yanet y Sandra con aprecio por sus valiosas participaciones y colaboraciones durante la carrera para la sobrevivencia de nuestra comunidad.

GRACIAS

SERGIO DAMIAN VAZQUEZ RODRIGUEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con profundo y sincero agradecimiento para quien nos ha brindado su amistad y calidad humana. Quien con su ayuda y sus consejos son parte esencial del inicio de nuestra vida profesional.

Con afecto a la maestra, compañera y amiga:

Dra. Ma. Patricia Velasco de León.

Con cariño y respeto a la **Dra. ANA LUISA CARREÑO**, quién con su apoyo colaboró incondicionalmente en la realización, revisión y término de este trabajo.

Un sincero reconocimiento al **Dr. MANUEL PALACIOS-FEST** por llevar a cabo la revisión y corrección del trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Queremos agradecer también a los profesores:

Biól. María del Carmen Salgado Merediz

M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo

M. En C. Carlos Pérez Malvaez

M. En C. Evangelina Galván Mendoza

Quienes a lo largo de la carrera nos brindaron un consejo y por haber dado sus oportunos puntos de vista en la realización de este trabajo.

Un reconocimiento especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haber brindado su apoyo al proyecto 34854.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Zona de estudio	14
Justificación.....	17
Hipótesis.....	17
Objetivos.....	17
Metodología.....	18
Resultados y discusión.....	20
Descripción morfológica de los organismos analizados.....	20
Análisis estadísticos.....	25
Geoquímica de la concha de ostrácodos.....	30
Conclusiones.....	33
Bibliografía.....	34

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Los restos de los organismos conservados en las rocas son la evidencia de la vida del pasado geológico, mostrando el curso de las modificaciones evolutivas de animales y plantas. Los fósiles al ser evidencia de vida pretérita nos permiten obtener información de paleoambientes, de este modo los ostrácodos son microorganismos muy sensibles a los cambios ambientales y pueden utilizarse como paleoindicadores de salinidad, temperatura e hidroquímica de sistemas costeros y de aguas interiores incluyendo aguas de irrigación, al capturar elementos traza del agua huésped para fortalecer sus caparazones a través de mecanismos biocinéticos que a su vez responden a la temperatura ambiente y a la concentración de los sólidos disueltos totales en el agua. Debido al tamaño que presentan (0.5-2mm), estos son estudiados por la micropaleontología ya que tiene gran importancia porque son muy abundantes debido a su tamaño pequeño y la posesión de esqueletos protectores.

Los ostrácodos pertenecen al gran Phylum de los artrópodos, un grupo que cuenta con numerosos representantes en la actualidad y en el pasado; son organismos adaptados a vivir en la región continental y en áreas acuáticas y se definen como microcrustáceos ampliamente distribuidos en el mar y en todos los tipos de agua dulce. En los ostrácodos las valvas son redondas o elípticas y su pared externa esta impregnada de carbonato de calcio, el registro fósil para este grupo se remonta desde el Cámbrico siendo que se han registrado alrededor de 10,000 especies fósiles y descrito más de dos mil especies en total de ostrácodos actuales.

Por las características litológicas, sedimentológicas y estratigráficas que presenta la Formación Atotonilco El Grande se interpreta que se acumuló en un ambiente lacustre. El origen de ésta se debió al cierre temporal del río Amajac donde la gravedad y precipitación pluvial actuaron de manera conjunta y ocasionaron una avalancha de materiales de grandes dimensiones que formaron una columna heterogénea de cuando menos 160 metros de espesor. La localidad de Sanctorum pertenece a la Formación Atotonilco El Grande, ha sido estudiada desde el punto de vista geológico y la litología de dicha formación se divide con base en sus características litológicas, en cuatro unidades mismas que en orden ascendente de la base a cima son: 1) Conglomerado, 2) Toba pumicitica, 3) Arcillas, limos y conglomerados y 4) Coladas de basalto.

Como resultado de la separación por tamaño, morfología, forma y número de impresiones musculares, se determinó la presencia de los géneros *Candona* (con las especies *C. patzcuaro* y *C. caudata*), *Darwinula* (con la especie *D. stevensoni*) y *Limnocythere* (con las especies *L. itasca* y *L. bradbury*); obteniendo una proporción de 2887 organismos juveniles y 329 organismos adultos totales de las muestras trabajadas.

La relación $m(\text{Mg}/\text{Ca})_v$ y $m(\text{Sr}/\text{Ca})_v$ de las conchas de los ostrácodos nos permitió la determinación de la temperatura que fue de 20.64 a 26.85 °C y la salinidad del lago respectivamente que estuvo entre el rango de 1150 a 3150 ppm ubicado como un lago dulceacuícola. El número de organismos de especies encontradas determinó que el lago fue dominado por *Candona patzcuaro* seguido de *Limnocythere bradburyi*, lo cual refuerza la teoría de que fue un lago de aguas estacionales.

INTRODUCCIÓN

MARCO TEORICO

De manera general, se asume que la actividad volcánica más importante de México comenzó en el Terciario Medio y se extendió hasta el Plioceno-Cuaternario. Durante el lapso Oligoceno-Plioceno tuvo lugar una intensa actividad volcánica compuesta por derrames lávicos andesíticos, ignimbritas, riolitas, dacitas y tobas intermedias y ácidas, las cuales afloran principalmente en las regiones de los Valles Centrales, Istmo y Mixteca.

Durante el Mioceno medio y hasta el Plioceno existieron grandes lagos en el centro de México, que abarcaron parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Estado de México. Aparentemente estos lagos fueron originados de manera similar a los actuales lagos de Chapala (actualmente el más grande del país), y el de Cuitzeo. Es decir, su origen estuvo controlado por fallamiento normal y por acumulación de materiales volcánicos que en un caso determinado pudieron haber cerrado el drenaje y formado las paleo-cuencas. Algunas evidencias geológicas expuestas consisten principalmente en depósitos lacustres con una amplia distribución intercalada con rocas volcánicas, ya sean lavas andesíticas o depósitos piroclásticos. En los depósitos lacustres se ha recuperado una extensa colección de vertebrados fósiles (fósiles índice).

El Plioceno es el último subsistema del Terciario y, con cinco millones de años, se ubica como el más corto de la escala estratigráfica. En el plano paleontológico, el Plioceno se caracteriza por una fauna y una flora casi idénticas a las actuales; más del 50% de especies son actuales, con una distribución geográfica diferente en función de los límites climáticos ligeramente diferentes (Meléndez, 1977).

En México, la paleogeografía del Plioceno es poco diferente de la geografía actual; los depósitos marinos de dicha época se encuentran únicamente al borde de las costas. De forma general, es posible reconocer: al oeste de México y de América Central, golfos dependientes del océano Pacífico; entre ellos el Golfo de California (Mar de Cortés), un vasto graben nacido hace 5 ma. de una distensión entre la península de Baja California y el continente norteamericano, sin por ello minimizar la importancia de los movimientos laterales diestros ligados al sistema de fallas de San Andrés. Al este, puesto que los contornos del golfo de México son prácticamente los mismos que los actuales debido a una regresión sensible, fenómenos de fracturación en horts y grabens, asociados a importantes desplazamientos laterales dan origen al mar Caribe actual por un proceso análogo al que da origen al mar Mediterráneo

Los climas son más cálidos que los actuales tal como lo testimonian la flora y la fauna de la región cuyo clima pertenece al subgrupo de climas templados subhúmedos con lluvias en verano "C(w2)". Se presentan temperaturas medias anuales que varían entre los 14 y 20°C y la precipitación media anual varía entre los 600 y 1000 mm, aunque son menos cálidos que en el Mioceno ya que los límites climáticos se han desplazado ligeramente hacia el Ecuador (Luna-Gómez, 1994).

En la zona de estudio aflora la Formación Atotonilco El Grande, la cual se encuentra sobreyaciendo discordantemente a las formaciones El Abra, Tamabra y Soyatal, así como también al Conglomerado Amajac (Fig. 6) y al Grupo Pachuca; su contacto superior es discordante con derrames basálticos. Por las características litológicas, sedimentológicas y estratigráficas que presenta la

TESIS CON
FALLA DE CUIZEO

Formación Atotonilco El Grande se interpreta que se acumuló en un ambiente lacustre.

El origen de ésta se debió al cierre temporal del río Amajac. La gravedad y precipitación pluvial actuaron de manera conjunta y ocasionaron una avalancha de materiales de grandes dimensiones, ya que se acumuló una columna heterogénea de cuando menos 160 metros de espesor. Al realizar el estudio estratigráfico de una secuencia podemos obtener información de las condiciones de depósito, energía del agente, y condiciones bajo las cuales se desarrollaron la flora y fauna que allí fosilizó. La localidad de Sancturum (Fig. 7) que pertenece a la Formación Atotonilco El Grande, ha sido estudiada desde el punto de vista geológico (Salvador 2001), la litología de dicha formación, puede dividirse con base en sus características litológicas, en cuatro unidades, mismas que en orden ascendente de la base a cima son: 1) Conglomerado, 2) Toba pumicitica, 3) Arcillas, limos y conglomerados y 4) Coladas de basalto; dándose la siguiente descripción de la columna:

En la "Columna Estratigráfica de Sancturum" (Fig. 1) se encuentra una secuencia de 10 unidades litológicas, el espesor total de la secuencia es de 70 metros. De 0.0 a 10 metros es la base de la columna y se observa un conglomerado de color negro al intemperismo y gris claro al fresco, sus clastos se componen de caliza en su mayoría, presentándose de subredondeados a subangulosos. De 10 a 14 metros se observa limolita y limolita arenosa, con un color al intemperismo negro y crema al fresco, que se observa en estratos de 50cm de espesor. Contiene líticos andesíticos y algunos cristales de feldespatos. En la lámina delgada se encontró influencia volcánica ya que esta compuesta de cristales de feldespatos y cuarzo; contiene también diatomeas centrales. De 14 a 29.5 metros se encuentran limolitas laminadas con espesor de 5 a 7 mm, se observan finos horizontes de arcilla de color blanco, las limolitas presentan lentes conglomeráticos con espesores de 80 cm que se adelgazan hasta 30 cm, con clastos de andesita y de caliza con tamaño de las arenas gruesas y matriz arcillosa. Existen también horizontes de aproximadamente 2 cm de espesor de material de color rojizo, en los cuales se observan cristales bien definidos de feldespatos en una matriz alterada (cenizas). De 29.5 a 40 metros, se encuentra un estrato tobáceo de 10 cm de espesor con abundantes cristales de feldespatos, contiene algunos líticos volcánicos y cristales de feldespatos, plagioclasas, calcita, pómez y materiales arcillosos. Su textura es epiclástica pelítica; se pueden observar horizontes delgados de yeso en forma de espato, intercalados en la secuencia anterior. De 40.1 a 56.6 metros, se encuentra en su base una toba cristalina de color negro de 1.4 cm de espesor, también se aprecian intercalaciones de una marga arenosa laminada, contiene líticos volcánicos de color rojizo y presenta cristales de plagioclasas. De 56.6 a 65.9 metros se observa una alternancia de lodolitas con margas de color ocre, se observan algunos fragmentos de andesitas redondeados y esféricos, contienen algunos cristales de feldespatos subangulosos, en la parte epiclástica sólo se observan minerales arcillosos y areniscas de grano fino color gris y de 65.9 a 70 metros se observan laminaciones de areniscas de grano fino y medio, contiene abundante materia orgánica intercalada con margas de color amarillo; por último se observa un horizonte de arenisca fina con un espesor de 15 cm en la que se aprecian laminaciones e intercalaciones de arcilla alterada de color blanco.

COLUMNA DE SANCTORUM, HIDALGO

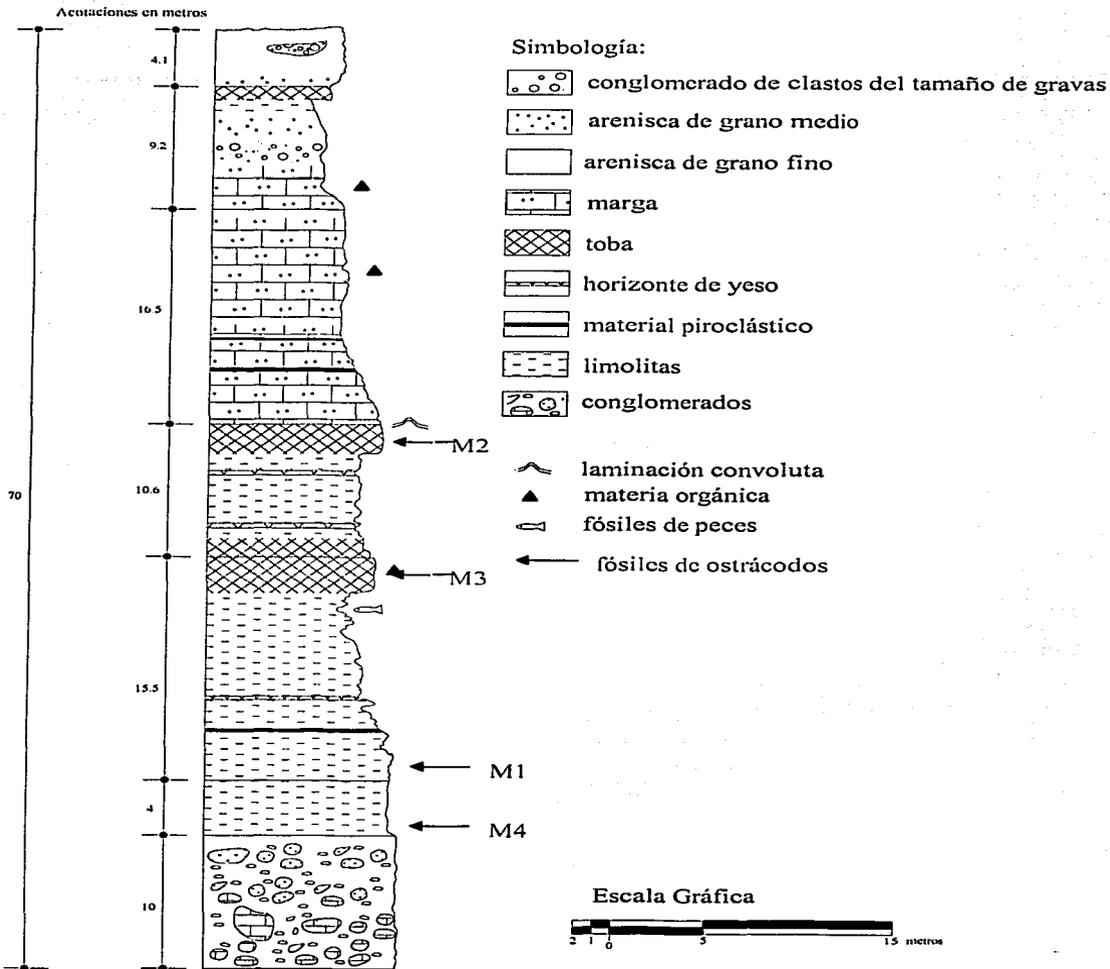


Figura 1. Secuencia de 10 unidades litológicas que conforman la estratigrafía de la zona de estudio.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En este sentido, los fósiles al ser evidencia de vida pretérita nos permiten obtener información de paleoambientes en este caso el Plioceno, esta información estará en función de su grado de conservación, número y factores limitantes, por lo que se dará una breve información de los siguientes aspectos.

La palabra **fósil** deriva de *fodere* (excavar) y de *fossilis* (obtener excavando). Se considera fósil cualquier evidencia directa (conchas, huesos, madera, esporas, semillas, etc.) o indirecta (galerías, coprolitos, gastrolitos, pistas de gusanos, depósitos minerales, etc.) de la vida del pasado geológico. Para determinar si se trata de un fósil, se ha fijado una antigüedad de 10 000 años, límite entre el Pleistoceno y el Reciente o entre la prehistoria y la historia. De tal manera, que si se encuentra un resto orgánico o una huella producto de su actividad biológica, con una antigüedad menor, se le considera como un subfósil, aun en el caso de que sea un organismo extinto (Buitrón, 1989)

Procesos de fosilización. La fosilización es el conjunto de procesos fisico-químicos que ocurren en un organismo después de su muerte, hasta transformarse en un fósil. Para que ocurra esto es imprescindible que un organismo tenga estructuras esqueléticas como los huesos y dientes de los vertebrados; las conchas o protecciones en los invertebrados y la madera en las plantas, pues las estructuras blandas rara vez fosilizan.

Otra condición es que el organismo al morir quede cubierto o protegido de agentes destructores del medio ambiente, entre los que están los cambios de temperatura, el viento, el oleaje, etc. (mecánicos); la acción destructora de bacteria, hongos, etc. (químicos). La fosilización depende también del sedimento que los cubrió en función del medio en que vivieron o quedaron sepultados (More y Pitrat, 1985).

Entre los fósiles se pueden distinguir dos tipos principales, los que conservaron todas las partes del cuerpo, es decir, el esqueleto y el tejido blando, y los que fosilizaron de manera parcial, fundamentalmente las partes esqueléticas. En el primer caso la conservación completa del organismo se debió a la momificación (deshidratación), congelación o inclusión en material aséptico (ámbar). La conservación parcial, sin alteración de los organismos, es más probable que se dé sobre las partes esqueléticas que ofrecen mayor resistencia a los agentes destructores del ambiente.

La mayoría de los fósiles se conservaron por la alteración de sustancias que originalmente constituían su cuerpo. Las formas de conservación más frecuentes son: el reemplazamiento.- donde no se conserva la sustancia original, pues es sustituida por otra del medio donde quedó sepultado el organismo, puede ser por calcio, sílice, piritita, hematita y carbón; moldes.- cuando el agua contiene ácidos en solución que pasan a través de los esqueletos, los disuelve y en su lugar queda un espacio vacío con las impresiones de su morfología externa o si el organismo es hueco se forman moldes internos que reflejan parte de la anatomía interna; huellas.- pisadas del recorrido de algunos animales que vivieron en las orillas de los pantanos ó en las playas; pistas.- huellas dejadas en la arena por el paso de animales que se atribuyen a gusanos, trilobitas, crustáceos o equinodermos, entre otros; los coprolitos.- excremento fosilizado y la petrificación o permineralización.- ocurre cuando un organismo muerto (**ostrácodos**, peces, anfibios, hojas e insectos) queda cubierto por el depósito continuo de los sedimentos en las zonas acuáticas (oceánicas, lagunares, etc.) y el agua junto con

sustancias disueltas en ella atraviesa los poros y los intersticios endureciéndolas de tal manera que mantienen una buena conservación (Buitrón, 1989).

Los restos de los organismos conservados en las rocas son la evidencia de la vida del pasado geológico, mostrando el curso de las modificaciones evolutivas de animales y plantas. De tal manera que se conocen los cambios que un grupo de organismos ha experimentado a través de un lapso determinado.

El estudio del proceso que abarca desde la acumulación de cadáveres hasta la fosilización es conocido como tafonomía, la cual necesita el conocimiento de aspectos de anatomía, morfología, ecología, sedimentología, bioquímica y geoquímica. La tafonomía estudia los procesos naturales de preservación y destrucción, aborda directamente el problema de cómo es que los fósiles representan organismos del pasado, patrones evolutivos y eventos biológicos importantes en la historia de la Tierra.

Otro aspecto que se va abordar en la tesis es el paleoecológico el cual trata de las interrelaciones de los organismos y el ambiente del pasado; la información que se obtiene de esta disciplina permite saber que tipo de ambientes terrestres y marinos podrían haber existido. De este modo los ostrácodos son microorganismos muy sensibles a los cambios ambientales. Pueden utilizarse como paleoindicadores de salinidad, temperatura e hidroquímica de sistemas costeros y de aguas interiores incluyendo aguas de irrigación (Palacios, 1994). El registro fósil aporta la historia a largo plazo los procesos (biológicos) de corto plazo, una de las contribuciones más importantes que la tafonomía puede hacer en el futuro es alentar más el intercambio entre los biólogos y paleontólogos proporcionando una conceptualización de los fósiles como muestras naturales, una metodología para descifrar cómo estas muestras representan la biología del pasado y preguntas nuevas que aprovechen la información única que se conserva en el registro fósil (Behrensmeier, 1982).

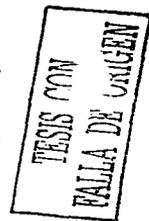
OSTRACODOS

Debido al tamaño que presentan (0.5-2mm), estos son estudiados por la micropaleontología; que se encarga del estudio de los organismos fósiles muy pequeños entre los que están los foraminíferos, radiolarios, diatomeas, además partes aisladas de organismos grandes como dientes y escamas de peces, espículas de esponjas y osículos de equinodermos, polen y esporas de plantas. El estudio de la micropaleontología tiene gran importancia porque casi todos los grupos actuales están representados en el registro fósil y, a demás, son muy abundantes debido a su tamaño pequeño y la posesión de esqueletos protectores (Buitrón, 1989).

Cuando se cuenta con numerosos representantes de los grupos se pueden llevar a cabo estudios muy completos entre ellos los estadísticos. El conocimiento de los microfósiles es utilizado en el control estratigráfico de las rocas con una aplicación en la prospección de minerales y de petróleo.

Los ostrácodos (Fig. 2) pertenecen al gran Phylum de los artrópodos, un grupo que cuenta con numerosos representantes en la actualidad y en el pasado. Son organismos adaptados a vivir en la región continental y en áreas acuáticas (Buitrón, 1989).

Los ostrácodos como se ha venido mencionando con anterioridad es el grupo a trabajar; se definen como: microcrustáceos ampliamente distribuidos en el mar y en todos los tipos de agua dulce. Se han descrito más de dos mil especies



Para la clasificación de los ostrácodos, no se puede utilizar simplemente la morfología de la valva que se ilustra en la figura 3 para definir los ordenes, superfamilias, familias, los criterios suelen ser diferentes para cada uno de los casos. La clasificación más reciente y que se utiliza en este trabajo es la de Holmes Jonathan A. y Chivas Allan R., 2002.

Clase: Ostracoda

Subclase: Myodocopa

Orden: Myodocopida

Suborden: Myodocopina

Superfamilia: Cypridinoidea

Superfamilia: Cylindroleberidoidea

Superfamilia: Sarsielloidea

Orden: Halocyprida

Suborden: Halocypridina

Superfamilia: Thaumatoocypridoidea

Superfamilia: Halocypridoidea

Suborden: Cladocopina

Superfamilia: Cladocopoidea

Subclase: Podocopa

Orden: Platycopida

Suborden: Platycopina

Superfamilia: Cytherelloidea

Orden: Podocopida

Suborden: Cytherocopina

Superfamilia: **Cytheroidea**

Superfamilia: Terrestricytheroidea

Suborden Bairdiocopina

Superfamilia: Bairdoidea

Suborden Cypridocopina

Superfamilia: Macrocypridoidea

Superfamilia: Pontocyproidea

Superfamilia: **Cypridoidea**

Suborden: Darwinilocopina

Superfamilia: **Darwinuloidea**

Suborden: Sigilliocopina

Superfamilia: Sigillioidea

Orden: Paleocopida

Suborden: Kirkbyocopina

Superfamilia: Puncioidea

TESIS COM
FALLA DE ORIGEN

El orden **Myodocopida** contiene a todos los ostrácodos planctónicos, las valvas de estos ostrácodos son subiguales, lisas u ornamentadas, el borde dorsal se presenta en forma de arco o recto, le borde ventral convexo y la segunda antena está modificada para la natación. Este orden surge también en el Ordovícico y llega hasta nuestros días

El orden **Halocyprida** se caracteriza ya que la composición de las valvas es ligeramente calcificada o estas mismas están completamente fosfatadas. Las valvas son alargadas.

El orden **Platycopida** se ubica desde el jurásico hasta el reciente. La forma de la charnela de las valvas es recta y gruesa compuesta de carbonato de calcio, la superficie de las valvas usualmente es lisa, el borde dorsal recto y las valvas tienden a ser desiguales.

El orden **Podocopa** surge también desde el Ordovícico hasta el reciente. El margen dorsal y ventral de las valvas de este orden es generalmente curvado, pero en alguna época fueron rectos, este margen es más corto que el total de la longitud total de los organismos. En este orden se han encontrado tres tipos de marcas de la cicatriz del músculo abductor.

Por último el orden **Paleocopida** existe desde el Ordovícico hasta el reciente. El margen dorsal de las valvas es largo y recto, la superficie puede ser lisa u ornamentada y presenta valvas bien calcificadas (Moore y Pitrat, 1985).

Los ostrácodos se determinan sobre todo en función de la forma, ornamentación superficial, disposición de los bordes, la zona marginal y la estructura de la concha, así como de las inserciones musculares.

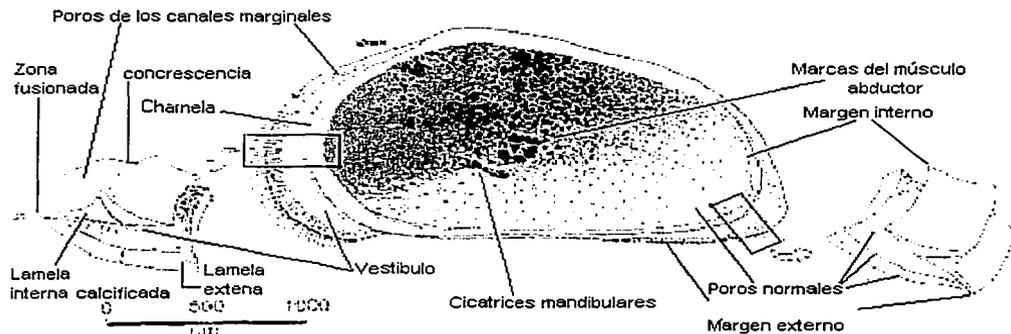


Figura 3. Vista interna de una valva derecha.

(Traducido de Holmes Jonathan A. y Chivas Allan R., 2002)

La **orientación del caparazón** para el estudio de los Ostrácodos fósiles es muy importante. Los criterios empleados son:

- En las formas paleozoicas el surco central se inclina hacia delante.
- En los post-paleozoicos las espinas, tubérculos, expansiones, etc., se dirigen hacia atrás.
- Salvo raras excepciones la parte redondeada de las valvas es la anterior y la atenuada la posterior.
- Las manchas o tubérculos oculares son siempre anteriores.
- En las formas bentónicas las impresiones musculares están situadas en la mitad anterior de cada valva.

En las formas primitivas paleozoicas la **charnela** es una simple ranura en la región dorsal de una de las valvas donde encaja el borde de la opuesta que puede ser liso o crenulado; pero este tipo sencillo evoluciona hacia otros más complicados diferenciándose los dos extremos en dientes y alvéolos.

Se distinguen tres tipos principales:

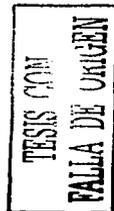
- Andonta, cuando el borde dorsal de una valva encaja en un surco de la contraria.
- Merodonta (taxodonta), con dos dientes distales crenulados separados por un surco en una de las valvas y en la contraria una arista crenulada terminada en dos alveolos.
- Anfidonta (heterodonta) como la anterior pero con otro diente en la parte anterior de la cresta crenulada que encaja en el correspondiente alvéolo de la valva opuesta (Barnes, 1985).

El **cambio de color** que presentan los ostrácodos a nivel de su caparazón (que varía de blanco a negro, pasando por rojo, café y otros) se debe principalmente a la alteración de la materia orgánica presente en esta, causada por cambios en la temperatura de las rocas donde estos se encuentran. Dicho cambio de color consiste en el oscurecimiento gradual de las caparazones de los ostrácodos fósiles. El cambio de color observado en los ostrácodos, está ligado al aumento gradual de la maduración termal de la materia orgánica contenida en sus valvas, inducida por el enterramiento litoestático y litodinámico, el cual genera presiones y temperaturas dentro de las rocas donde estos se encuentran, dando paso a procesos de carbonización de dicha materia orgánica.

El índice de alteración del color en los ostrácodos puede ser utilizado para muchas aplicaciones a nivel geológico; entre las que se encuentran la determinación de la paleotemperatura, la definición de procesos diagenéticos, entre otras (Ainsworth, et al., 1990).

Bioestratigrafía.- Los ostrácodos son ante todo fósiles característicos de determinadas facies sedimentarias: se encuentran asociados a las margas, calizas arcillosas o finamente arenosas; son raros en las areniscas y nunca se encuentran en las rocas detríticas más gruesas. En general las formas de caparazón liso son dulceacuícolas o planctónicas; viven sobre las plantas marinas o en fondos arenosos. En cambio las formas de caparazón grueso y ornamentado, son marinas y neríticas viviendo de preferencia sobre fondos limosos (Melendez, 1977).

Ecología.- Todos los ostrácodos son acuáticos: marinos o continentales; viven en regiones neríticas, litorales, estuarios, lagunas, ríos, lagos, charcas y hasta en las fuentes y estanques. Pueden ser planctónicos o bentónicos: los bentónicos marinos tienen caparazón bien calcificado que se conserva fósil con facilidad, en



cambio los planctónicos y dulceacuícolas tienen caparazón tenue y apenas calcificado por lo que sus fósiles son más escasos (Melendez, 1977).

Los ostrácodos tienen generalmente sexos separados encontrándose en ellos un dimorfismo sexual a veces muy acusado (Figura 4). Las valvas de los ostrácodos (hembra y macho) de una misma especie pueden mostrar una estructura notable, tamaño insignificante o pequeñas diferencias. En la hembra por ejemplo se nota una especie de bolsa en sus valvas en donde sostiene a la progenie, generalmente el caparazón del macho es más alargado que el de la hembra (Moore y Pitrat, 1985).

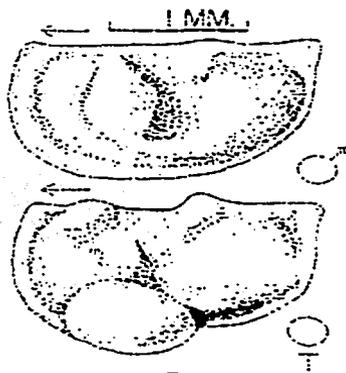


Figura 4. Dimorfismo sexual en el orden ostrácoda

(Moore y Pitrat, 1985).

Ontogenia y ecdisis del ostrácodo. En el caso específico de los ostrácodos se deben de considerar los estadios por los cuales estos organismos atraviesan antes de alcanzar el tamaño adulto, al igual que los insectos, los ostrácodos al ir creciendo presentan cambios de caparazón (ecdisis), durante este proceso (la ontogenia de los ostrácodos incluye de 8 a 9 mudas) el organismo adquiere y define las características propias de la especie y alcanza la madurez sexual en la última ecdisis (Figura 5) (Behrensmeyer, 1982).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

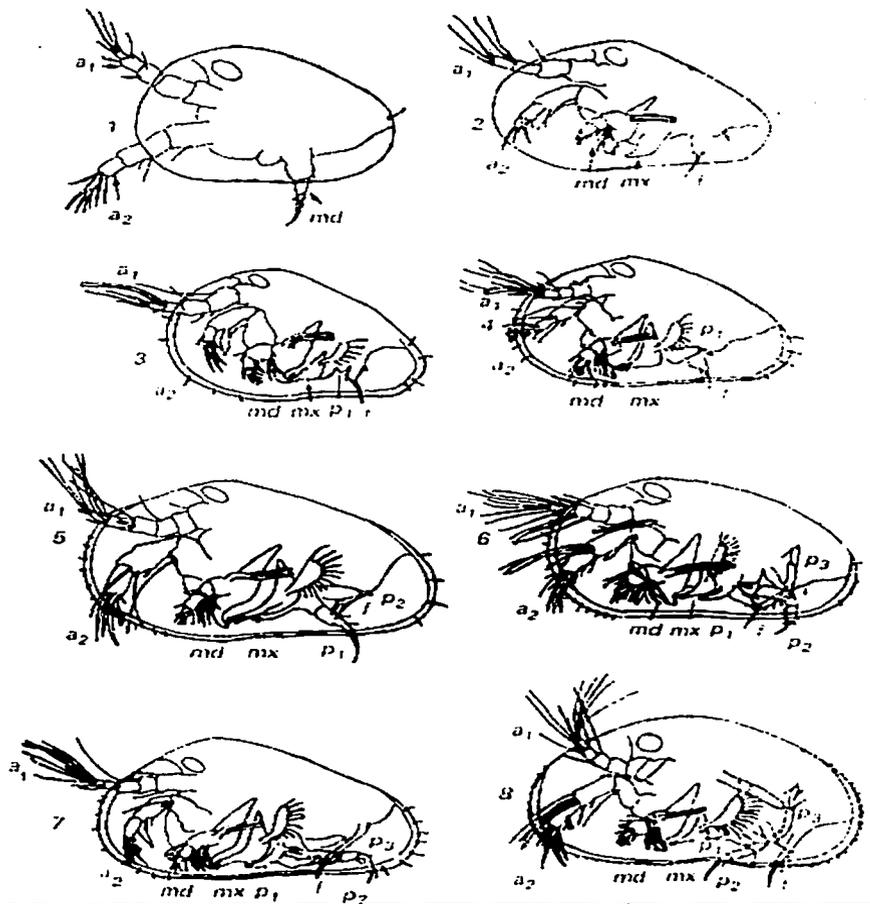


Figura 5. Etapas en el ciclo de vida de un ostrácodo. a) Salida de las larvas del huevo. b) Etapa 1. El primer paso es el reemplazo del huevo por una concha (valva), aparecen la primera y segunda antena como estructuras características del cuerpo. c) Etapa 2 a 7. Las valvas son despojadas y reemplazadas repetidamente por secreción después de cada etapa, las estructuras del cuerpo que se presentan previamente al inicio, son definidas y se van desarrollando con forme pasan las etapas de crecimiento. d) Etapa 8. Todos los apéndices se desarrollan completamente. e) Adulto. Desarrollo de los genitales alcanzando la madurez sexual, las valvas adquieren las características adultas. (a1 = 1er. antena; a2 = 2°. antena; mx = 1er. maxila; md = 2°. maxila; p1 = 1er. palpo mandibular; p2 = 2°. palpo mandibular; p3 = 3er. palpo mandibular y f = furca caudal).

(Behrensmeier, 1982)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los huevos desecados pueden resistir durante mucho tiempo y son transportados por el viento o por las aves en sus migraciones. Los ostrácodos pueden completar su ciclo de vida desde un mes a un año dependiendo de las especies y el hábitat; algunos factores que influyen en su ciclo de vida a parte de la temperatura del agua y la química pueden ser la estacionalidad, muchos de estos organismos muestran distribución latitudinal así que las mismas especies pueden llegar a la madurez en un tiempo más corto en bajas latitudes o estaciones más cálidas que a altas latitudes o estaciones más frías (Barnes, 1985).

Entre los **factores** que pueden **afectar** la presencia de ostrácodos, distribución y productividad, están: la temperatura, contenido de oxígeno en el agua, sustrato y tipo de alimento, además de profundidad, nivel de energía, turbidez y permanencia del cuerpo de agua, así como predación son también factores limitantes a las especies de Ostrácodos (Delorme and Zoltai, 1984; De Deckker y Forester 1988). La química del agua es también un factor importante para la supervivencia y los ciclos de vida de los Ostrácodos (Delorme 1969; Forester 1983).

En muchos lagos, la temperatura y química del agua están cercanamente acoplados al clima, muchas especies son altamente sensitivas a la variación de la temperatura como un factor determinante en la reproducción. La distribución latitudinal de muchos ostrácodos en el mundo puede sugerir que la temperatura ejerce el mayor control; de manera que existen especies estenotérmicas, es decir, restringidas a bajos rangos de temperatura, contrarias a las especies euritérmicas. La variación en la salinidad también es importante, ya que algunas especies son eurihalinas y muestran su sensibilidad a la salinidad en variaciones del espesor de los caparazones, estructura, ornamentación y tamaño, bajo diferentes salinidades (Palacios-Fest, 1996).

En el ambiente continental, los sedimentos de cuencas lacustres cerradas proporcionan excelentes archivos del cambio climático a través del tiempo. Las conchas de ostrácodos compuestas de calcita baja en magnesio (únicamente) capturan principalmente Mg y Sr del agua huésped en forma de elementos traza durante la calcificación del nuevo caparazón que se produce después de la muda de la concha anterior. Estos elementos traza pueden ser utilizados como indicadores paleoambientales (**Geoquímica**). La incorporación de elementos traza no sucede en estricto equilibrio termodinámico sino que resulta de mecanismos biocinéticos que a su vez responden a la temperatura ambiente y a la concentración de los sólidos disueltos totales en el agua; además de controlar de alguna manera la incorporación de elementos traza (Palacios-Fest 1996).

La **evolución** de los ostrácodos se realiza en el sentido de una progresiva complicación de la charnela y de la ornamentación de la concha durante el Mesozoico en las formas neríticas marinas.

Como en otros muchos grupos biológicos también los ostrácodos se acusa una época de crisis en el Permo-triásico en la que llegan a ser muy escasos; pero una vez superada tiene lugar una renovación de fauna con desarrollo general de los *Podocopa* a partir del Jurásico sobre todo en el Cretácico superior y en el Terciario.

La adaptación a la vida en las aguas dulces tiene lugar en el Carbonífero donde por primera vez encontramos el género *Darwinula*, de caparazón completamente liso asociado a las formaciones hulleras. En el Mesozoico los

Podocopa colonizan ampliamente las aguas continentales especialmente los *Cypridáceos* (Melendez, 1997).

La sucesión en el tiempo de los tres subordenes: *Paleocopa* – *Platycopa* – *Podocopa*, parece corresponder en términos generales a tres etapas de la evolución con significado **filogenético** pero no se trata de una evolución <<lineal>> sino que cada uno de estos tres grupos corresponde más bien a un grado evolutivo siendo acusadamente polifiléticos.

ZONA DE ESTUDIO

Esta se ubica en el Municipio de Atotonilco el Grande, Hgo., a aproximadamente a 34 km al Norte de la Ciudad de Pachuca entre las coordenadas 20°18'04" latitud norte y 98°46'59" longitud oeste a 1700 m.s.n.m. En esta región aflora la Formación de **Atotonilco el Grande**, que se caracteriza por los depósitos de material clástico derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región y que localmente están cubiertos o intercalados con derrames de basalto. La distribución de esta Formación (Figura 6) no es continua debido a que la erosión la ha removido parcial o totalmente el afloramiento de mayores dimensiones dentro del área, se extiende desde la parte Sur del pueblo de Atotonilco el Grande hasta el Paso Amajac; hacia el Oeste y hasta los límites Norte y Noroeste de la carta. Se tienen tres afloramientos de esta Formación mismos que se localizan uno en el valle de Santa María Amajac, el segundo corresponde a Sanctorum y el tercero en la Mesa Chica. Siendo Sanctorum nuestra localidad de estudio.

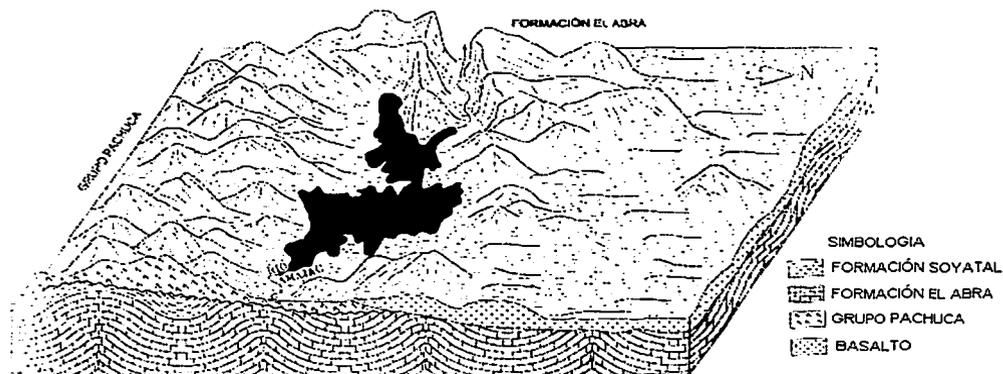


Fig. 6. Diagrama esquemático del Paleolago de Amajac.

(Salvador F. R. , 2001)

De acuerdo a su origen y con fines descriptivos los rasgos geomorfológicos de la Planicie aluvial de **Sanctorum** (Figura 7) se agrupa como relieve de rocas sedimentarias continentales. Esta se localiza en el poblado del mismo nombre y su origen se debe a la erosión de las rocas de la Formación de Atotonilco.

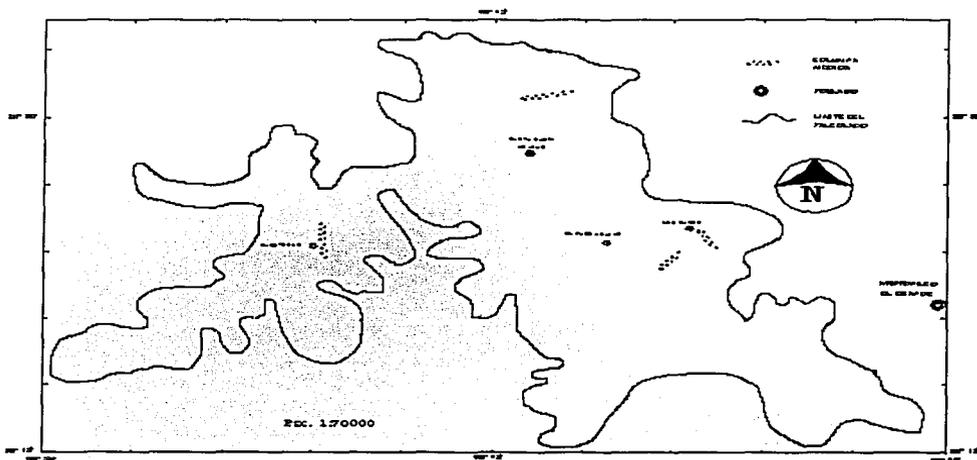


Fig 7. Mapa del Palcoalago en máxima inundación.

(Salvador F . R . , 2001)

La **litología** de dicha formación puede dividirse con base en sus características litológicas en cuatro unidades mismas que en orden ascendente de la base a cima son: 1) Conglomerado, 2)Toba pumicítica, 3)Arcillas, limos y conglomerados y 4) Coladas de basalto.

En el Valle de Sanctorum (Figura 8), la Formación Atotonilco El Grande está representada por un paquete de materia arcilloso-limoso, en capas horizontales cuyo espesor varía entre 10 y 30cm, su coloración varía entre pardo-amarillentos. Sobre este paquete se tiene una toba lítica constituida por fragmentos del tamaño de la grava, en una matriz de arenas finas los clastos están constituidos por fragmentos angulosos de riolita, andesita y vidrio en menor cantidad contiene fragmentos de caliza y basalto (Luna-Gómez, 1994).

De acuerdo al INEGI – 1992, el **clima** pertenece al subgrupo de climas templados subhúmedos con lluvias en verano “C(w2)”. Se presentan temperaturas medias anuales que varían entre los 14 y 20°C y la precipitación media anual varía entre los 600 y 1000 mm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el área se tienen dos tipos de **vegetación**: la porción sur del área tiene vegetación de tipo pastizal y la parte centro y norte tiene vegetación de tipo matorral según el Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo, INEGI – 1992. La vegetación que se encuentra en Atotonilco el Grande esta limitada a unos cuantos encinos y pinos mismos que aumenta en número a medida que nos acercamos a la Sierra de Pachuca y a especies de clima árido como el huizache, mezquite, nopal, maguey y garambuyo a medida que nos alejamos de la Sierra de Pachuca. La mayor parte de la mesa de Atotonilco el Grande corresponde a terrenos de sembradío en los que se cultiva maíz y frijol principalmente.

El relieve de la región expresa los procesos endógenos y exógenos que lo han formado y modelado. Los procesos endógenos más evidentes del área son de carácter tectónico y volcánico, en tanto que los procesos exógenos se manifiestan mediante la acción de los agentes de intemperismo y erosión que alteran a las masas rocosas, transportan detritos y los depositan rellenoando depresiones (Luna-Gómez, 1994).

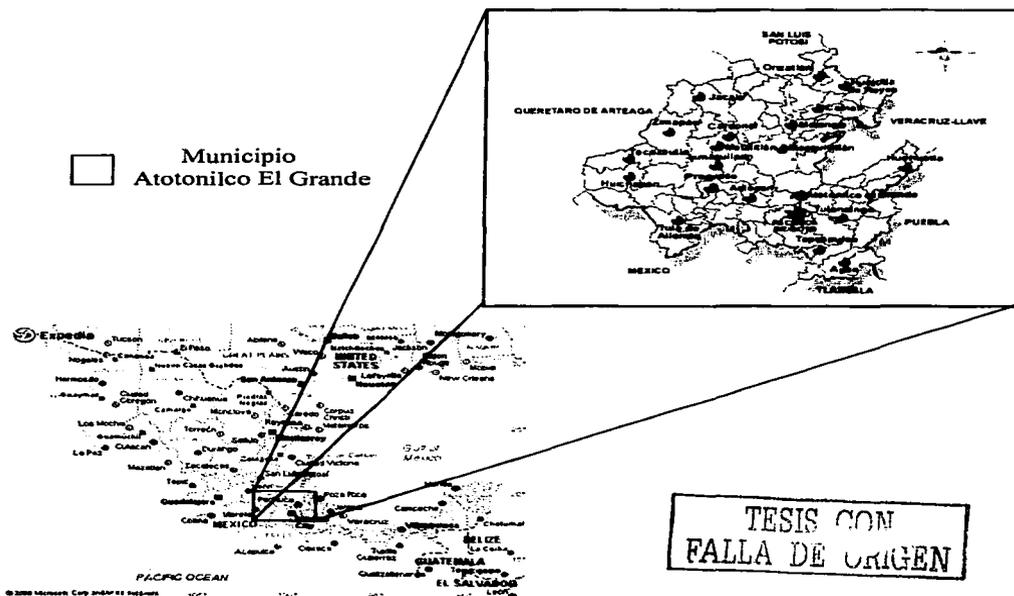


Figura 8. Mapa que señala la ubicación geográfica de la zona de estudio.

(INEGI, 1992)

JUSTIFICACIÓN

Los ostrácodos no marinos en México han recibido muy poca atención y por lo tanto son prácticamente desconocidos sólo se han mencionado ocasionalmente, en México han sido estudiados del Terciario (Misantla) y del Plioceno de Baja California (*Neonesidea*, *Cytheretta*, *Cushmanidea*, *Cytheropteron*, *Archocythereis*; Buitrón, 1989), correspondiendo la mayoría a ostrácodos recientes y muy pocos referidos a los depósitos cuaternarios e incluso son los más antiguos que existen en México. Uno de los primeros informes que puede documentarse es el que se refiere a la presencia del género *Cypris* en pozos artesianos del Valle de México, considerado como fósil; una gran contribución al conocimiento de los ostrácodos no marinos es la de Furtos en 1936 que comprende la descripción de numerosas especies; recientemente Forester (1985) describió de sedimentos recientes del Lago de Patzcuaro, Michoacán, una nueva especie *Limnocythere bradburyi* en su trabajo discute los aspectos limnológicos y climatológicos en los cuales tiene un óptimo desarrollo y aporta elementos indispensables para interpretar el paleoambiente en el cual vivió (Carreño, 1990). Recientemente Palacios-Fest M. et al (2002) realizaron la reconstrucción paleoambiental de la Laguna Babicora en Chihuahua, basados en las asociaciones faunísticas de ostrácodos y la química de la concha de las especies encontradas.

Para la zona de estudio, al carecer de registros de este grupo se aportará información taxonómica y paleoecológica de los géneros. Por lo que esta tesis permitirá incrementar el registro de géneros para México y conocer más a cerca de la paleoecología de las especies.

HIPOTESIS

La Formación Atotonilco el Grande por las determinaciones paleobotánicas, estudios estratigráficos y por el tipo de fauna encontrado se deduce que se trata de un ambiente lacustre. Por lo tanto se espera que los taxa encontrados correspondan a aguas dulces o de baja salinidad y que la geoquímica de las conchas de los ostrácodos nos permita conocer los datos cuantitativos de la paloesalinidad y paleotemperatura.

OBJETIVOS

- Identificar y cuantificar los estadios juveniles y adultos de los ostrácodos presentes en Sanctorum, Hidalgo, así como distinguir el sexo de los mismos.
- Determinación taxonómica de los ostrácodos fósiles encontrados.
- Revisión de la morfología de los ostrácodos fósiles encontrados.
- Proponer las condiciones ambientales del lago con los datos obtenidos de la geoquímica de las conchas de los ostrácodos analizados.

METODOLOGIA

REVISION BIBLIOGRAFICA

Se realizó la revisión bibliográfica de la Clase Ostrácoda particularmente en organismos dulceacuícolas, así como en el registro fósil del Terciario de este grupo, haciendo énfasis en la biología y diagnóstico tanto en organismos fósiles como en actuales.

TRABAJO EN CAMPO

Se llevaron a cabo un total de 8 salidas a campo a la Formación Atotonilco el Grande en el Estado de Hidalgo. Las salidas a campo se dividieron en 2 y 3 días de duración (4 salidas de 3 días y 4 salidas de 2 días), como resultado un total de 240 horas de trabajo en campo.

Se extrajeron lajas de tobas y limonitas a diferentes profundidades de la Formación específicamente en la localidad denominada Sanctorum, donde se fueron estableciendo mediciones del grosor de las lajas y la distancia entre una y otra muestra, además de la descripción de las laminaciones que se encontraron entre las muestras extraídas.

Para la extracción de cada una de las muestras se necesitó de un martillo de geólogo para despejar un área de 70 cm de diámetro aproximadamente, sobre las laminaciones superiores que no nos interesaban debido a que era nula presencia de ostrácodos; de espátulas de acero para poder obtener cuidadosamente las muestras convenientes; brochas y cepillos con los cuales se limpió el material que anteriormente se quedo de las laminaciones no interesadas.

Una vez obtenidas las muestras, se marcaron y registraron los datos antes mencionados y se colocaron envueltos en papel higiénico en cajas de cartón para su transporte y protección.

TRABAJO DE LABORATORIO

Se observaron dichas lajas en el laboratorio con ayuda de un microscopio estereoscópico para confirmar la presencia de ostrácodos fósiles. Una vez confirmada la presencia de estos se pesaron 100g de cada muestra para ser tratados y analizados; estos 100g se remojaron en agua durante 3 días, con el fin de que la roca se disgregara para tamizarse. Las muestras se trabajaron con mucho cuidado ya que los fósiles por su tamaño y composición llegan a ser muy frágiles fracturándose muy fácilmente.

Se tamizaron cada una de las muestras por separado en mallas de diferente tamaño (0.4, 0.13, 0.18, 0.25 y 0.60 mm de diámetro). El sedimento que quedó en cada uno de los tamices se pudo transferir a pequeños envases marcados para que se secara a temperatura ambiente.

Ya secas las muestras el sedimento de cada tamiz se observó al estereoscopio para la separación de los ostrácodos fósiles en el cual se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

vació un poco de sedimento de cada uno de los tamices por separado en una caja petri, de cada sedimento se extrajeron los ostrácodos con la ayuda de un fino pincel húmedo de cerdas muy suaves y una de las mismas más grande, los ostrácodos separados del sedimento se colocaron en cámaras de separación.

De cada uno de los tamices se extrajeron 300 ostrácodos, de la forma antes mencionada. Una vez separados y colocados los ostrácodos en las cámaras, se agruparon de acuerdo a su morfología para su descripción morfológica, identificación de los estadios juveniles y adultos y el sexo.

Una vez distinguida la morfología, el estadio y el sexo de los fósiles, éstos se pegaron con goma de tragacanto en las cámaras de separación colocando en uno de los cuadros una valva derecha de una hembra y macho, una valva izquierda de una hembra y un macho además de una valva mostrando la parte interna; en el cuadro siguiente se colocó un ostrácodo adulto, un juvenil y un caparazón completo.

Posteriormente con ayuda de comparaciones de las diagnosis se determinó la especie a la que pertenecen los fósiles de los ostrácodos encontrados.

Para llevar acabo la geoquímica de las conchas, se eliminaron los residuos quitinosos y otras adherencias, sumergiendo 15 valvas de cada especie en una solución de peróxido de hidrógeno al 5% a temperatura ambiente durante 30 minutos y con un pincel se quitaron cuidadosamente los residuos que aún quedaron adheridos en las valvas (para los estudios de geoquímica solamente se utilizaron valvas de las muestras 1 y 4).

Posteriormente se enjuagaron con agua destilada (18M Q)*, se pesaron cada una de las valvas usando una balanza electrónica Cahn 29 ($\pm 0.002g$)* y se disolvieron en 3 ml de una solución de HNO_3 destilado al 1% * y finalmente se determinaron las concentraciones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Sr^{2+} por espectrometría de plasma inducido (ICP-MS) para cada una de las conchas*.

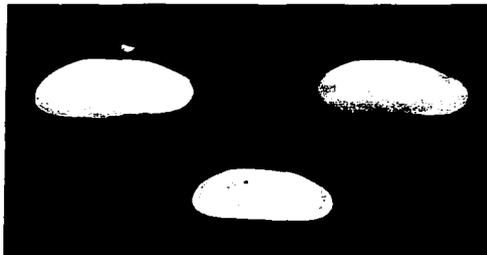
*Estudios realizados en Tucson, Arizona (USA)
gracias a la ayuda de Terra Nostra Earth Sciences Research,
con la colaboración del Dr. Manuel R. Palacios-Fest.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESULTADOS Y DISCUSION

Como resultado de la separación por tamaño, morfología, forma y número de impresiones musculares, se determinó la presencia de los géneros *Candona* (con las especies *C. patzcuaro* y *C. caudata*), *Darwinula* (con la especie *D. stevensoni*) y *Limnocythere* (con las especies *L. itasca* y *L. bradbury*). A continuación se describen los ostracodos de cada una de las especies con los caracteres identificados en las valvas fósiles extraídas de las diferentes especies que son fundamentales para la determinación de cada una de estas:

***Candona patzcuaro*:** Habita en lagos y estanques permanentes o efímeros, con salinidades de 200 a 5000 ppm (Palacios-Fest, 1994). En esta especie como se muestra en la figura 9, la parte anterior de la concha es puntiaguda y la posterior es redondeada (en vista ventral), especialmente en las hembras el dorso es arqueado y la región ventral es cóncava. La región anteroventral del macho posee una muesca y la posteroventral es obtusa; el margen anterior es redondeado; región posterior en la hembra es truncada y la del macho es ampliamente redondeada. La superficie de la valva es lisa. *C. patzcuaro* tiene una distribución norteamericana. Tiene 6 marcas abductoras en la parte media anterior más cercanas al borde dorsal, de las cuales 1 es más grande y esta por arriba de las 5 restantes. Esta especie necesita de 3 meses para poder llevar a cabo completo su ciclo de vida (Palacios-Fest, 1994). Las variaciones en las dimensiones del tamaño de la valva en la hembra son: largo de 0.99 mm a 1.20 mm, ancho de 0.56 mm a 0.68 mm. En el macho el largo varía de 1.12mm a 1.35 mm y el ancho de 0.66 mm a 0.79 mm. (Delorme L. D., 1970).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig 9. Fotografía de *Candona patzcuaro* (aumento 4x). Arriba izquierda hembra (valva izquierda), arriba derecha macho (valva izquierda), abajo interior de la valva.

***Candona caudata*:** Se encuentra comúnmente en riachuelos y en lagos profundos, es de distribución mundial y a una temperatura de 20°C completa su ciclo de vida en solo 3 meses (Delorme L. D., 1970). Como se observa en la figura 10, las hembras en vista lateral la concha es elongada con altura máxima no igual

a la mitad de la longitud y se presenta a 1/3 del borde posterior. El margen dorsal es ligeramente convexo, se inclina hacia el margen anterior y más inclinado hacia el posterior. El margen anterior uniformemente redondeado, el margen posterior al empalme con el margen ventral forma ángulos distintos lo que parece una proyección separada, el margen ventral distintivamente cóncavo. En vista dorsal, la concha es elongada-oval con bordes anterior y posterior extensamente puntuados, la valva izquierda se superpone distintivamente de la derecha anterior y posteriormente. La anchura máxima se presenta a la mitad de la concha y es casi igual a 2/5 partes de la longitud (Bronshstein, Z. S., 1988). Presenta 6 marcas abductoras formando un círculo en la parte media anterior cerca del borde dorsal. Las variaciones en las dimensiones del tamaño de la valva en la hembra son: largo de 1.19 mm a 1.34 mm, ancho de 0.54 mm a 0.66 mm. En el macho el largo varía de 1.30 mm a 1.32 mm y el ancho de 0.63 mm a 0.66 mm (Delorme L. D., 1970).



Fig 10 . Fotografía de *Candona caudata* (aumento 4x). Arriba izquierda hembra (valva izquierda) , arriba derecha macho (valva izquierda), abajo interior de la valva.

***Darwinula stevensoni*:** No pone sus huevos en el agua; el desarrollo de los huevos hasta la apariencia de larva toma lugar dentro de la concha donde pueden siempre ser encontrados de 5 a 7 huevos dentro de la concha de una hembra adulta. El hábitat típico de esta especie es la parte superior de los lagos y riachuelos permanentes, con salinidades de 50 a 2000 ppm (Palacios-Fest 1994). Tiene 11 marcas abductoras ordenadas formando un círculo en la parte media anterior muy cercanas al borde dorsal. Como se muestra en la figura 11, el borde dorsal y ventral es recto, y la parte anterior y posterior son redondeadas, siendo más pequeña la anterior. Hay un registro de estas especies de musgo húmedo. La presencia de estas especies en cuerpos de agua de Java y Sumatra, y como menciona Klie, también en pequeños cuerpos de agua estacionales (mas de 6 meses, ya que es el tiempo que necesita para cumplir su ciclo de vida) y camas de lago, predominantemente en la región litoral, indica una naturaleza euritermica. (Bronshstein, Z. S., 1988). Solamente se conocen hembras. Las

variaciones en las dimensiones de las valvas son: el largo varía de 0.66 mm a 0.83 mm y el ancho de 0.28mm a 0.35 mm (Delorme L. D., 1970).



Fig 11. Fotografía de *Darwinula stevensoni* (aumento 4x). Arriba derecha valva izquierda arriba izquierda interior de la valva.

Limnocythere itasca: La forma de la valva es subtrapezoidal; en vista ventral la parte anterior es aguda y aplanada mientras que la región posterior es redondeada. La región dorsal es de lisa a ligeramente cóncava, el margen anterior redondeado, en la hembra la parte posterior es subtruncada y en el macho redondeada y ancha como se demuestra en la figura 12. La superficie de la valva es reticulada, siendo la zona marginal moderadamente ancha, estriada y aplanada. Presenta 4 marcas abductoras en columna en la parte central y media posterior, rodeada por otras 4 más pequeñas. Las variaciones en las dimensiones del tamaño de la valva en la hembra son: largo de 0.61 mm a 0.76 mm, ancho de 0.31 mm a 0.40 mm. En el macho el largo varía de 0.64 mm a 0.79 mm y el ancho de 0.31 mm a 0.43 mm (Delorme, L. D., 1971).



Fig 12. Fotografía de *Limnocythere itasca* (aumento 4x). Arriba izquierda hembra (valva derecha), arriba derecha macho (valva derecha), abajo interior de la valva.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Limnocythere bradburyi: El caparazón es muy calcificado, de forma subcuadrante a suboval, y débilmente esculpido. Ocasionalmente con tubérculos y generalmente con un pronunciado surco en cada valva.

El área marginal es relativamente ancha, atravesada por pocos canales rectos pero dispersos. Como se observa en la figura 13, el vestibulo anterior es pequeño o no está presente. Las marcas musculares centrales consisten en una fila vertical de cuatro marcas abductoras y una anterior en forma de "V". La charnela es débil. El género *Limnocythere* es cosmopolita. Las variaciones en las dimensiones del tamaño de la valva en la hembra son: largo de 0.59 mm a 0.72 mm, ancho de 0.44 mm a 0.54 mm. En el macho el largo varia de 0.77 mm a 0.92 mm y el ancho de 0.57 mm a 0.68 mm (Bronshtein, Z. S.,1988).



Fig 13 . Fotografía de *Limnocythere bradburyi* (aumento 4x). Arriba izquierda hembra (valva derecha) , arriba derecha macho (valva derecha), abajo interior de la valva.

Las composiciones del soluto de los lagos indican que el ión sodio es el más dominante, y el $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, el Cl^- son los aniones dominantes. El K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} son bajos relativos al sodio, y la cantidad de sulfato es variable.

Las proporciones relativas de cationes y aniones son el resultado de productos de rocas volcánicas y la concentración de evaporita de los lagos. En esta región la evaporación resulta en minerales tales como la calcita estando precipitadas en solución, la cual disminuye el soluto de calcio y se enriquecen en $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ (Bronshtein, Z. S.,1988). Estos lagos son grandes, someros y de fondo plano. El agua esta frecuentemente turbia por el sedimento suspendido y es relativamente opaca. Su fino sustrato es inestable y relativamente fluido, estos factores limitan la cantidad de macrofitas en desarrollo pero pueden tener una productividad algal por mantenimiento de nutrientes en el agua. Similarmente la naturaleza turbia de estos lagos es por que presentan abundante materia orgánica en suspensión, la cual puede disminuir la cantidad de oxígeno disuelta en el agua a través de la oxidación. Dado que los lagos son muy someros, la temperatura del agua esta en equilibrio con la atmósfera, cada uno de estos lagos puede ser considerado como temporal. Finalmente, todos estos lagos son sistemas

hidrograficamente cerrados que tienen sus niveles de agua mantenido por el drenaje interno del flujo de la superficie, precipitación directa o por manantiales.

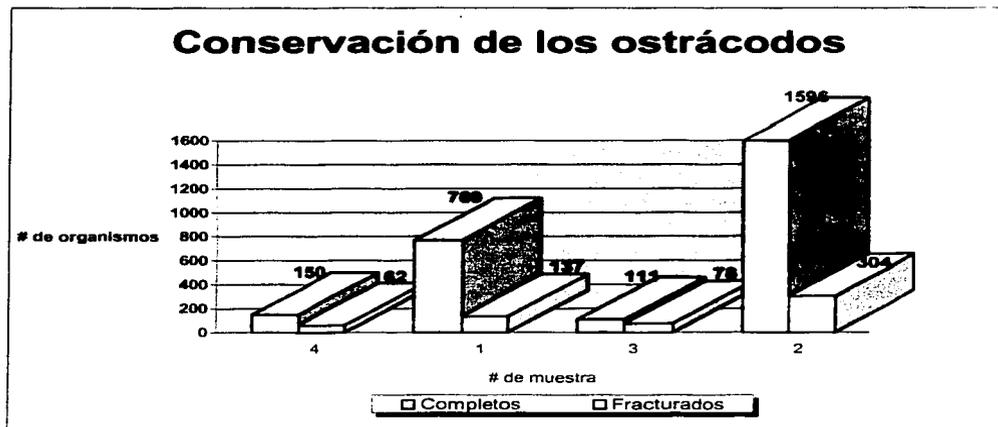
Una vez identificadas las especies, se agruparon en la tabla 1 la cual muestra el número y porcentaje de organismos de las especies encontradas a diferentes profundidades, donde se puede observar que la especie dominante es *Candona patzcuaro* seguida de *Limnocythere bradburyi*, la asociación de estos dos géneros indica que le la estancia del lago era prolongada, en este sentido, la presencia de *Darwinula stevensoni*, también indica que la estancia del paleolago de Amajac era permanente (estacional) ya que esta especie necesita de 6 meses como mínimo para llevar a cabo completo su ciclo de vida (Bronstein, Z. S., 1988).

Muestra	Estrato	Profundidad	Población total	Productividad (Ind/g)	<i>C. patzcuaro</i>		<i>C. caudata</i>		<i>L. bradburyi</i>		<i>L. itasca</i>		<i>D. stevensoni</i>	
					#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
2	Tobas	38 m	1900	19	1116	58	89	4.68	414	21.78	70	3.68	211	11.1
3	Tobas	34 m	189	1.89	77	40.74	17	8.9	70	37.03	12	6.34	13	6.87
1	Limolitas	16 m	906	9.06	474	52.31	209	23.06	98	10.81	22	2.42	103	11.36
4	Limolitas	12 m	212	2.12	98	46.22	26	12.26	58	27.35	17	8.01	13	6.13
totales					1765		341		640		121		340	

Tabla 1 (Faunística) muestra el número de organismos por especie a diferente profundidad de la columna

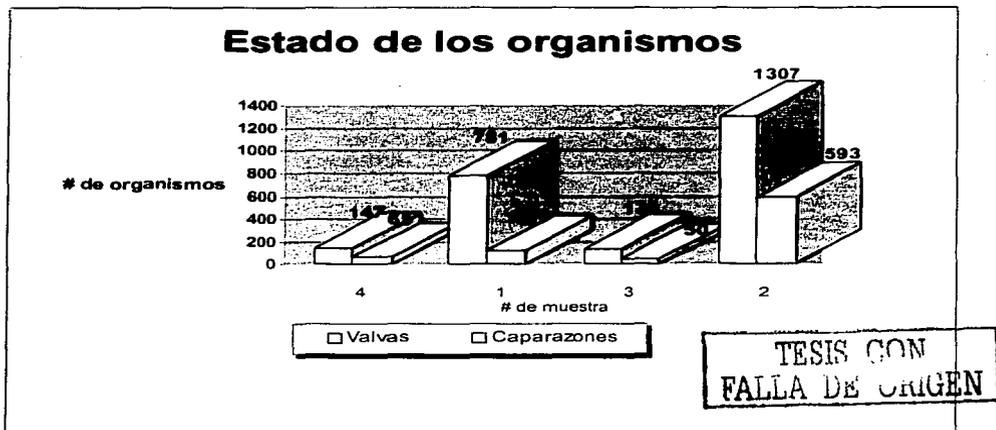
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los resultados del **análisis estadístico** de las diferentes muestras y especies se muestran a continuación:



Gráfica 1. Conservación de los ostrácodos. Se compara el estado de conservación de los ostrácodos, en función del número de organismos completos contra organismos fracturados. En primera instancia se observa que existieron 2 edades óptimas para las poblaciones, que están representadas por las muestras 1 y 2. La muestra 1 (tomada de los 14 a 16 m) presenta pocos organismos fracturados y se interpreta como una zona de baja energía, lo cual se ve reflejado en el alto número de organismos completos. En la muestra 2 (tomada de los 38 a 40 m), la proporción de organismos completos aumenta considerablemente en comparación con la muestra 1, ya que está compuesta de tobos, quienes tendieron a acidificar el pH del agua, pudiendo ocasionar una gran mortandad de los organismos, además estas rocas contienen un alto contenido de sílice que permitió a las conchas silicificar y quedar preservadas de esta manera; la columna estratigráfica a mayor detalle, indica la presencia de 3 horizontes de yeso (alta evaporación y que son ambientes letales para los ostrácodos), previos al estrato donde se colectó la muestra 1, lo que pudo haber ocasionado un cambio en la salinidad y esta a su vez afectar de manera negativa a las poblaciones de ostrácodos, esto se ve apoyado al contar los horizontes de yeso previos a las muestras 3 y 4 (5 horizontes de yeso) y como se mencionó anteriormente son ambientes no propicios para los ostrácodos debido a que son organismos muy sensibles a los cambios drásticos en la composición del agua.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Gráfica 2. Estado de los organismos. Indica el estado de los ostrácodos encontrados, en función del grado de desarticulación de las valvas. Como se puede observar las proporciones de valvas desarticuladas y caparazones completos es muy similar en cada una de las muestras, lo cual sugiere una asociación de vida, sumado a esto también se pueden reconocer valvas de diferentes tamaños (etapas de crecimiento) en las muestras, lo cual refuerza la teoría de una asociación de vida de acuerdo con De Deckker (1988). La preservación de caparazones completos en cada una de las muestras resulta de un ambiente caracterizado por poseer baja energía y haber ocurrido un enterramiento rápido.

El pobre estado de conservación de las conchas es de tipo diagenético y esta población es el resultado de condiciones estresantes para los organismos, tales como el pH ácido representado por las tobas y las evaporaciones representadas por los horizontes de yeso.

Conforme a la columna estratigráfica la secuencia que se tiene indica asociaciones de vida que alcanzaron su máximo en la muestra 2, también indica que los organismos fueron transportados (alóctonos) y las consecuencias de acidez limitaron la presencia de ostrácodos). *Candona* es el género mejor conservado y predominante, debido a que se encuentra asociado con *Limnocythere* se puede inferir que el Paleolago de Amajac fue un cuerpo de agua permanentes y/o estacional ya que la asociación de estos dos géneros brinda esta característica a cuerpos de agua que existen en la actualidad. Por otro lado las especies presentes indican que la salinidad del lago se podría encontrar en un rango de 50 ppm (indicado por *Darwinula stevensoni*) y 5000 ppm (indicado por *Candona patzcuaro*) de acuerdo con Palacios-Fest (1994).

La muestra 2 fue colectada en tobas donde *Candona* es el mejor representado, debido principalmente a que fueron encontrados en rocas con alto contenido de sílice, que permite el rápido proceso de fosilización y la silificación de las valvas.

En esta muestra *Limnocythere* aunque es un género de menor talla que los otros dos pudo conservarse de mejor manera en este tipo de roca en comparación con la muestra anterior. El incremento de *Limnocythere* podría reflejar un cambio en las condiciones ambientales, debido a que este género responde a una creciente salinidad u otros cambios hidroquímicos que lo favorecen. Al contrario *Darwinula* que de los pocos organismos encontrados estos también presentan una pobre conservación y al no poder soportar concentraciones altas de salinidad disminuye el número de organismos encontrados. Por otro lado *Darwinula* casi nunca es un género dominante, esto posiblemente debido a su largo ciclo de vida y su presencia sugiere un cuerpo de agua estacional (Bronshstein, Z. S., 1988).

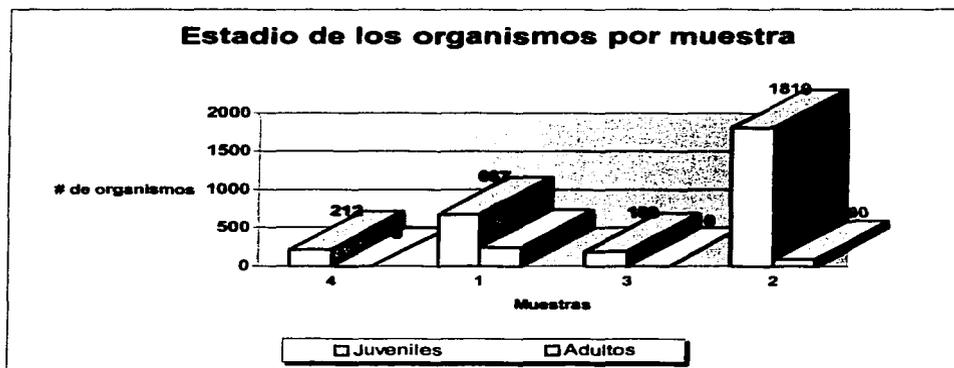
En la muestra 4 aumenta el número de organismos de *Limnocythere*, debido principalmente a que fueron encontrados en rocas limolitas, que permitieron que el proceso de fosilización fuera mas rápido y que el material se conservara de una mejor manera, característica que indica que el paleólogo se encuentra después de un periodo de evaporación.

La presencia de valvas desarticuladas o caparazones completos en los géneros encontrados. En *Candona* se observa que pocos son los organismos que presentan caparazones completos, debido esto a dos factores; que antes de comenzar el proceso de fosilización ambas valvas se separaron o que fueran acarreados muertos, proceso que favorece la desarticulación de las valvas, característica que comparte con *Darwinula*. Por otro lado *Limnocythere* al haberse encontrado caparazones completos se puede inferir que este género se desarrollaba en este estrato y que no fue acarreado sino que ahí vivió (autóctono) y que el enterramiento de sus conchas fue muy rápido.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Gráfica 3. Total de organismos por muestra. Se observa que en las cuatro muestras *Candona* es el género que se encuentra en mayor proporción, esto debido a que este género es de amplia distribución, desde aguas poco profundas hasta aguas muy profundas, el número de individuos va aumentando conforme aumenta la profundidad del lago, característica que comparte con *Limnocythere*, el cual también encontramos con mayor frecuencia mientras mas nos acercamos hacia la parte más profunda del paleolago de Amajac, por otro lado el género *Darwinula* presenta mayor número de individuos en la zona menos profunda del lago y su número disminuye cuando aumenta la profundidad del lago hasta que en las muestras 3 y 4 se mantiene constante el número de organismos.



Gráfica 4. Estadio de los organismos por muestra. Representa la proporción entre organismos juveniles y adultos totales de cada una de la muestras, observando que solo la muestra 1 tiene un gran número de organismos adultos

debido al proceso diagenético que sufrieron estos al estar en una zona de baja energía, preservándose la mayoría completamente al estar en esta parte del paleolago un alto contenido de sílice además de que el género *Lirnocythere* es bentónico y se reproduce en un tiempo muy corto. Mientras que en las muestras restantes no hubo un número considerable de organismos adultos debido a los cambios físicoquímicos que se presentaron en los respectivos tiempos de cada una de las muestras correspondientes.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON
FALLA DE CARGEN

GEOQUÍMICA DE LA CONCHA DE OSTRÁCODOS

Ostrácodo (especie)	Peso de la Valva μg	[Ca] (ng/ml)	[Mg] (ng/ml)	[Sr] (ng/ml)
<i>L. bradburyi</i>	5.8	234	6.6	0.207
<i>L. bradburyi</i>	15.4	624	18.51	0.994
<i>C. caudata</i>	2.8	118	1.48	0.091
<i>C. patzcuaro</i>	54.4	2310	22.47	3.2
<i>C. patzcuaro</i>	34.2	1425	16.26	2.5
<i>L. itasca</i>	18.1	781	17.82	1.96
<i>L. itasca</i>	54.9	2343	86.47	4.81

Ostrácodo (especie)	Ca μg en valva	Mg μg en valva	Sr μg en valva	Mg ppm	Sr ppm
<i>L. bradburyi</i>	0.23	0.0065	0.0002	11250	353
<i>L. bradburyi</i>	0.62	0.0183	0.0010	11835	636
<i>C. caudata</i>	0.11	0.0014	0.0001	5017	308
<i>C. patzcuaro</i>	2.17	0.0211	0.0030	3881	553
<i>C. patzcuaro</i>	1.37	0.0156	0.0024	4552	700
<i>L. itasca</i>	0.72	0.0164	0.0018	9095	1000
<i>L. itasca</i>	2.19	0.0808	0.0045	14717	819

Ostrácodo (especie)	Ca {moles}	Mg {moles}	Sr {moles}	m(Mg/Ca) _v (moles)	m(Sr/Ca) _v (moles)
<i>L. bradburyi</i>	5.76E-09	2.68E-10	2.14E-12	0.0466	0.0004
<i>L. bradburyi</i>	1.54E-08	7.52E-10	1.02E-11	0.0490	0.0007
<i>C. caudata</i>	2.83E-09	5.86E-11	8.97E-13	0.0207	0.0003
<i>C. patzcuaro</i>	5.42E-08	8.70E-10	3.05E-11	0.0161	0.0006
<i>C. patzcuaro</i>	3.41E-08	6.41E-10	2.41E-11	0.0188	0.0007
<i>L. itasca</i>	1.80E-08	6.77E-10	1.80E-11	0.0377	0.0010
<i>L. itasca</i>	5.46E-08	3.33E-09	4.42E-11	0.0609	0.0008

Tabla 2. Muestra datos obtenidos por espectrometría de masas de plasma inducido (ICP-MS) realizadas en Terra Nostra Earth Sciences Research, Tucson, Arizona, USA, con la colaboración del Dr. Manuel R. Palacios-Fest.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Las concentraciones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Sr^{2+} en las conchas de los ostrácodos de las especies *L. bradburyi*, *L. itasca*, *C. caudata* y *C. patzcuaro*, se obtuvieron mediante espectrometría de masas de plasma inducido (ICP-MS), mediante un modelo de regresión múltiple propuesto por Palacios-Fest's (1996) que establece constantes que pueden ser aplicadas directamente a las relaciones $m(\text{Mg}/\text{Ca})_v$ y $m(\text{Sr}/\text{Ca})_v$ (m y v = relaciones molares de elementos traza) obtenidas por (ICP-MS), siguiendo una reconstrucción tentativa la temperatura se ubicó en los rangos entre 20.64 °C y 26.85 °C reflejando aguas cálidas y la salinidad estimada del Paleolago de Sanctorum, Hidaigo se ubicó entre el rango de 1150 a 3150 ppm determinando así la presencia de un lago de agua dulce, que se determinó con los siguientes modelos:

TEMPERATURA:

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{m(\text{Mg} / \text{Ca})_v - \alpha_0}{\alpha_2}$$

donde :

$m(\text{Mg} / \text{Ca})_v$.- Relación molar de Mg – Ca.

Constante $\alpha_0 = - 0.00083$

Constante $\alpha_2 = 0.00074$

SALINIDAD:

$$S D T = \frac{m(\text{Sr} / \text{Ca})_v - \beta_0}{\beta_1}$$

donde :

$m(\text{Sr} / \text{Ca})_v$.- Relación molar de Sr – Ca.

Constante $\beta_0 = 7 \times 10^{-5}$

Constante $\beta_1 = 2 \times 10^{-7}$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Obteniendo así las temperaturas y salinidades de cada una de las valvas:

Ostrácodo	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)
<i>Limnocythere bradburyi</i>	61.85	1650
<i>Limnocythere bradburyi</i>	65.09	3150
<i>Candona caudata</i>	26.85	1150
<i>Candona patzcuaro</i>	20.64	2650
<i>Candona patzcuaro</i>	24.29	3150
<i>Limnocythere itasca</i>	79.82	4650
<i>Limnocythere itasca</i>	81.18	3650

De los datos obtenidos de las relaciones molares de los elementos traza 4 de los 7 ostrácodos se descartan debido a que el dato obtenido por Aguilar y Velasco de León (2002), quienes utilizaron fisonomía foliar del paleolago donde obtuvieron una temperatura media anual de $19.2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que se asemejó al dato de las especies *C. patzcuaro* y *C. caudata*, mientras que los ostrácodos de la especies *L. bradburyi* y *L. itasca* se descartaron por que las temperaturas obtenidas son muy altas así como los cocientes obtenidos de las concentraciones molares de Mg/Ca $m \rightarrow (\text{Mg}/\text{Ca})_v$ que son totalmente ilógicos ya que son cercanos y por arriba de 0.045 valor que no se da en las valvas de ostrácodos debido a que los cationes presentes representan cerca del 40% del peso de la concha y cerca del 60% es CO_3 . Estos valores demasiado altos son debido a que las conchas parecen estar recristalizadas o haber sido incrustadas por calcita durante su fosilización.

Las concentraciones de las conchas de las especies del género *Candona* están dentro de los valores que otros autores han encontrado comparando ostrácodos fósiles con registros observados en lagos indicando aguas cálidas y dulceacuicolas presentándose así los géneros *Darwinula*, *Candona* y *Limnocythere* que soportan salinidades de 2000, 10000 y 20000 ppm respectivamente, Engstrom y Nelson (1991).

En lagos someros como el de Sanctorum, la temperatura y química del agua están cercanamente acoplados al clima de la región, siendo este un lago temporal que presenta un ciclo regular de desecación – llenado caracterizado por laminaciones de yeso muy delgadas. Varias especies de ostrácodos son altamente sensitivas a la variación de la temperatura y la salinidad que son factores determinantes en la reproducción (Palacios-Fest, 1996), como es el caso del género *Darwinula* que presenta un número de organismos muy reducido en comparación con los otros dos géneros (*Limnocythere* y *Candona*) obtenidos durante el muestreo de los organismos fósiles.

Cabe señalar que las salinidades de 2650 a 3150 ppm y las temperaturas de 20.64 a 24.29 °C obtenidas en la especies *Candona patzcuaro* son solo validas para el tiempo que representa la profundidad de los 10 a los 14 metros, en tanto que la salinidad de 1150ppm y 26.85 °C obtenida en la especie *Candona caudata* son valores para el tiempo que representa la profundidad de los 14 a los 16 metros de la Columna de Sanctorum, Hidalgo representando un lago de aguas cálidas y dulceacuicolas, ya que el rango de un lago salino se encuentra desde 30 000 a 40 000 ppm (Gore, 2000) por lo que en esta edad se puede determinar que las condiciones tanto de temperatura, salinidad, nivel de agua, nivel de energía y permanencia del lago fueron adecuadas para el amplio desarrollo y reproducción de las especies presentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

La caracterización de los organismos juveniles y adultos se logro por comparación del tamaño de cada uno de estos, obteniendo una proporción de 2887 organismos juveniles y 329 organismos adultos totales de las muestras trabajadas, en lo que se refiere a la identificación del sexo en los organismos se llevó acabo por comparación y determinación de la morfología con esquemas al no existir claves para su determinación, estableciendo así que las hembras en todos los ostrácodos trabajados son de menor longitud de la parte anterior a la parte posterior que los machos, pero de mayor amplitud del borde dorsal al borde ventral.

En la región de estudio se encontraron 3 géneros de ostrácodos: *Candona Limnocythere* y *Darwinula*, representados por las siguientes especies *Candona patzcuaro*, *Candona caudata*, *Limnocythere bradburyi*, *Limnocythere itasca* y *Darwinula stevensoni*.

La relación $m(\text{Mg}/\text{Ca})_v$ de las conchas de los ostrácodos nos permitió la determinación de la temperatura del paleolago, de esta manera los estudios de geoquímica realizados mostraron que el rango de temperatura mediante el modelo de regresión múltiple para este fue de 20.64 a 26.85 °C, dando como resultado un lago de aguas cálidas; mientras que la relación $m(\text{Sr}/\text{Ca})_v$ nos determino que la salinidad del lago estuvo entre el rango de 1150 a 3150 ppm ubicado como un lago dulceacuícola (utilizando la escala de salinidad de Gore, 2000).

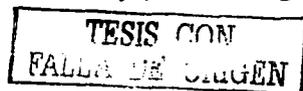
La asociación de ostrácodos encontrados (*Candona-Limnocythere*) en el Paleolago de Amajac indica que el cuerpo de agua era estacional pero muy somero debido a la presencia de varios horizontes de yeso. En este sentido la presencia y conservación del género *Limnocythere* indica que existían condiciones evaporíticas, aunado a esto los lagos someros tienden a presentar que la temperatura del agua esta en equilibrio con la temperatura atmosférica. La presencia de varias valvas desarticuladas es un indicador de que la mayoría de ellas fueron acarreadas hasta el lugar en el cual fosilizaron característica que comparten los género *Candona* y *Darwinula*, de esta manera se puede decir que eran organismos alóctonos, mas no así *Limnocythere* que de el se encontraron caparzones completos, razón que apoya que era un organismo autóctono al momento de su muerte.

Por el número de organismos de especies encontradas se puede decir que el lago era dominado por *Candona patzcuaro* seguido de *Limnocythere bradburyi*, lo cual refuerza la teoría de ser un lago de aguas estacionales, en este sentido la presencia de *Darwinula stevensoni*, que es una especie no dominante (por su largo ciclo de vida aproximadamente de 6 meses) indica la prolongación del lago ya que actualmente esta especie se encuentra también en lagos que poseen características de aguas estacionales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar-Arellano F.J. y Velasco de León M.P., 2002, La fisonomía foliar y el paleoclima de Santa María Amajac, Hidalgo México (resumen), en VII Congreso Latinoamericano de Botánica y II Congreso Colombiano de Botánica: Cartagena de Indias Colombia, Asociación latinoamericana de Botánica. 83 VIII Congreso Latinoamericano de Botánica y II Congreso Colombiano de Botánica poster 715 p 83.
- Ainsworth, N. et al. (1990). *Ostracod colour change by thermal alteration, offshore Ireland an Western U.K.* Marine and Petroleum Geology. Vol 7. p. 288-297
- Aubouin, J. et al. (1981). *Tratado de Geología. Paleontología y Estratigrafía.* Tomo II. Ed. Omega, S. A. Barcelona, España. 3-6, 598-600.
- Barnes, R. D. (1985). *Zoología de Invertebrados.* Nueva Editorial Interamericana. México, D.F. p. 152-169.
- Behrensmeyer, A.K. (1982). *Time sampling intervals in the vertebrate fossil record.* Proc. Third North Am. Peleont. Conv. 1:41-45.
- Bronshtein, Z. S. (1988). *Fresh-water Ostracoda.* Academy of Sciences of the USSR Publishers Moscow. Vol. II, No. 1. New Delhi. p. 109 – 303.
- Buitrón S. B. E. (1989). *Paleontología de Invertebrados.* UNAM. Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. México, D.F. p. 274, 275 y 335.
- Cadot, H. y Kaesler, R. (1977). *Magnesium content of calcite in caparaces of benthic marine ostracodes.* *Paleontological Contributions. University of Kansas*, 87: 1-23.
- Carreño, A. L. (1990). *Ostrácodos Lacustres del Paleolago de Texcoco.* UNAM. Instituto de Geología, Departamento de Paleontología. México, D.F. p. 118, 1189, 121, 130 y 135.
- De Deckker P. (1988). *An account of the techniques using ostraodes in palaeolimnology in Australia.* Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam. pp 463-475.
- De Deckker, P. y R. M. Forester. (1988). *The use of ostracods to reconstruct continental paleoenvironmental records.* pp 175-199 in the Deckker, P., J. P. Colin, and J. P. Peypouquet (Eds.), *Ostracoda in the Earth Sciences.* Elsevier, New York, NY.
- Delorme, L. D. (1969). *Ostracodes as Quaternary paleoecological indicators.* Can. J. Earth Sci. 49: 43-64.



- Delorme, L. D. (1970). *Freshwater ostracodes of Canada*. Part III. Family Candonidae. *Can. J. Zool.* **48**: 1099-1127.
- Delorme, L. D. (1970). *Freshwater ostracodes of Canada*. Part IV. Families Ilyocyprididae, Notodromadidae, Darwinulidae, Cytherideidae, and Entocytheridae. *Can. J. Zool.* **48**: 1251-1259.
- Delorme, L. D. (1971). *Freshwater ostracodes of Canada*. Part V. Families Limnocytheridae, Loxoconchidae. *Can. J. Zool.* **49**:43-64.
- Delorme, L. D. (1978). *Distribution of Freshwater Ostracodes in Lake Erie*. *Journal of Great Lakes Research*, **4**, 216-220.
- Delorme, L. D. y S. C. Zoltay. (1984). *Distribution of an Artic Ostracode Fauna in Space and Time*. *Quat. Res.* 21 (1): 65-73.
- Efremov, I. A. (1940). *Taphonomy: A new branch of paleontology*. *Pan-Am. Geol.* **74**:81-93.
- Engstrom, D. & S. Nelson. (1991). *Paleosalinity from trace metals in fossil ostracodes compared with observational records at Devils Lake, North Dakota, USA*. *Paleogeography*.
- Forester, R. M. (1983). *Relationship of two lacustrine ostracodes species to solute composition and salinity; Implication for paleohydrochemistry*. *Geology* **11**: 435-438.
- Gore, Pamela. (2000). *Salinity*. Georgia Geoscience. Georgia Perimeter College, Clarkston, GA, USA.
- Forester, R. M. (1985). *Limnocythere bradburyi* N. SP.: A modern ostracode from Central Mexico and a possible Quaternary paleoclimatic indicator. Reprinted from *Journal of Paleontology*. Vol. 59, No. 1, January. U. S. A. p. 8-20.
- Holmes Jonathan A. y Chivas Allan R. (2002). *The Ostracoda Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union. Washington D. C. p 8.
- Holmes, J. A., P. E. Hales y F. A. Street-Perrott. (1992). *Trace element chemistry of non-marine ostracods as a means of pelecimnological reconstruction: An example from the Quaternary of Kashmir, northern India*; *Chemical Geology*, **95**: 177-186.
- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. (1992). *Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo*. Editado por el INEGI. Aguas Calientes México. p 5.}

TESIS CON
 FALLA DE JUEZ

- Y Kaufmann, A. (1900b). Cypridean und Darwinuliden der Schweiz, *Ibid.*, vol 23.
- Y Luna – Gómez (1994). *Estudio Geológico de la Región de Santa María Amajac, Municipio de Atotonilco el Grande, Estado de Hidalgo*. México. p. 27-82.
- Y Martens, K. et al. (1985). *Life history of Mytilocypris henricae (Chapman) (Crustacea: Ostracoda) in Lake Bathurst, New South Wales*. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 36: 807-819.
- Y Melendez, B. (1977). *Paleontología* Tomo I. Ed. PARANINFO. Madrid, España. p. 528 – 534.
- Y Moore, R. C. y Charles W. Pitrat. (1985). *Treatise on Invertebrate Paleontology*, University of Kansas Press. Kansas, USA. p. 255 – 296.
- Y Morkhoven, V. (1962). *Post – Paleozoic Ostracoda*. Their Morphology, Taxonomy and Economic Use. Vol. I. New York, U.S.A. p. 20 – 170.
- Y Palacios-Fest, M. R. (1994). *Nonmarine Ostracode Shell Chemistry from Ancient Hohokam Irrigation Canals In Central Arizona: A Paleohydrochemical Tool for the interpretation of Prehistoric Human Occupation in North American Southwest*. Geoarchaeology: An International Journal, Vol. 9. No 1. pp 1-29.
- Y Palacios-Fest, M. R. (1996). *Geoquímica de la concha de ostrácodos (Limnocythere staplini): Un método de regresión múltiple como indicador paleoclimático*. GEOS. 16 (3): 130-136.
- Y Palacios-Fest, M. R. et al. (2002). *A paleoambiental reconstruction of Laguna Babicora, Chihuahua, México based on ostracode paleoecology and trace element shell chemistry*. Journal of Paleolimnology . 27: 185-206.
- Y Salvador, F. R. (2001). Tesis: *Origen, Sedimentología y Estratigrafía del paleólogo de Amajac, Hidalgo*. Facultad de Ingeniería, UNAM. México D. F. p. 87.
- Y Turpen, J. B. and Angell, R. W. (1971). *Aspects of moulting and calcification in the ostracod Heterocypris*. Biological Bulletin. 140: 331-338.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN