

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"**

**DESCRIPCION DE LOS AMBYSTOMAS DEL
PALEOLAGO DE SANTA MARIA AMAJAC, HGO.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

SOLÓRZANO AGUILERA ARGELIA

DIRECTORA DRA. PATRICIA VELASCO DE LEÓN

2007



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.

AGRADECIMIENTOS

Ahora que culmino con una meta más en mi vida considero que es justo hacer un reconocimiento a todas esas personas que de una u otra forma han contribuido a la realización de éste sueño.

Quiero agradecer a quien siempre estuvo conmigo dándome la fuerza necesaria para no desistir en este camino. Eres la única persona que realmente sabe el esfuerzo y el empeño que puse en mi carrera. “Lo logré”.

A mis padres, gracias por los sacrificios que hicieron para que pudiera llegar a este momento pero sobre todo por la confianza que depositaron en mi; porque ahora puedo decir “sus esfuerzos no fueron en vano”. Se lo dedico a ustedes.

Gracias por tu ayuda, motivación y paciencia durante todos estos años y sobre todo por el amor que me has brindado, sin ti todo esto no seria posible.

TE AMO.

A mis hermanas Caro y Mar por su compañía en esos tiempos tan difíciles y por que espero ser un buen ejemplo para ustedes, las quiero mucho.

Dra. Paty, gracias por sus enseñanzas, ayuda, consejos y la paciencia que siempre me tuvo, nunca lo olvidaré.

A mis sinodales por el tiempo que se tomaron en revisar mi tesis y por los consejos que me brindaron para mejorarla.

Gracias a: M. en C. Dolores A. Escorza Carranza, Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, Biol. Cristóbal Galindo Galindo, Biol. Erika L. Ortiz Martínez y Dr. Patricia Velasco de León.

Lilia por ser la mejor amiga que pude tener; Mavy por todas esas risas que compartimos y Mony y Dulce por los buenos momentos que vivimos.

Al Dr. Víctor Hugo Reynoso R. y a la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) del Instituto de Biología UNAM por el préstamo de ejemplares necesarios para mi estudio.

A mis compañeros de laboratorio Itzel, Diana, Erika, Noemí, Bety, Pedro y Rigo por su compañía en el laboratorio.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Objetivos.....	14
Antecedentes.....	15
Área de estudio.....	18
Material y método.....	21
Resultados y Análisis.....	24
Organismos actuales.....	27
Descripción organismos fósiles.....	30
Fenograma1.....	37
Fenograma 2.....	38
Conclusiones.....	41
Bibliografía.....	43

INTRODUCCIÓN

La Paleontología es la ciencia que estudia los seres orgánicos que vivieron en épocas pretéritas sobre la tierra, bajo todos sus aspectos, y muy especialmente busca las posibles relaciones entre ellos o con el medio ambiente en que se desarrollaron, así como su ubicación en el tiempo Meléndez (1977).

Estos estudios son posibles gracias a que los restos de tales organismos, que han llegado hasta nosotros formando parte de las rocas sedimentarias, se han conservado en el transcurso de los tiempos geológicos, es decir los fósiles Meléndez (1977).

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 provocando su completa desaparición Meléndez (1977).

Para que dicho proceso no ocurra, es necesario que los restos orgánicos queden rápidamente incluidos en un material protector que los aisle del ambiente y de los microorganismos; pero aun así son las partes duras y con un principio de mineralización, las que logran fosilizar Meléndez (1977).

Los anfibios constituyen el primer grupo de cordados que vive fuera del agua. Varios rasgos los hacen aptos para la vida terrestre para lo cual han desarrollado una serie de características anatómicas y fisiológicas que les han permitido colonizar el ambiente, como son la presencia de patas, pulmones, fosas nasales comunicadas con la cavidad bucal y con los órganos de los sentidos que pueden funcionar en el agua y fuera de ella Hikman (1998).

La mayoría de ellos comparten adaptaciones generales para la vida en tierra, como el reforzamiento esquelético y una reorganización de las prioridades sensoriales desde el sistema ancestral de la línea lateral hasta los sentidos del olfato y el oído Hikman (1998).

La mayoría de los anfibios resuelven parcialmente sus problemas de adaptación a la vida terrestre. En el ciclo vital primitivo de los anfibios, los huevos son acuáticos y cuando eclosionan producen larvas acuáticas que respiran por branquias. A este estado le sigue una metamorfosis en la que las branquias se pierden, y los pulmones, que ya estaban presentes durante la vida larvaria se activan para la respiración. Muchos anfibios retienen este modelo ancestral, pero hay algunas excepciones importantes, algunas salamandras carecen de metamorfosis completa, y mantienen una morfología larvaria y acuática a lo largo de toda su vida. Otras, en cambio, viven siempre en tierra y han perdido por completo la fase larvaria acuática, son condiciones evolutivamente derivadas. Otros anuros, salamandras y cecilias, que sufren metamorfosis completa, permanecen en el agua dulce toda su existencia en vez de trasladarse a tierra al adquirir el estado adulto Hikman (1998).

La Clase anfibia comprende actualmente tres ordenes Caudata (salamandras y tritones), Anuros (sapos y ranas), Gymnionofonidos (cecilias tropicales apodas), además de varias especies fósiles que datan del Devónico Superior. El nombre de la clase (Gr. *Amphi*, doble + *bios*, vida) hace referencia a que, la mayor parte de las especies vivientes habitan parcialmente en el agua dulce y en tierra Hikman (1998).

Características del Orden Caudata (urodelos)

Orden Caudata comprende unas 410+ especies (Figura 1) de anfibios provistos de cola: las salamandras y los tritones (Zug, 2001).

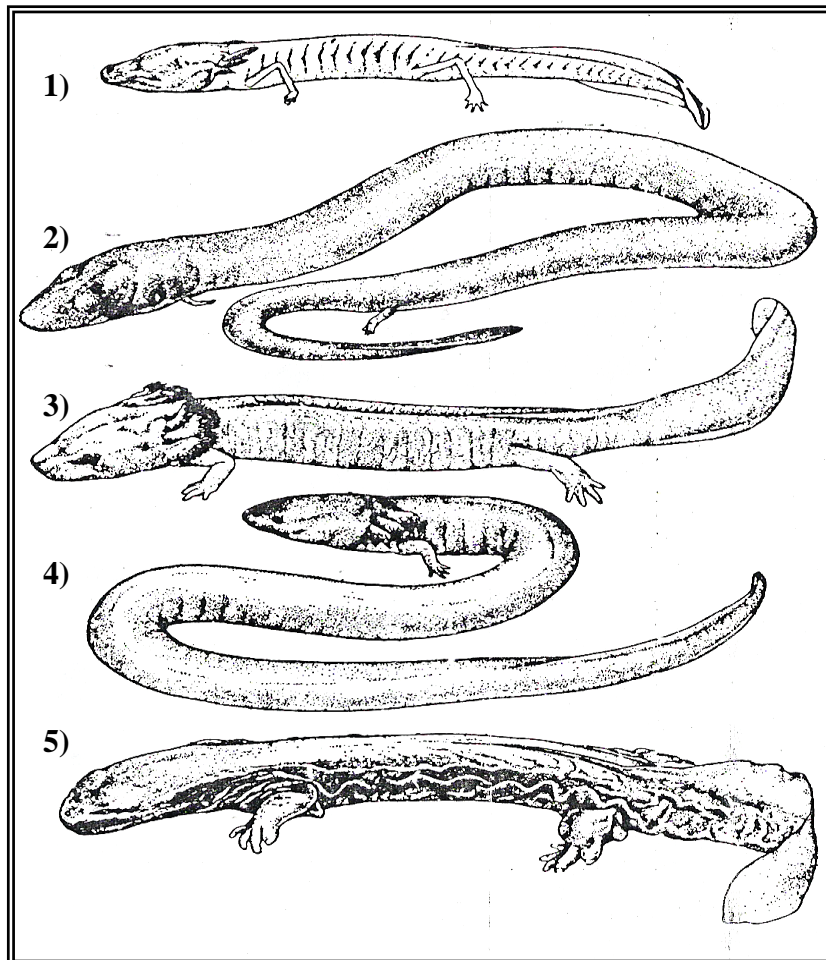


Figura 1. Especies de urodelo *Typhlomolge rathubuni*, un pletodóntico ciego; 2. *amphiuama jeans* (salamandroidea); 3. *Necturus maculosus* (protéida de Norteamérica; 4. *Siren lasertina* (meantes); 5. *Cryptobranchus alleganiensis* (Cryptobranchoidea).

Las salamandras son típicamente pequeñas; la mayor parte de las especies norteamericanas tienen menos de 15cm. de longitud, algunas formas acuáticas son considerablemente mayores y la salamandra gigante de Japón puede superar el metro y medio de longitud; se encuentran en casi todas las regiones templadas y tropicales del mundo, pero la mayor abundancia y diversidad de especies aparecen en Norteamérica. Las extremidades dispuestas en ángulos rectos en relación al cuerpo, y las anteriores y posteriores son aproximadamente de igual tamaño, en algunas acuáticas o excavadoras son rudimentarias o no existen Hikman (1998).

La dieta basada en el consumo de carne es común, tanto en estado larvario como adulto. La mayor parte sólo devora presas que se encuentran en movimiento. Como su comida es rica en proteínas, normalmente no almacenan en sus cuerpos grandes cantidades de grasa o de glucógeno Hikman (1998).

Reproducción

Algunas salamandras son totalmente acuáticas a lo largo de su ciclo vital, pero la mayor parte son metamórficas, con larvas acuáticas y adultos terrestres, que viven en lugares húmedos, bajo piedras o troncos en putrefacción. Los huevos de la mayoría de las salamandras son fecundados internamente, por lo general después de que la hembra recoge un paquete de esperma (espermátforo) que ha sido previamente depositado por el macho en el substrato. Las especies acuáticas ponen sus huevos en masas acordonadas dentro del agua. De los huevos salen larvas acuáticas con branquias externas y una cola con aspecto de aleta Hikman (1998).

Las especies terrestres depositan los huevos en pequeños racimos, bajo troncos o pequeños túneles excavados en la tierra blanda, y muchas especies se estacionan para proteger a sus huevos. Estas especies tienen desarrollo directo, y sus larvas salen de los huevos con un aspecto parecido al de sus padres. Las salamandras americanas tienen, a menudo, un estado terrestre intercalado entre la larva acuática y los adultos reproductores acuáticos. Sin embargo, muchas veces prescinden del estado terrestre y permanecen completamente acuáticas Grassé (1978).

Respiración

Las salamandras muestran un conjunto de mecanismos respiratorios sorprendentemente diversos. Comparten el patrón general de los anfibios, con extensas redes vasculares cutáneas que realizan el intercambio respiratorio de oxígeno y dióxido de carbono. En diversas etapas de su ciclo vital, las salamandras también pueden tener branquias externas, pulmones, ambos o ninguno de estos órganos. Las salamandras con un estado larvario nacen con branquias, pero las pierden posteriormente si sufren metamorfosis. Varios grupos de salamandras, independientes entre sí, han evolucionado como

formas permanentes acuáticas que no sufren metamorfosis y mantienen sus branquias y su cola en forma de aleta a lo largo de toda su vida. Los pulmones, el órgano respiratorio más extendido de los vertebrados terrestres, están presentes desde el nacimiento en las salamandras que los poseen, pero son activos solamente después de la metamorfosis Hikman (1998).

Pedomorfosis

Una tendencia filogenética persistente que se observa en la evolución de las salamandras es la retención en estado adulto de caracteres que aparecían solamente en las etapas juveniles de sus antecesores. Esta condición se denomina *pedomorfosis* y su forma más dramática se da en aquellas especies que maduran sexualmente mientras todavía mantienen sus branquias, hábitos acuáticos y otros caracteres larvarios. Estas especies no metamórficas reciben el nombre de perennibranquiadas o ajolotes, y pueden ser obligadas o facultativas; un ejemplo es *Ambystoma tigrinum* y otras especies relacionadas de México y los Estados Unidos, que presentan individuos tanto perennibranquiados como metamorfoseados. Su hábitat típico son pequeñas charcas que pueden desaparecer por evaporación en la estación seca, cuando esto ocurre, el ajolote sufre metamorfosis perdiendo sus branquias y desarrollando pulmones Hikman (1998).

Sistema músculo esquelético

La transición filética de peces a anfibios provocó una reorganización del sistema músculo esquelético, los ancestrales tetrápodos cambiaron sus actividades acuáticas a un medio ambiente terrestre, el soporte flotante desaparece y cambian su locomoción ondulatoria a una locomoción con patas (Figura 2), Las nuevas funciones y demandas, aunado el efecto de gravedad, requiere de un fortalecimiento en la columna vertebral, la elaboración de extremidades, cinturas y la modificación del cráneo para captura e ingestión de alimento terrestre Zug (2001).

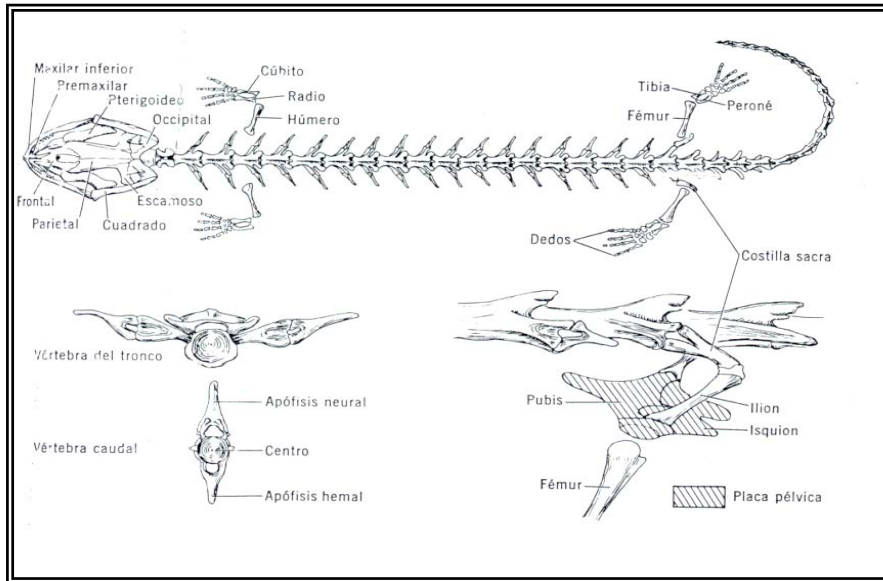


Figura 2.- Esqueleto completo de *Necturus maculosus* (Tomado de Hikman 1998).

El esqueleto craneal de vertebrados contiene elementos de tres unidades el **Condrocraanium**, comprende el esqueleto alrededor del cerebro y los órganos de los sentidos que son el olfativo, óptico y cápsulas óticas Zug (2001).

El **Splachnocraanium**, es el esqueleto del arco visceral que incluye la mandíbula superior e inferior, el Hyobranchium, los arcos de las agallas y sus derivados. Muchos de las estructuras de estos dos elementos craneales aparecen primero como cartílago. El precursor cartilaginoso define la posición del desarrollo posterior de los elementos óseos, el hueso que se forma por el reemplazo de cartílago es llamado hueso endocondrial Zug (2001).

El **Dermocraanium** esta constituido por los elementos del techo óseo que son soportados por el splachnocraanium y el condrocraanium Zug (2001).

En la parte dorsal del cráneo de su vista anterior a la posterior está formado por la premaxila, nasal, frontal y parietales, a cada lado del cráneo esta la maxila, septomaxila, prefrontal y squamosal. Formando una contraparte

en la parte ventral del cráneo, esta el paladar primario que consta de vomers, paladares, pterigoides, cuadrados y un parasfenoide que es el único hueso impar en el esqueleto. Los huesos dermales de la mandíbula son el dentario, angular y prearticular (Figura 3). Los dientes comúnmente están en la premaxila, maxilas, vómeres, palatinos y dentarios Zug (2001).

En el adulto el condrocáneo esta menos conservado, el occipital lateral se solda al proóptico (“occipitopétreo”); se puede reconocer un opistoótico en algunos Urodelos. El pterigocadrado desaparece durante la metamorfosis; de él solo subsiste el cuadrado, osificado, existe un mentomeckeliano y un articular Duellman (1986).

Las osificaciones dérmicas están mejor desarrolladas, pero en ausencia de techo óseo, la órbita y la cavidad temporal confluyen; el arco suborbital se rompe, puesto que el cuadradoyugal (soldado al cuadrado) no emite proceso ninguno hacia el maxilar. Sobre la cara palatina, las ventanas interpterigoides y subtemporales comunican entre sí. El parasfenoideo es más importante que en los anuros, así como el vómer que forma un suelo completo para la cavidad nasal. El palatino desaparece en el curso de la metamorfosis. Algunos urodelos conservan un septomaxilar, la mandíbula sólo porta el dentario y el prearticular; el esplenial se reabsorbe durante la metamorfosis Duellman (1986).

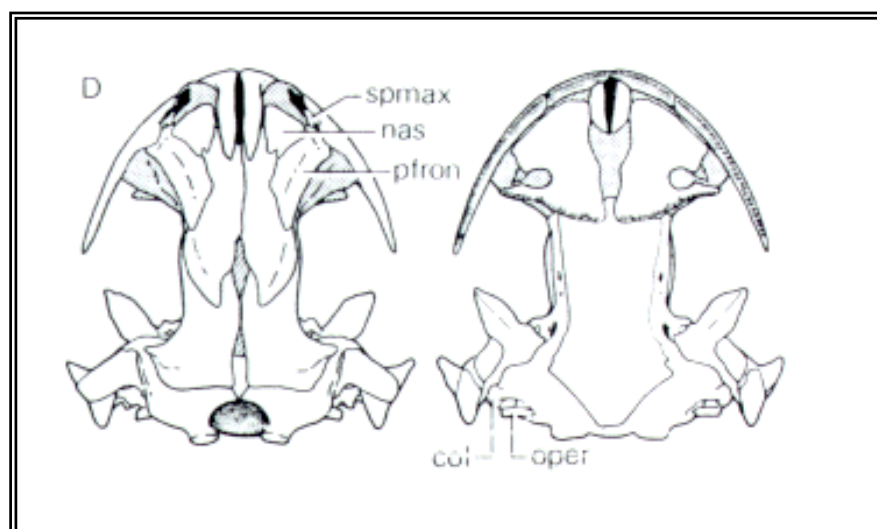


Figura 3.- Cráneo de *Ambystoma maculatum* (tomado de Duellman 1986).

Por primera vez las vértebras comienzan a ofrecer diferenciaciones regionales, si bien en los urodelos todas las vértebras tienen una arquitectura básica similar; la primera vértebra situada por detrás del cráneo carece de las costillas y es la única vértebra cervical, todas las restantes, incluidas las de la cola, poseen costillas. Las vértebras del tronco presentan un arco neural bajo con espinas neurales cortas dirigidas posteriormente. Cada vértebra es portadora de dos apófisis laterales muy ostensibles; la dorsal o **diapófisis**, se proyecta a partir del arco neural; la ventral, o **parapófisis**, lo hace a partir del cuerpo. Las costillas son bicéfalas o **bicipitales**; la cabeza ventral o **capitulum**, se articula con la parapofisis y la cabeza dorsal, o **tuberculum**, lo hace con diapofisis de la apófisis transversa (Figura 4) Montana (1981).

La única vértebra sacra tiene diapófisis y parapófisis mayores que las de las otras vértebras, y la costilla que soporta la cintura pélvica es mucho más fuerte que las restantes costillas. Las tres primeras vértebras caudales se parecen a las del tronco, pero la cuarta posee un arco hemal. Poscigoapófisis bien desarrolladas se proyectan desde el extremo posterior del arco neural, encajando con un par de apófisis semejantes; las precigoapófisis se proyectan a partir del extremo anterior de la vértebra situada a continuación Montana (1981).

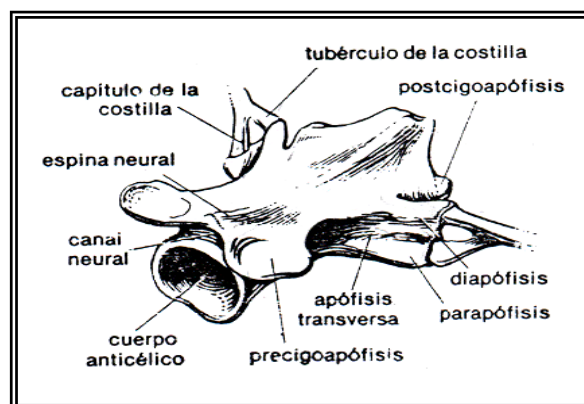


Figura 4.- Vértebra del tronco de *Necturus*, tomado de Weichert (1984).

Las vértebras de los anfibios llevan apófisis transversas y cigoapófisis bien desarrolladas. Algunos urodelos tienen vértebras anficélicas en donde ambos extremos son cóncavos (figura 5b) y se unen a través de cartílago en forma de bola; aunque en la mayoría de las salamandras son del tipo opistocélico (Figura 5a) en las que el extremo caudal de cada vértebra es cóncavo y en el cefálico convexo Weichert (1984).

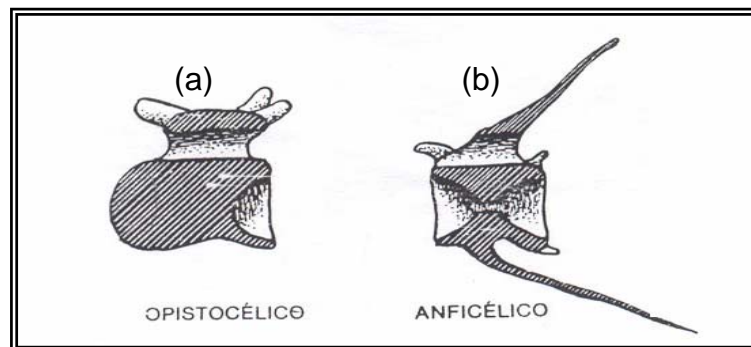


Figura 5.- (a) Se nota el cuerpo anterior convexo y el posterior cóncavo y en (b) los extremos son cóncavos (tomado de Weichert 1984).

Clasificación (Duellman1986)

Clase AMPHIBIA Linnaeus, 1758

Subclase LISSANPHIBIA Haeckel, 1866

Orden CAUDATA Opperl, 1811

Suborden SIRENOIDEA (apodas)

*Familia SIRENIDAE

Suborden CRYPTOBRANCHIDAE (con patas)

Familias HYNOBIIDAE

CRYPTOBRANCHIDAE

Suborden SALAMANDROIDEA (con patas)

Familias PROTEIDAE

DICAMPTODONTIDAE

AMPHIUMIDAE

*SALAMANDRIDAE

**AMBYSTOMIDAE*

**PLETHODONTIDAE*

RHYACOTRITONIDAE

* Familias que se distribuyen en México.

*Sirenidae (figura 6). Son larvas con branquias permanentes estrictamente acuáticos y presentan pocas características de adulto, su cuerpo es alargado no tienen parpados ni patas posteriores y las anteriores son pequeñas o rudimentarias, mandíbulas con cubierta córnea, de fecundación probablemente externa Duellman (1986).

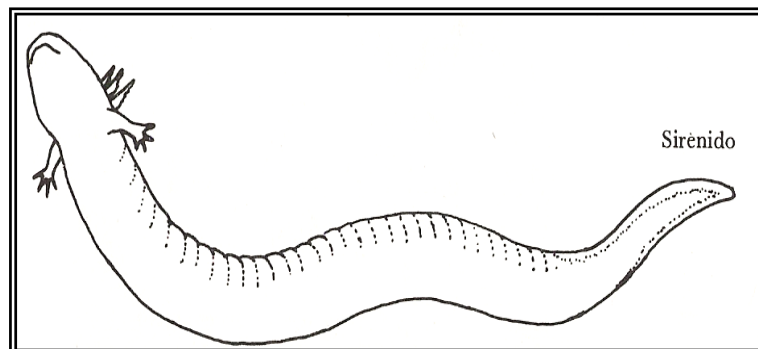


Figura 6.- Sirenido sin patas traseras, tomado de Casas (1985).

Hynobiidae. Habitan en Asia y Estados Unidos, presentan metamorfosis completa, tienen dientes angulosos pequeños y los parpados detrás de las coanas, la fecundación es externa, depositan sus huevos en bolsas. Son unas 30 especies y 2 géneros Zug (2001).

Cyptobranchidae. Son llamadas salamandras gigantes o diablos del lodo permanentemente acuáticos, su cuerpo es deprimido con piel blanda, flácida y pliegues carnosos a los lados, sin parpado los dientes vomerianos forma un arco paralelo a los dientes maxilares con solo 3 especies Duellman (1986).

Amphiumidae. Tres especies que se encuentran en el sudeste de los Estados Unidos son criaturas semilarvas de derivación salamándrida, el pterigoides óseo con procesos prevomerianos posteriores y espinas premaxilares separando los nasales, los adultos con pulmones y un par de hendiduras pero sin branquias tienen extremidades diminutas con 2 o 3 dedos en los pies Zug (2001).

Proteidae *Nectorus* y *Proteos*. Salamandras sin parpados cuyos dientes están a lo largo de las mandíbulas, dos hileras en la superior y una hilera en la inferior el cuerpo es cuerpo deprimido y la cola tiene una aleta caudal, en los adultos hay tres pares de branquias y dos pares de hendiduras branquiales con pulmones, habitan el fondo acuático presentando neotenia Duellman (1986).

*Plethodontidae. Esta familia se distribuye en el norte centro y Sudamérica (Figura 7) Zug (2001). Son salamandras terrestres y acuáticas sin pulmones, del tronco salamándrico con pterigoides cartilaginoso permanente, dientes vomerianos generalmente en dos series arqueadas detrás de las coanas, continuándose posteriormente entre las órbitas, donde pueden formar una mancha paraesfenoidal única o par y diminuto surco nasolabial desde cada fosa nasal hasta el labio superior. Pueden medir desde 2,5 hasta 30cm

pero la mayoría no exceden los 15cm de longitud, la mayoría son terrestres algunos viven en arroyos fríos con larvas acuáticas pero gran parte de ellos habitan en lugares húmedos donde los huevos son depositados y los jóvenes emergen sin fase larvaria Duellman (1986).

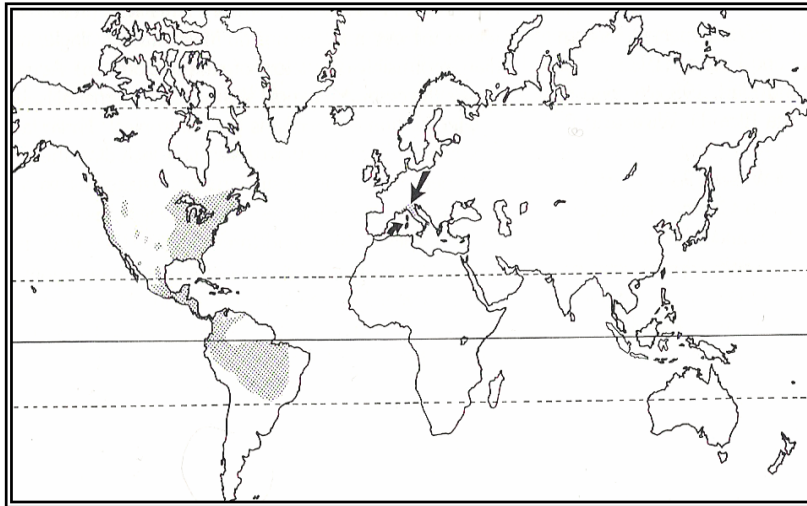


Figura 7.- Distribución de la familia Pletodontidae tomado de Duellman (1986).

*Salamandridae Salamandras y tritones. Dientes en el cielo de la boca detrás de las coanas en dos hileras largas que posteriormente son divergentes, los adultos tiene pulmones, ojos con parpados las vértebras normalmente opistocelicas Duellman (1986). Se distribuyen en Europa, norte de África, Asia Oriental y América del norte (Figura 8). Dominante entre las salamandras del viejo Mundo Zug (2001).

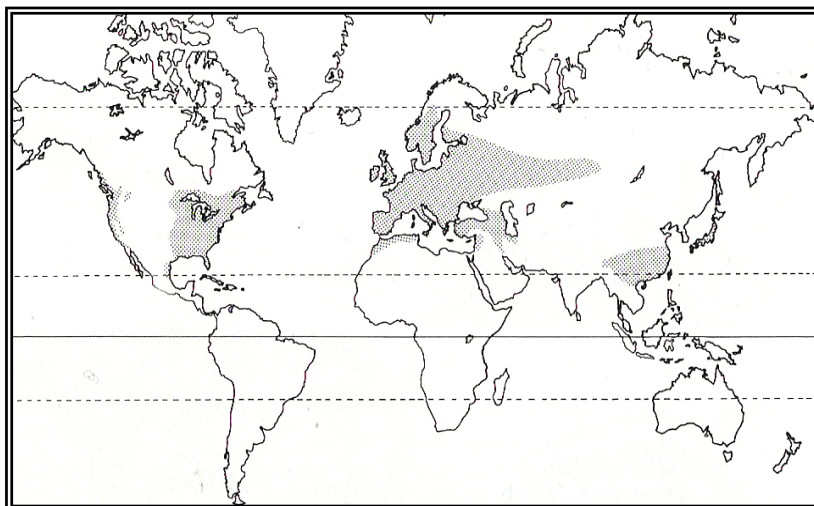


Figura 8.- Distribución de la familia Salamandridae tomado de Duellman (1986).

*Ambystomidae. Dientes en hileras transversas detrás de las coanas, a través de los bordes posteriores del vómer, ninguno en los huesos palatinos; con angulares fusionados, largas espinas premaxilares, vértebras anficélicas, con párpados; de fecundación interna y vinculada con la familia Salamandridae, adultos generalmente terrestres Duellman (1986). Un género *Ambystoma* con unas 30+ especies la cual se distribuye en Norteamérica, al sur del borde meridional del Canadá hasta la septentrional de México (Figura 9), el rango del tamaño en los adultos es de 8 a 25cm. de longitud, las larvas a menudo son neoténicas, y se conocen con el nombre de ajolote Zug (2001).

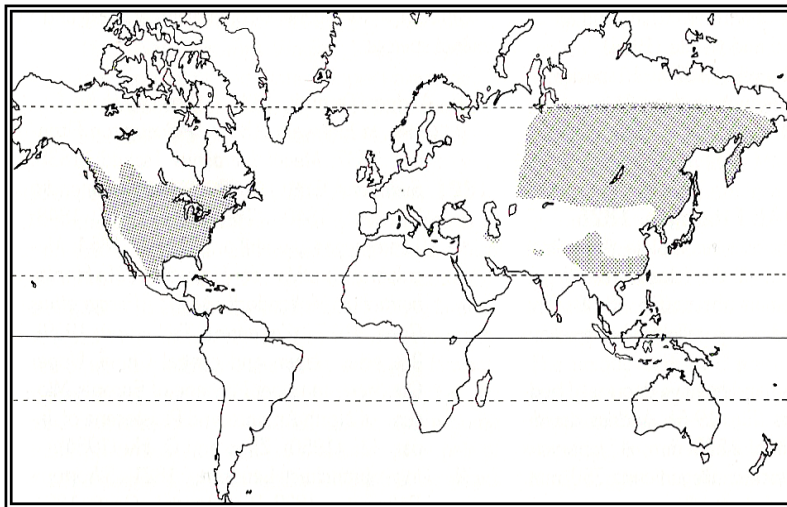


Figura 9.- Distribución de la familia Hynobiidae en Asia y la familia Ambystomidae en América tomado de Duellman (1986).

OBJETIVOS

General

Describir y determinar el material correspondiente a Urodelos encontrado en el Paleolago de Santa María Amajac.

Particulares

- I. Establecer las diferencias existentes entre esqueleto de hembras y machos, así como estado larvario o adulto.
- II. Comparar el esqueleto de los ejemplares fósiles colectados con el de organismos actuales y determinar, sexo y estado de desarrollo.
- III. Con base en lo anterior determinar si los ejemplares fósiles, corresponden a alguno de las especies de referencia.
- IV. Describir los ejemplares fósiles.
- V. Discutir la biogeografía y ambiente de depósito.

ANTECEDENTES

Uno de los fósiles más celebrados es *Andrias*, criptobránquido familia Salamandridae del Mioceno superior, desenterrado por el suizo Scheucher, a comienzos del XVIII, se creía que era un hombre que murió y fue enterrado durante el diluvio universal por lo cual fue ilustrado y descrito como *Homo diluvii testis* "Hombre testigo del Diluvio" (Figura 10), se conocen fósiles del Oligoceno Grassé (1978).

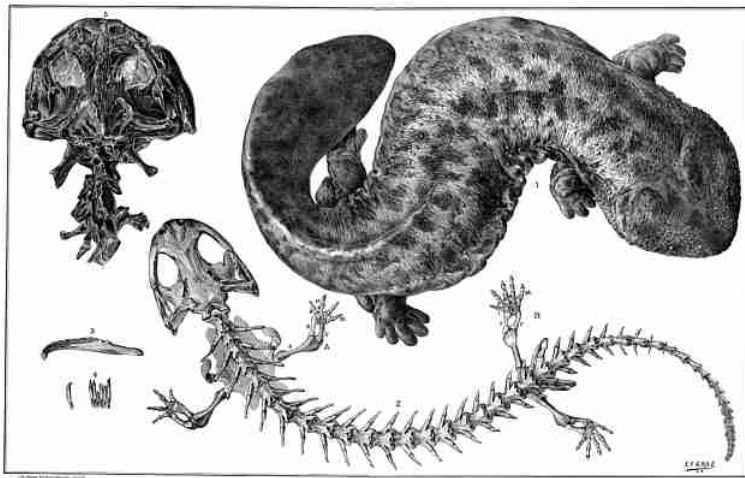


Figura 10.- *Homo Diluvii testis*.

Recientemente un equipo de científicos realizó el descubrimiento de especímenes de salamandras de alrededor de 165 millones de años de antigüedad; los fósiles fueron encontrados en Mongolia y China y son los ejemplares más antiguos hasta ahora reportados. Las salamandras son similares a un espécimen que se encuentra en Norteamérica y Asia y fue bautizado con el nombre de "Chunerpeton tianyiensis, (Figura 11). Kaplan's (2002).



Figura 11.- Fósil más antiguo de salamandras.

La mayor parte de la información fósil acerca de la familia Ambystomidae es reportada en Estados Unidos de Norte América, en el cuadro 1 se sintetiza la información.

Cuadro1.- Síntesis de los registros fósiles de la familia Ambystomidae

Lugar	Localidad	Edad	Material	Grupo	Autor y año
Kansas	Arroyo pato	pleistoceno	1 vértebra y 3 fémures	<i>Ambystoma tigrinum</i>	Holman 1984
Kansas	Willians	Pleistoceno	Maxila derecha y humero	<i>Ambystoma trigrinum</i>	Holman 1984
Nebraska		Mioceno: barstovian	4 vértebras	<i>Ambystoma priscum</i> sp.nov. <i>Ambystoma minsalli</i> ,	Holman 1987
Viginia	Strait canyon	Holoceno medio	Vértebras del tronco	<i>Ambystoam maculatum</i>	Fay 1984
Quebec	Saint elzear	Holoceno medio	Vértebras del tronco	<i>Ambystoma maculatum</i> ; <i>Ambyatoma laterale</i>	Fay 1984
Forida	Of devil's den sinkhole	Pleistoceno	1 Vértebra del tronco	<i>Ambystoma tigrinum</i>	Holman 1978
Dakota	Bijou hill	Mioceno: barstovian	31Vértebras 21 Vértebras	<i>Ambystoma minsalli</i> . <i>Ambystoma</i> sp.	Holman 1978
Nebraska	Formacion valentin	Mio-plioceno	Dos húmeros y tres fémures fragmento de un dentario y fragmentos de vértebras	<i>Ambystoma minshalli</i>	Estes y Tihen 1964
Kansas		Plioceno	Parte posterolateral de un prevomer	<i>Ambystoma hibbardi</i> , sp. Nov.	Tihen 1955
Georgia	Rancholabrean	Pleistoceno	Vértebra	<i>Ambystoma</i> sp.,cf. A. <i>maculatum</i>	Hulbert y Pratt.

Colorado		Pleistoceno	Vértebras	+ <i>Ambystoma alamosensis</i>	Rogers
----------	--	-------------	-----------	--------------------------------	--------

Los trabajos que se han realizado sobre anfibios fósiles en México son escasos, la mayoría de estos son sobre anuros y muy pocos de urodelos, sobre estos últimos se conocen los siguientes, (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Registro fósil de la herpetofauna mexicana, tomado de Ramamoorthy (1998).

Taxa	Edad	Localidad	Distribución actual
Caudata			
Ambistomidae; <i>Ambystoma</i>			
<i>mexicanus-mexicanum</i>	Pleistoceno	México	--
sp.	Pleistoceno	México	?
sp.	Pleistoceno	México	+

El último estudio es el de Tovar y Montellano (2004), quienes reportaron la presencia de Ambistomas en su trabajo, Microfauna Pleistocénica de Santa Cruz Nuevo, Puebla.

Para el estado de Hidalgo, se reportó la presencia Anuros, familia Ranidae y género *Rana sp*, siendo éste el primer registro de un anfibio para el Mioceno de México Castillo, et al., (1996). En el caso de las salamandras fósiles, no existen registros sobre éstos organismos por lo que la presente investigación es una contribución al conocimiento y estudio de esta clase de vertebrados.

ÁREA DE ESTUDIO

Específicamente la localidad de estudio Sanctorum se ubica en las coordenadas geográficas 20°18'18.5"N y 98°46'52", en el estado de Hidalgo, con una altitud de 1700 m.s.n.m. Se encuentra en la porción norte-centro de la provincia geológica del Eje volcánico transverso, entre la Sierra de Pachuca y la Sierra Madre Oriental Pertenece a la Formación Atotonilco el Grande la cual comprende desde el Plioceno Tardío hasta el Plioceno Temprano (de 4.2+/- .03 m.a.). (Figura 12).

La Localidad está representada por un paquete de material arcilloso limoso, en capas horizontales cuyo espesor varía entre 10 y 30cm, su coloración varia entre pardos-amarillentos. Sobre este paquete se tiene una toba lítica constituida por fragmentos del tamaño de la graba, 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 (Figura 13) Luna-Gómez (1994).

La vegetación actual esta representada por matorral submontaño y pastizales, en los márgenes del río Amajac se encuentran sauces y alies (*Alnus* sp) en las laderas; en el relieve alto predominan, huizache, mezquite, nopal, garambullo, maguey, órgano, yuca, palma, biznaga y pirul. En las zonas de mayor relieve encontramos encinos, madroño, palma y lechuguilla Salvador (2001).

El lago se formó a partir del cierre temporal del Río Amajac, ocasionado por una avalancha de materiales que se desprendió de las paredes escarpadas del cañón ubicado al noreste del poblado Doñana. Con los materiales de la avalancha se cerró el Río Amajac y comenzó la acumulación lacustre. La sedimentación terminó cuando el mismo río empezó a remover los materiales de la avalancha al colmatarse de sedimentos la zona del embalse Salvador (2001).

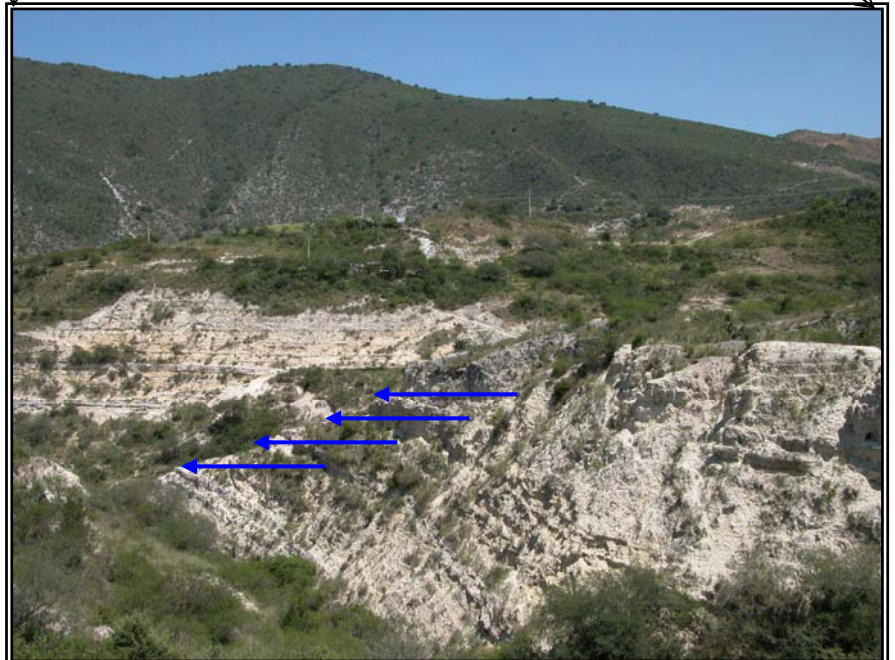
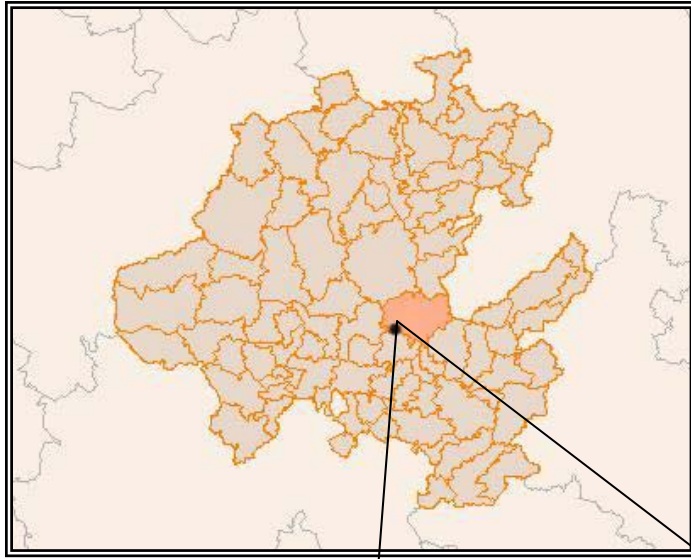


Figura 12.- Arriba estado de Hidalgo señalando la localidad de Sanctorum. Abajo se observa la ladera, donde se recolectó el material; las flechas indican los estratos muestreados.

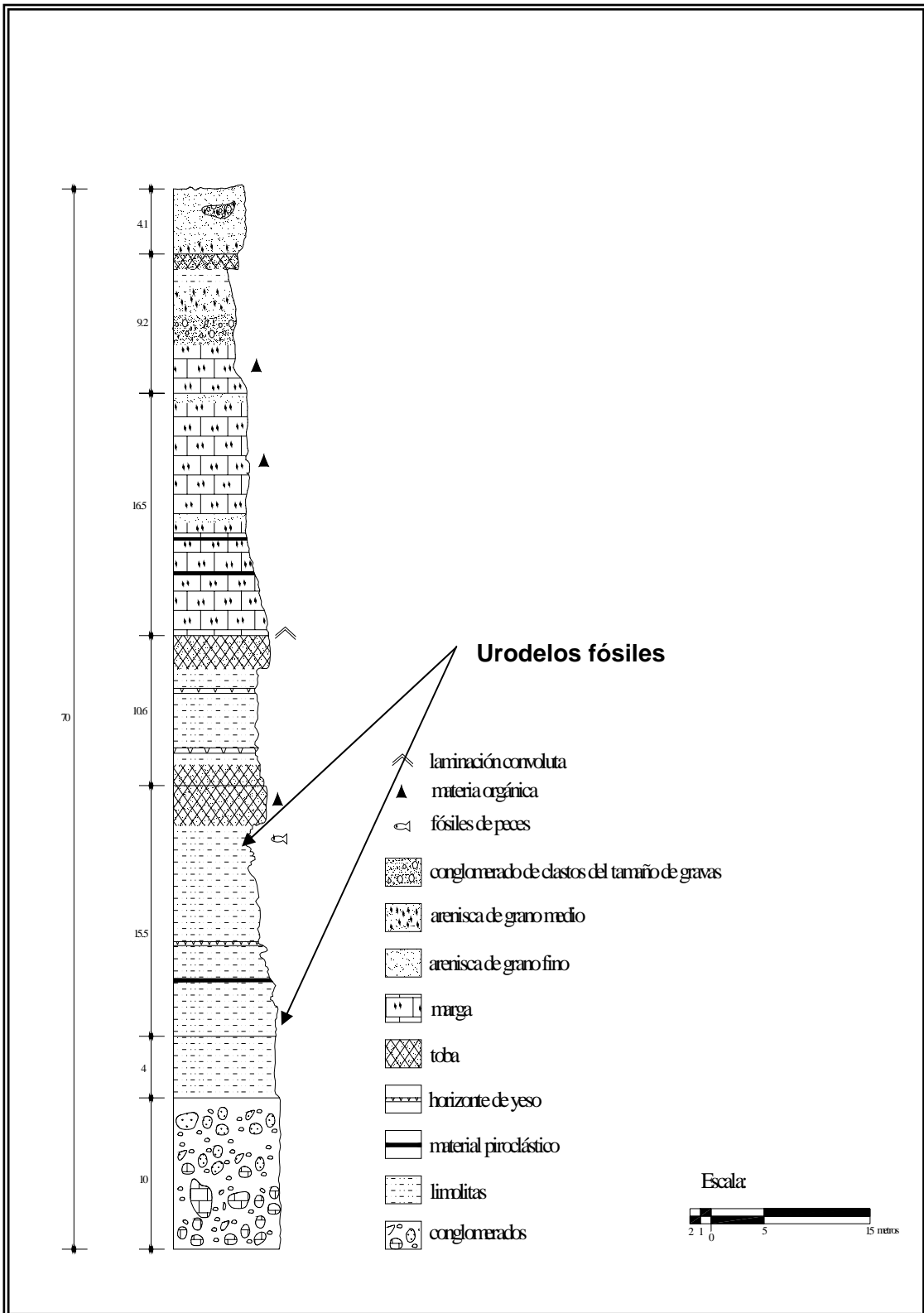


Figura 13.- Columna estratigráfica de Sanctorum mostrando la ubicación donde fueron encontrados los urodelos fósiles tomada de Salvador (2001).

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo

Se hizo una revisión de los ejemplares que se encontraban en la colección del museo paleontológico de la FES ZARAGOZA.

Se efectuaron salidas mensuales (10) con duración de tres días cada una a la localidad, con el fin de recolectar más ejemplares. Estando en el sitio de trabajo se extrajeron lajas del mayor tamaño posible; y con la ayuda de picas, cinceles y espátulas se abrieron. A los ejemplares encontrados se les aplicó una capa de acetato de polivinilo y se transportaron al laboratorio envueltos en guata y protegidos en cajas, se anotaron los datos de la localidad y el nivel estratigráfico del que provenían.

Preparación del Material fósil

En el laboratorio los bordes de las lajas con fósiles, se recortaron con seguetas y se incluyeron en bases de yeso para su preservación y manejo. A todos los fósiles se les aplicó acetato de polivinilo necesario para evitar su ruptura debido a que la roca donde están incluidos los fósiles esta poco cementada, el material se limpio con agujas y alfileres entomológicos con el fin de descubrir lo mas posible a los especimenes y observar la mayor cantidad de caracteres taxonómicos útiles en su determinación. Finalmente se etiquetaron y se ingresaron a la colección del museo paleontológico de la FES Zaragoza.

Preparación del material actual

La determinación del sexo y estado larvario de los fósiles se basó en la comparación con esqueletos de organismos actuales aclarados, para lo cual fue utilizado el Método de Aclaramiento y Teñido de Snyder (1989). Esta técnica se modificó en tiempo y concentraciones a siete Ambystomidos y una salamandra actual además se tomaron radiografías de 15 Ambistomas, todos los ejemplares fueron prestados por la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) del Instituto de Biología UNAM.

Especies Aclaradas:

Ambystoma granulorum

Ambystoma rivurale (macho)

Ambystoma rivurale (hembra);

Ambystoma lermanense (larva)

Ambystoma lermanense (adulto)

Ambystoma dumerili

Ambystoma trigrinum velasci

Notophtalmus viridescens viridescens

Especies a las que se les tomó Radiografías:

Ambystoma altamiranoi (larva hembra)

Ambystoma altamiranoi (adulto hembra)

Ambystoma amblycephalum (adulto macho)

Ambystoma amblycephalum (larva hembra)

Ambystoma andersoni (macho)

Ambystoma dumerili (larva macho)

Ambystoma ordinarium (larva)

Ambystoma ordinarium (adulto macho)

Ambystoma ordinarium (larva macho)

Ambystoma rosaceum (adulto hembra)

Ambystoma tigrinum subsalum (larva macho)
Ambystoma tigrinum marvortium (larva macho)
Ambystoma tigrinum (larva hembra)
Ambystoma zempoalense (larva macho)
Ambystoma zempoalense (larva hembra)

Una vez limpios los fósiles se les tomaron las medidas respectivas para su descripción. Además se midieron los ejemplares aclarados y a los que se les tomaron radiografías, y se registraron los caracteres necesarios para realizar un análisis numérico. Las medidas tomadas fueron largo total, largo cabeza-cloaca, largo cabeza, ancho cabeza, largo humero, largo fémur, largo tibia fíbula, largo peroné, largo cubito y largo radio.

Análisis numérico

Para tratar de inferir la especie a la que pertenecen los fósiles, se realizó un análisis empleando el programa NT-SYS pc2.1. (Numerical Taxonomy System of Multivariate Statistical Programs). Se elaboró una matriz básica de datos, en la que se emplearon 14 Otus que corresponden a las especies actuales (larvas de machos y hembras) y seis Otus de ejemplares fósiles, se registraron 10 estados de carácter (anexo V). Después de revisar el fenograma, se optó por construir una segunda matriz únicamente con 15 otus (12 especies actuales y tres fósiles, los más completos) y así evitar que el agrupamiento se hiciera por la escasez de datos (Anexo VI).

RESULTADOS Y ANALISIS

La bibliografía reporta que en México se distribuyen solo cuatro de las 10 familias de urodelos, por lo que las seis familias restantes no fueron consideradas en este trabajo.

De las familias con distribución en México, **Sirenidae** carece de extremidades posteriores y las anteriores son pequeñas por lo tanto se eliminó la posibilidad de que los fósiles pertenecieran a esta familia debido a que estos presentan sus cuatro extremidades bien desarrolladas.

Plethodontidae presenta un cuerpo muy alargado, delgado y una cabeza que apenas se diferencia del resto del cuerpo, características que son diferentes a las que presentan los fósiles.

Con base en lo anterior, los ejemplares fueron asignados a dos posibles familias, Salamandridae o Ambystomatidae, existen pocas diferencias craneales y óseas reportadas entre estas familias y las que existen no logran observarse en los fósiles como por ejemplo el tipo de vértebras. Por esta razón tuvo que realizarse una técnica de tinción en esqueletos de *Notophthalmus viridescens viridescens* (foto 1) y observar el esqueleto de *Ambystoma mexicanum* (foto 2) proporcionado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Después de la comparación se logro observar que en la familia Ambystomidae las premaxilas, el frontal, prefrontal y pterigoides son alargados, el tipo de dientes es prevomerianos y el número de vértebras de la cervical a la sacra es de 17 mientras que Salamandridae tiene 16 vertebras, las premaxilas, frontal, prefrontal y el pterigoides cortos; los fósiles comparten las características ya mencionadas con Ambystomidae esto apoya la idea de que los ejemplares pertenecen a dicha familia.



Foto 1.- Cráneo de *Notophthalmus viridescens*
viridescens



Foto 2.- Cráneo *Ambystoma mexicanum*

El género *Ambystoma*, que se encuentra en estanques, lagos y otros reservorios de agua quieta y tiene dientes prevomerianos arreglados en una línea transversal, en la foto 3 del fósil ST 1232 se puede observar este tipo de arreglo, además de ser ejemplares procedentes de un ambiente léntico en este caso el paleolago de Amajac lo cual coincide con el género *Ambystoma*.



Foto 3.- Fósil ST 1232

Uno de los objetivos fue tratar de asignar a los ejemplares de la colección sexo y estado larvario, para lograrlo se aplicaron técnicas de tinción y se sacaron radiografías a organismos actuales. La comparación indica que las diferencias entre machos y hembras son mínimas, en algunas especies las hembras tienden a ser mas grandes, mientras que en otras lo son los machos esto indica que no existe dimorfismo sexual con respecto al tamaño (ver anexo IV). La única diferencia clara es la forma de la cintura pélvica, la cual es mas ancha en las hembras y con mayor cantidad de cartílago (foto 4).



Foto 4.- Cintura pelvica de *Ambystoma rivulare* macho a la izquierda y hembra a la derecha

En los fósiles colectados no se aprecia la cintura pélvica excepto en el ejemplar ST 1882 sin embargo; este contiene gran cantidad de material orgánico y litológico que no se retiró para evitar su ruptura, por tal motivo no se pudo determinar el sexo en los especímenes fósiles.

En el caso del estado de desarrollo, se observaron diferencias en adultos y larvas, por ejemplo los carpos y tarsos se osifican en los adultos como se puede observar en la foto 6, mientras que en los estados juveniles y las especies neoténicas se presenta cartílago (foto 5). En ninguno de los fósiles se apreciaron estas estructuras, lo que permite interpretar que al tener estas cartílago no fosilizaron y que los organismos recolectados son larvas o bien alguna especie neoténica.

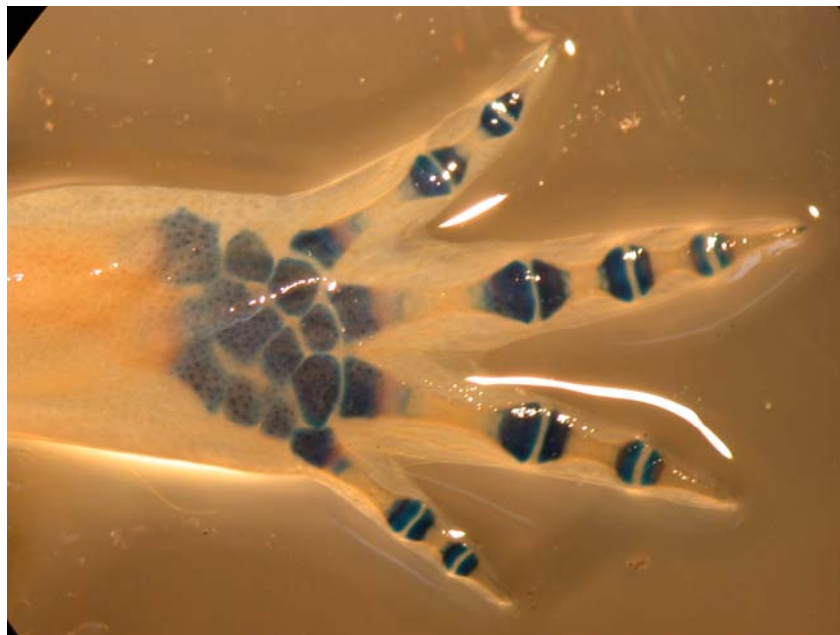


Foto 6.- Pata de larva, cartílago en azul

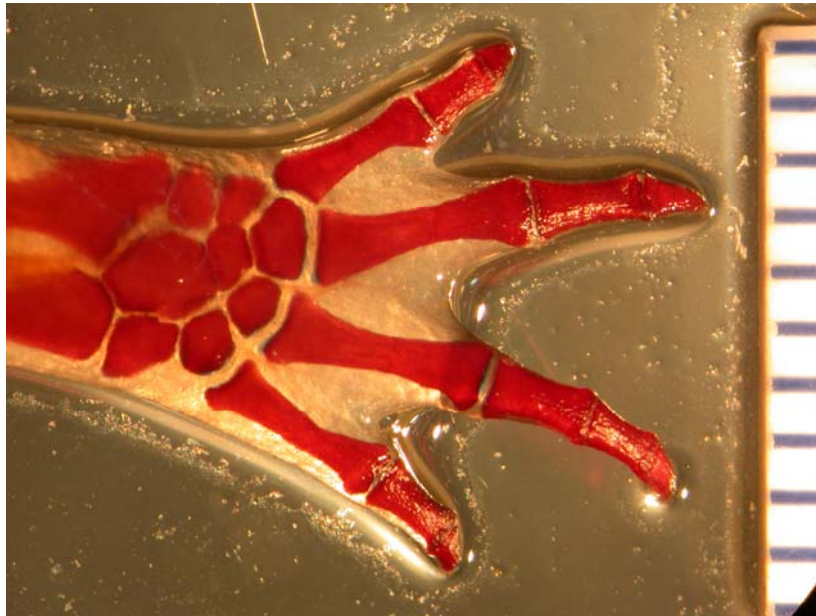


Foto 5.- Pata de adulto, hueso teñido en rojo

Otra diferencia es que los adultos presentan dientes prevomerianos arreglados en una línea casi transversal por detrás de las coanas (foto 7) y en los juveniles el arreglo que se observo es en dos líneas a la altura o por delante de las coanas (foto 8), esto se pudo corroborar en los ejemplares actuales. En el fósil ST1232 (foto 3) además de no presentar carpos osificados presenta la impresión de dientes prevomerianos por delante o a la altura de donde estuvieran las coanas, por lo que este ejemplar aporta un carácter mas que indica que es una larva.

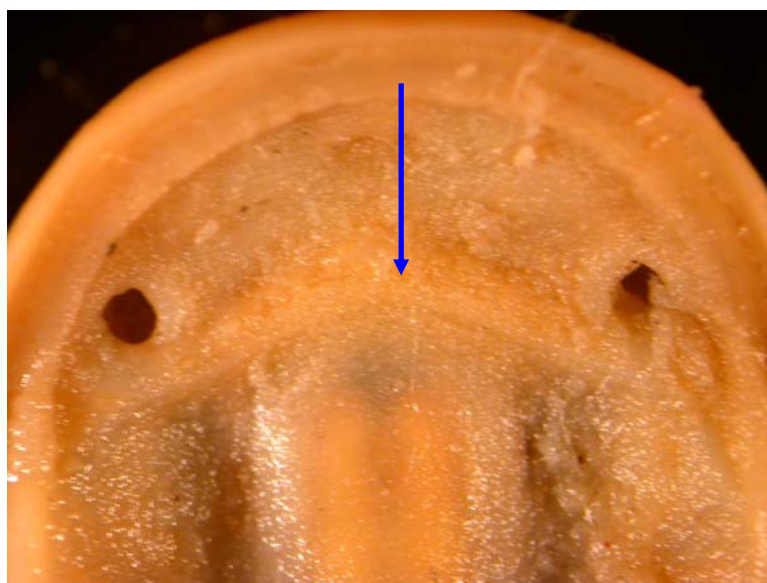


Foto 7.- Dientes prevomerianos de adulto ubicados por detrás de las coanas (señalados con la flecha).

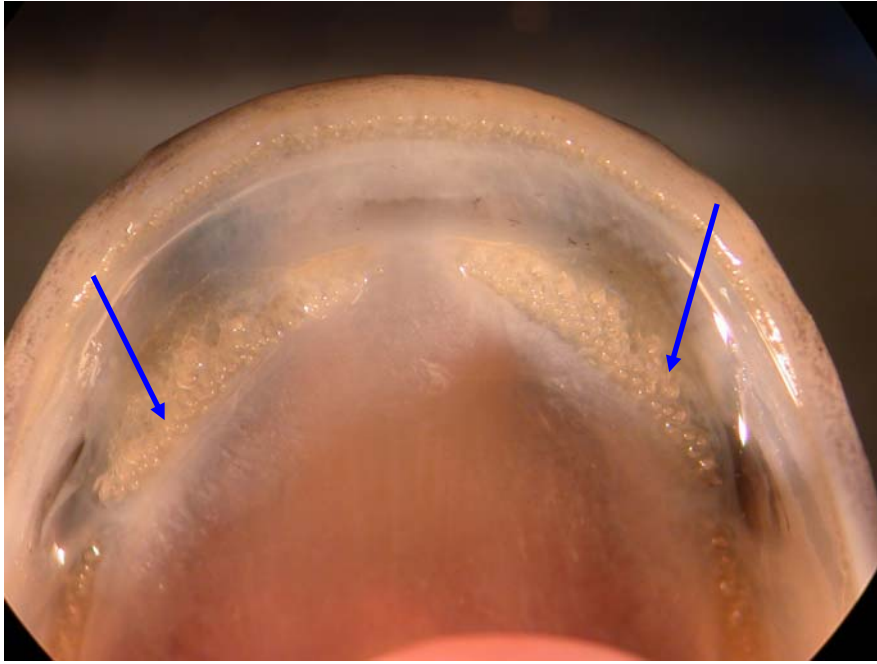


Foto 8.- Dientes prevomerianos de larva ubicados por delante de las coanas (señalados con flechas).

DESCRIPCIONES

El fósil ST129 (foto 9) se encuentra incompleto debido a problemas en la extracción durante la recolección. Se observa expuesto dorsalmente, del cráneo solo se conserva el frontal y parte del parietal, occipitopétreo, las premaxilas del tipo pareadas y el maxilar incompleto; de las extremidades están presentes húmero izquierdo y parte del derecho; cúbito, radio y cuatro dedos logran observarse como impresiones, no existen marcas de carpos; seis vértebras están estalladas por lo que no se pueden determinar el tipo de estas.

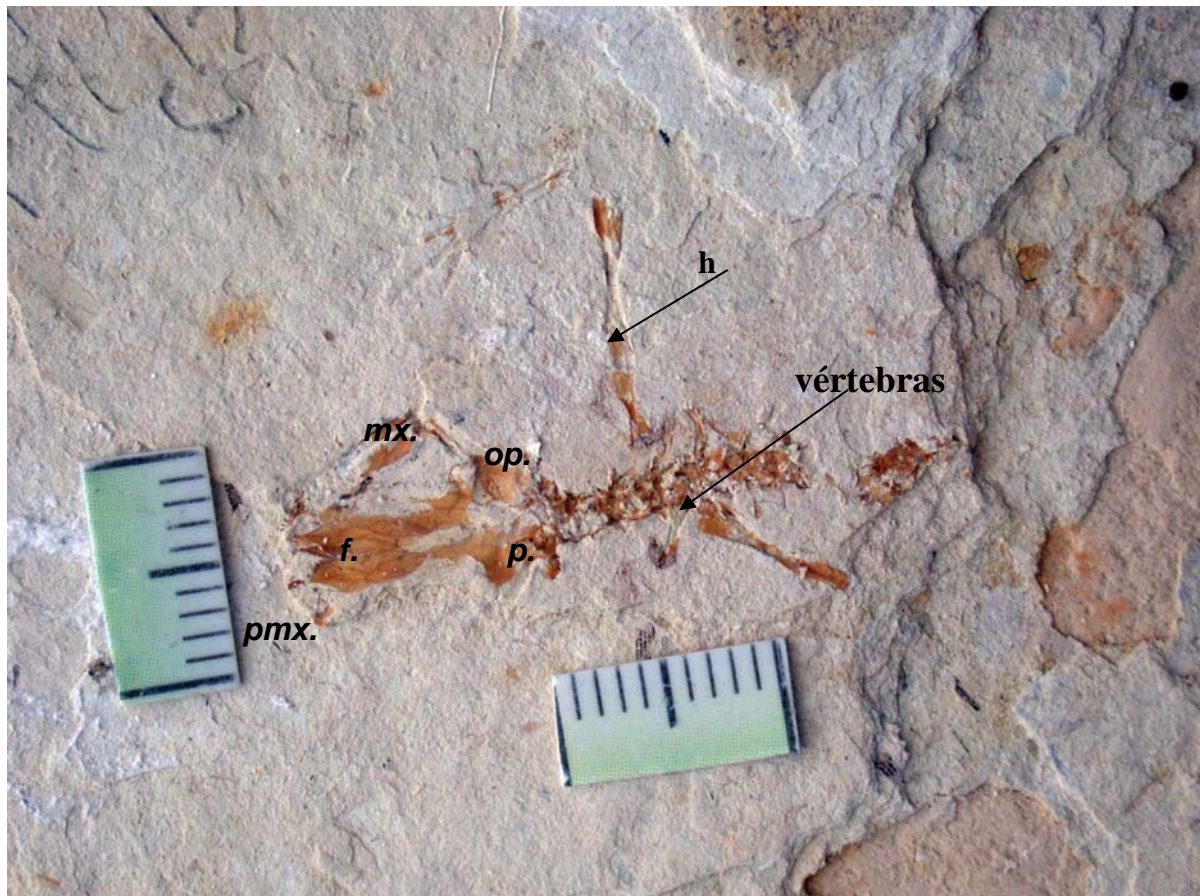


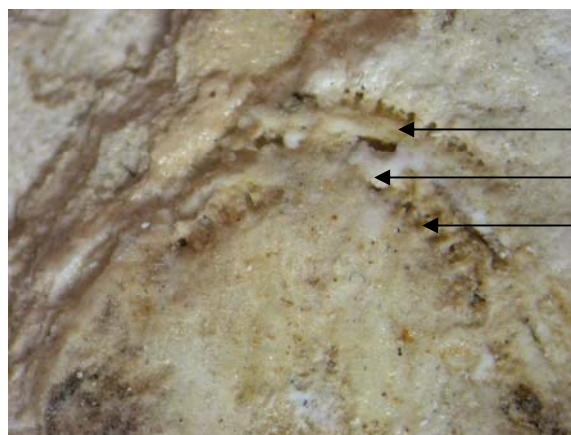
Foto 9.- Fósil ST129

ST1232. Este es el organismo mas grande que se ha colectado (Foto 10a), es evidente la gran falta de huesos aunque a pesar de ello parte del esqueleto logró conservarse como impresión. Del cráneo se observan premaxilares, maxilar, frontal, parietal, parasfenoideo y pterigoides; la impresión de dientes prevomerianos arreglados en línea transversal por delante de lo que serian las coanas (Foto 10b).

Cuatro extremidades, las delanteras con cuatro dedos y las traseras con 5, las falanges se observan claramente, algunas con el hueso presente y otros como impresiones y no presentan carpos ni tarsos, 17 vértebras desde la cervical hasta la sacra que une la cintura pélvica.



Foto 10 (a).- Fósil ST1232



Dientes de la maxila inferior
Dientes de la premaxila
Dientes prevomerianos

Foto 10 (b).- Impresión de dientes prevomerianos ST1232

ST787. Está expuesto en vista dorsal (foto 11 a, b); se conservó la mandíbula, el frontal y parietal que están rotos a la mitad; el pterigoides y el occipitopétreo están casi completos y logran apreciarse bastante bien; las premaxilas son pareadas y no se observan a detalle porque están por debajo del dentario al igual que el maxilar ya que estos últimos no pudieron retirarse.

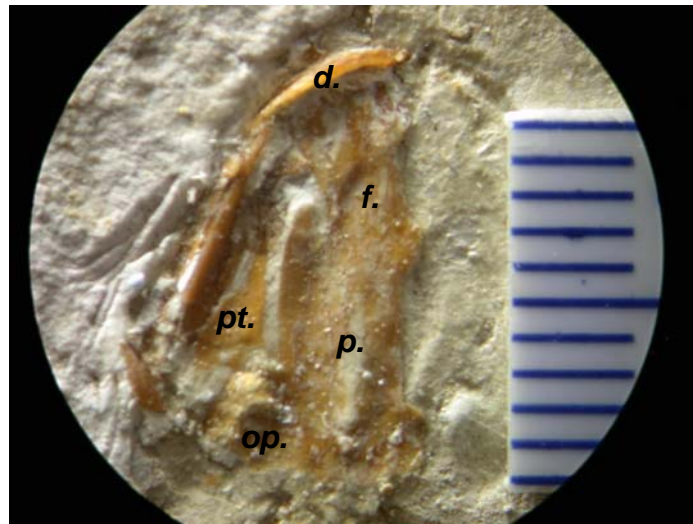


Foto 11 (a).- Fósil ST787- expuesto en vista dorsal



Foto 11 (b).- Fósil ST787 +

ST981. Es un fósil incompleto a causa de la extracción; se recuperaron las dos extremidades posteriores y gran parte de las vértebras del tronco y de caudales aunque estalladas tienen un grado de permineralización muy bueno, ya que los huesos no son tan frágiles como en otros ejemplares conservándose las falanges, no presentan tarsos.

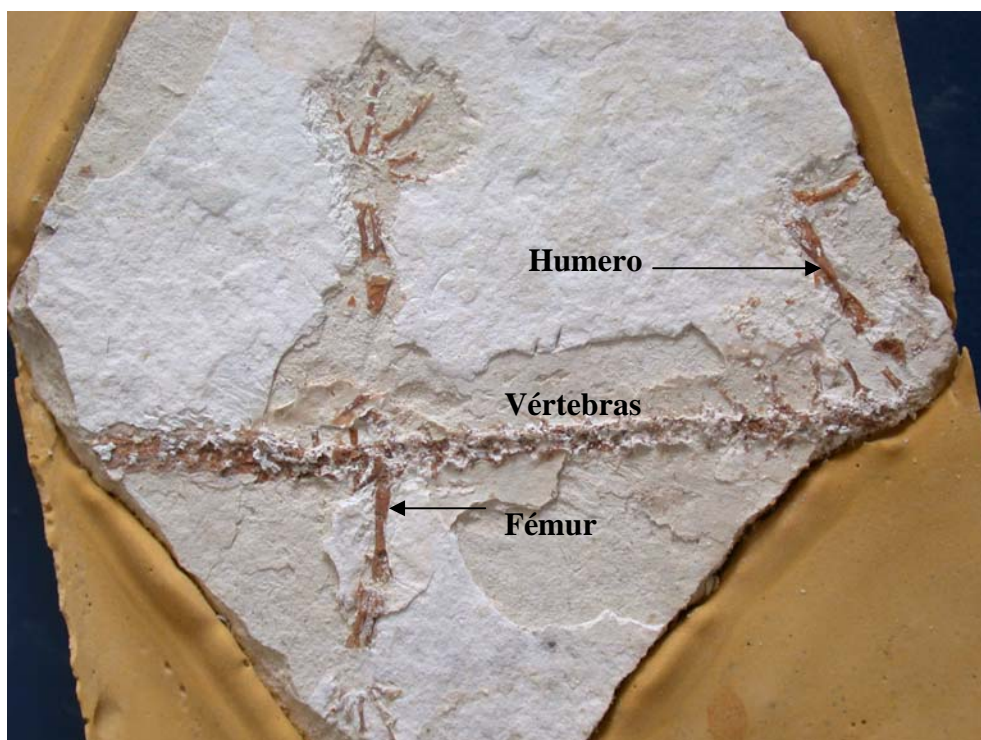


Foto 12.- Fósil ST981

ST1233. Aquí la mayoría de los huesos están rotos y ausentes, si bien se observan sus impresiones; se nota claramente que el tamaño de la cabeza es mucho mayor en comparación con los demás fósiles.



Foto 13.- Fósil ST1233, organismo más grande

ST1616. Este es un organismo completo en donde el negativo está expuesto de forma ventral conservando el parasfenoideo, pterigoides izquierdo, cuadrado, maxila y las premaxilas estas pareadas; cuatro extremidades, las delanteras con cuatro dedos y las traseras con cinco, el número de vértebras es 17 pero están en mal estado por lo que no fue posible determinar a que tipo pertenecían. El negativo contiene el parietal, el dentario, el pterigoides derecho y el escamoso.

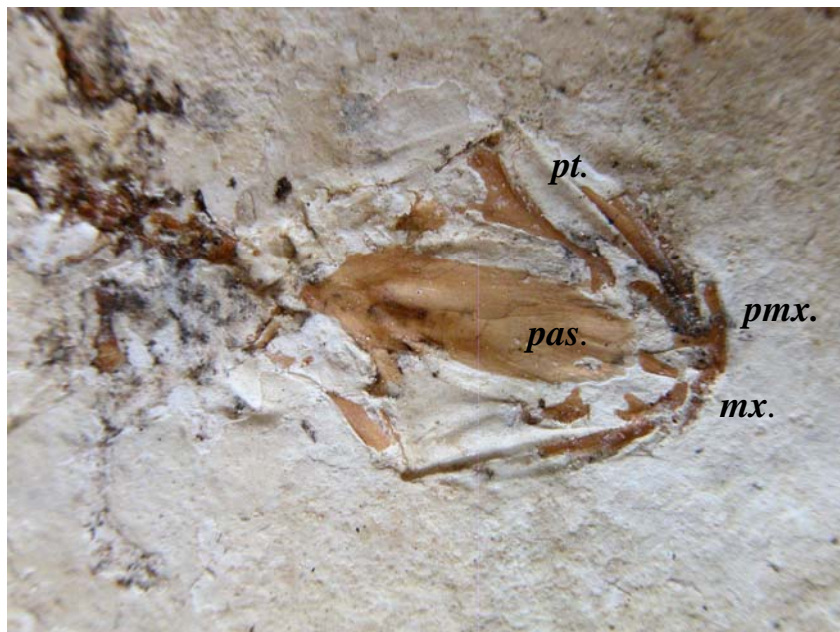


Foto 14.- ST1616 arriba negativo, bajo positivo.

ST 1880. Este es un organismo completo y muy frágil, las extremidades no fosilizaron pero el cúbito, radio y falanges se logran ver como una leve impresión no así los carpos; contiene una gran cantidad de material orgánico y litológico que no se pudo retirar por que el grado de fosilización no lo permite.



Foto 15.- Fósil ST1880.

Fenograma 1

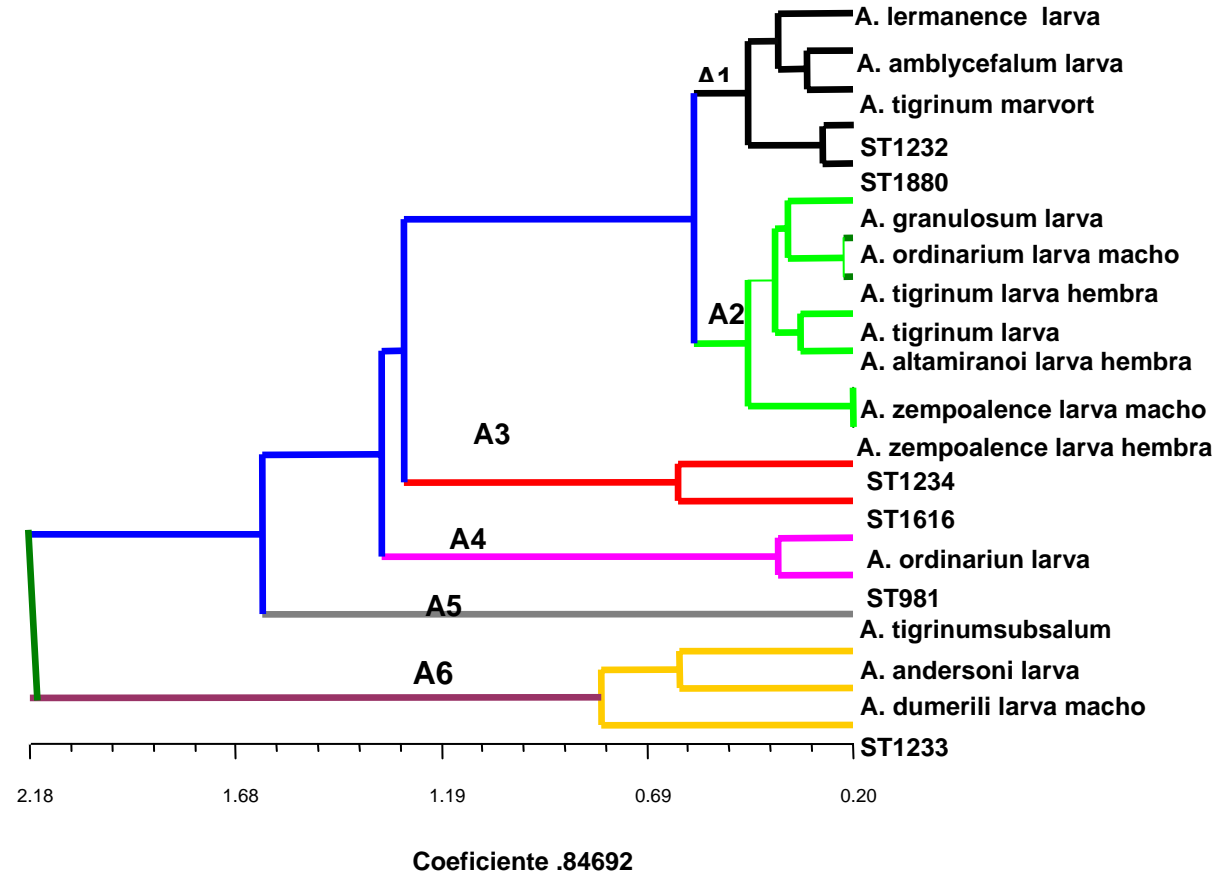


Figura 14.- Fenograma 1. A= Ambystoma y ST= número de ejemplar fósil.

Fenograma 2

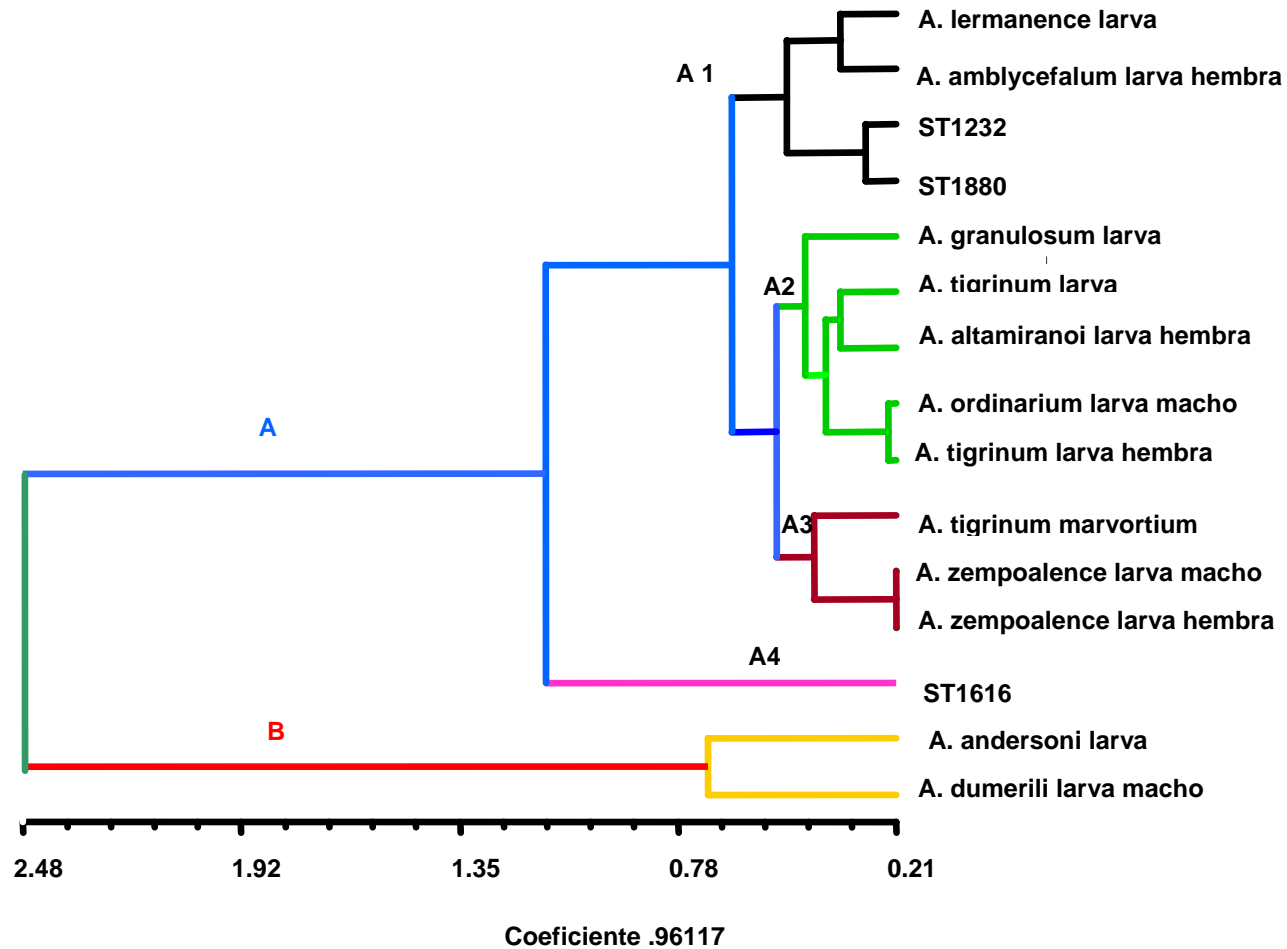


Figura 15.- Fenograma 2. A= Ambystoma y ST= número de ejemplar fósil.

Para determinar si los fósiles pertenecían a alguna de las especies aclaradas se construyó una matriz básica de datos, se utilizaron 10 estados de carácter cuantitativos, que son los que se logran ver en los fósiles, solo fueron tomados en cuenta larvas de machos y hembras (Anexo V). El coeficiente de similitud utilizado fue el de la distancia taxonómica promedio y el coeficiente de agrupamiento UPGMA.

En el fenograma de la Matriz 1 (figura 14) se separan dos grupos principales A y B, el primero con 17 Otus dividido en cinco subgrupos. A1 formado por tres especies actuales y los ejemplares fósiles ST1232 y ST1880 este agrupamiento se debe carácter de tamaño total.

En A2 se agrupan únicamente especies actuales (seis); A3 formado por los ejemplares fósiles ST 1234 y ST1616, probablemente se unen por los caracteres longitud y ancho de la cabeza, longitud del fémur y húmero, el ejemplar 1234 carece de muchos caracteres (se representaron con 99, en la matriz) probablemente se agrupe por estas ausencias. El penúltimo subgrupo A4 agrupa a *A. ordinarium* y el fósil ST 981, A5 con una especie actual y finalmente el fósil 1232 del cual se tienen pocos caracteres, se agrupa con las dos especies actuales (neoténicas) más grandes.

Debido a las inconsistencias en el acomodo de los especímenes fósiles del primer fenograma se corrió un segundo (figura 15), con el mismo número de estados de carácter, coeficiente de similitud (distancia taxonómica promedio) y coeficiente de agrupamiento (UPGMA). Se utilizó solo los ejemplares más completos para evitar sesgos en el agrupamiento. Ejemplares (ST 1232, ST1880 Y ST1616) (ver anexo VI), se observó el mismo agrupamiento en A y B, quedando en B solo especies actuales. En A se mantiene el agrupamiento en cuatro subgrupos, en A1 queda igual que el fenograma anterior A2 y A3 con solo especies actuales y el ejemplar ST 1616 se separa, debido a que es el ejemplar más completo esto apoyaría el proponerlo como una especie diferente.

La utilización del registro fósil para estudios ecológicos, está fundamentado en su autoctonia y se puede determinar realizando un pequeño análisis, que es el que se comenta a continuación: Debido a que en los *Ambystomas* no están presentes todos los huesos, se establece que se

fosilizaron como permineralizaciones incompletas. En la mayoría de los casos los huesos son muy frágiles, están fracturados y aplastados. Todos los ejemplares fósiles se encontraron articulados lo que indica que no hubo transporte y que el enterramiento ocurrió rápidamente, fosilizando en el mismo sitio donde murieron, es decir, son autóctonos y caracterizan la localidad de Sanctorum. Se pudo favorecer este asentamiento al interpretarse como la parte distal y con baja energía del lago, esto se demuestra por que el tipo de grano que fue depositado en esta zona es mas fino que en las otras dos localidades y por la buena preservación de la paleobiota que presenta. Además de que estudios geoquímicos de conchas de ostrácodos registran que la temperatura del lago era de 20.64° C a 26.85° C Reyes y Vásquez (2003) que eran aguas calidas apropiadas para la vida de estos organismos.

CONCLUSIONES

- La técnica de tinción utilizada permite diferenciar machos, hembras, larvas y adultos de los ejemplares actuales.
- Se adaptaron tiempos de tinción y cantidades de reactivos para cada uno de los ejemplares dependiendo del tamaño y el tiempo de estar preservados.
- Solo los estados juveniles, tanto machos como hembras, de los siete ejemplares aclarados así como los 15 que se les tomó radiografías, tienen los carpos y tarsos cartilaginosos.
- En el caso de la cintura pélvica de las hembras (larvas y adultos) ésta es más ancha y con menor cantidad de cartílago.
- El estado de desarrollo de los fósiles fue interpretado como larvario o neotenico debido a la ausencia de carpos y tarsos.
- No fue posible asignarles sexo a los fósiles por que la cintura pélvica no se observa.
- El acomodo de los dientes del fósil ST1232 indica estado larvario.
- Se propone que el ejemplar ST1616 podría pertenecer a una nueva especie.
- Durante el Plioceno, en La Formación Atotonilco el Grande, estuvo presente el género *Ambystoma*, por lo que la presente investigación es un aporte más a la reconstrucción faunística del paleolago, este registro es el más viejo para México.

- Sólo la localidad de Sanctorum presentó las condiciones óptimas de temperatura, y fauna acompañante para el desarrollo de estos vertebrados.

ANEXOS

Anexo I

La técnica de tinción consiste de los siguientes pasos:

- ❖ **Deshidratación.** Colocar al organismo en una solución de 50% de agua destilada y 50% de etanol al 95% durante un día. Posteriormente, traspararlo a etanol absoluto o etanol al 95% en caso de no contar con el primero durante un día.

- ❖ **Teñido del cartílago.** Colocar al ejemplar en 100ml de una primera solución compuesta por 70ml. de etanol absoluto, 30ml de ácido acético y 20mg de azul de alciano por dos días.
Enseguida colocarlo en una segunda solución preparada con 60ml de etanol absoluto, 40ml de ácido acético y 30mg de azul de alciano por un día y medio. (Cabe mencionar que las cantidades de reactivo pueden ser modificadas siempre y cuando se mantenga la proporción, ya que en el caso de ejemplares de gran tamaño, será necesario preparar una mayor cantidad que la indicada).

- ❖ **Neutralización.** Preparar una solución saturada de borato de sodio y colocar al organismo durante 12 horas.

- ❖ **Blanqueado (sólo si los especímenes son pigmentados).** Preparar 100ml de solución con 15ml de peróxido de hidrógeno al 3% y 85ml de hidróxido de potasio al 4% y dejar permanecer al organismo durante 40 minutos.

- ❖ **Digestión en tripsina.** Preparar 100ml de solución con 35ml de solución saturada de borato de sodio con 65ml de agua destilada y polvo de tripsina. Mantener al organismo en esta solución hasta que al menos el 60% del mismo se aclare; cambiarlo a una solución fresca cada diez

días (en este caso se adicionó hidróxido de sodio para acelerar el proceso).

- ❖ **Teñido de los huesos.** Colocar al ejemplar en una solución de hidróxido de potasio al 1% con colorante rojo de alizarina durante un día.
- ❖ **Decoloración.** Preparar 100ml de solución con 35ml de solución saturada de borato de sodio, 65ml de agua destilada y polvo de tripsina y dejar al organismo durante dos días. Cambiar a una solución fresca cada diez días hasta que el espécimen esté aclarado.
- ❖ **Preservación.** Preparar soluciones de glicerina al 30% y 60% con solución de hidróxido de potasio al 1% y mantener al ejemplar durante un día en cada una de ellas. Posteriormente, trasladar al vertebrado a una solución de glicerina al 100% con timol como preservativo final. (La luz solar directa y la solución de glicerina al 100% ayudan a aclarar especímenes difíciles).

Las modificaciones a la técnica original que se presentan a continuación se debieron al tiempo de preservación y el tamaño que los organismos tenían.

Para la deshidratación se colocó al organismo en una solución de etanol al 50% por un día y posteriormente a una de 95% por un día más.

En la tinción del cartílago se colocó en una solución compuesta por 70ml de etanol, 30ml de ácido acético y 20mg de azul de alciano durante tres días.*

Posteriormente se colocó en solución de 60ml de etanol absoluto con 40ml de ácido acético y 30mg de azul de alciano durante un día y medio.

Se procedió entonces a neutralizar al organismo con una solución saturada de borato de sodio durante un día.*

Para el blanqueado se preparó una solución de 15ml de peróxido de

hidrógeno al 3% y 85ml de hidróxido de potasio al 4% dejándolo una hora.

Digestión de tripsina se preparó una solución de borato saturada y polvo de tripsina, además se le adicionó 10 bolitas de hidróxido de potasio para acelerar el proceso, cambiando esta solución cada 10 o 15 días.*

Teñido de los huesos: se colocó el organismo en una solución de hidróxido de potasio al 1% con 0.1g de rojo de alizarina unos durante un día. Y otros por 6 horas *

Anexo II.- Pasos y tiempos para la tinción de cada organismo.

	<i>Ambuystoma granulosum</i>	<i>Ambystoma rivulare</i> Hembra	<i>Ambystoma rivulare</i> Macho	<i>Ambysrtoma lermanense</i> Larva	<i>Ambtystoma lermanence</i> Adulto	<i>Ambystoma dumerili</i>	<i>Ambystoma tigrinum velaci</i>
Deshidratación	18-03-04	18-03-04	18-03-04	18-03-04	18-03-04	18-03-04	18-03-04
1era Tinción de cartílago	20-03-04	20-03-04	20-03-04	20-03-04	20-03-04	20-03-04	20-03-04
2da Tinción de cartílago	24-03-04	24-03-04	24-03-04	24-03-04	24-03-04	24-03-04	24-03-04
Neutralización	25-03-04	25-03-04	25-03-04	25-03-04	25-03-04	25-03-04	25-03-04
Blanqueado	26-03-04	26-03-04	26-03-04	26-03-04	26-03-04	26-03-04	26-03-04
Digestión	22-04-04	22-04-04	22-04-04	22-04-04	22-04-04	22-04-04	22-04-04
Teñido de huesos	11-17-04	02-03-05	10-11-14	10-11-04	28-02-05	11-29-04	01-25-05
Decoloración	11-18-04	02-04-05	10-12-04	10-12-04	01-02-05	11-30-04	01-25-05
Preservación	07-06-05	07-06-05	07-06-05	07-06-05	07-06-05	07-06-05	07-06-05

Anexo III.- Medidas somáticas de ejemplares fósiles de la Localidad de Sanctorum Hidalgo.

	ST129	ST 787	ST981	ST1232	ST1233	ST1234	ST1616	ST1824	ST1880
Largo total	---	---	---	10.60	---	---	7.00	---	8.70
Largo cabeza cloaca	---	---	---	5.80	---	3.70	5.00	---	5.90
Largo cabeza	1.20	1.60	---	1.60	2.20	1.00	1.40	0.90	1.60
Ancho cabeza	1.30	1.50	---	1.70	2.70	1.10	1.30	1.00	1.50
Humero	0.60	---	0.80	0.90	1.50	---	0.70	---	0.90
Fémur	---	---	0.70	0.75	---	0.40	0.50	---	0.80
Tibio fibula	---	---	0.30	0.40	---	---	0.30	---	---
Peroné	---	---	0.30	0.40	---	---	0.30	---	---
Cubito	---	---	0.50	0.42	0.75	---	0.40	---	0.45
Radio	---	---	---	0.41	0.74	---	0.40	---	0.45
Numero de vértebras	---	---	---	17	---	17	17	---	17
Carpelos osificados	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Dientes por delante de las coanas	---	---	---	0	0	0	0	---	0
Dientes por detrás de las coanas	---	---	---	1	1	1	1	---	1

Anexo IV.- Medidas somáticas de las especies de Ambystomas (Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología UNAM)

	<i>A. altamiranoi</i>	<i>A. altamiroani</i>	A. <i>amblycefalum</i>	A. <i>amblycefalum</i>	<i>A. andersoni</i>	<i>A. dumerili</i>	<i>A. ordinarium</i>	<i>A. ordinarium</i>
	Larva Hembra	Adulto Hembra	Adulto Macho	Larva Hembra	Macho	Larva Macho	Larva	Adulto Macho
Largo total	14.60	12.00	13.50	13.50	19.00	19.00	11.50	12.60
Largo cabeza-cloaca	7.90	5.30	7.30	5.90	10.20	10.30	6.50	6.70
Largo cabeza	1.60	1.30	1.60	1.60	2.70	3.00	1.90	1.60
Ancho cabeza	1.90	1.30	1.60	1.50	3.00	3.50	1.70	1.70
Húmero	0.90	0.70	1.00	0.80	1.30	1.60	0.70	0.90
Fémur	0.80	0.70	0.90	0.70	1.20	1.50	0.60	0.80
Tibio fíbula	0.55	0.40	0.60	0.45	0.85	0.80	---	4.60
Peroné	0.55	0.40	0.60	0.45	0.85	0.80	---	4.60
Cúbito	0.49	0.40	0.50	0.40	0.80	0.80	---	0.40
Radio	0.48	0.40	0.50	0.40	0.80	0.80	---	0.40
Numero de vértebras	17	17	17	17	17	17	17	17
Numero de dedos traseros	5	5	5	5	5	5	5	5
Numero de dedos delanteros	4	4	4	4	4	4	4	4
Carpos osificados	No	Si	Si	No	---	No	No	Si
Dientes detrás de las coanas	No	Si	Si	No	---	No	No	Si
Ancho cloaca	0.90	0.70	0.70	---	1.50	1.40	---	0.80

Anexo IV (Cont.)- Medidas somáticas de las especies de Ambystomas (Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología UNAM)

	<i>A. ordinarium</i>	<i>A. rosaceum</i>	<i>A. tigrinum</i>	<i>A. tigrinum</i>	<i>A. tigrinum</i>	<i>A.</i>	<i>A. zempoalense</i>	<i>A.</i>
	Larva Macho	Adulto Macho	<i>subsalum</i>	<i>marvortium.</i> Larva	Larva Hembra	<i>zempaloaense</i>	Larva Hembra	<i>lertmanence</i>
			Larva Macho	Macho		Larva Macho		Larva
Largo total	12.50	9.80	9.00	12.80	13.40	12.60	13.90	12.50
Largo cabeza-cloaca	7.00	5.10	9.70	5.60	7.30	6.30	6.40	7.00
Largo cabeza	1.90	1.30	1.30	1.50	1.70	1.60	1.40	1.90
Ancho cabeza	1.80	1.20	1.10	1.60	1.80	1.50	1.40	1.80
Humero	1.00	0.70	1.70	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
Fémur	0.90	0.60	0.60	0.80	0.90	0.90	0.90	0.90
Tibio fíbula	0.49	0.40	---	0.45	---	0.55	0.56	0.49
Peroné	0.49	0.40	---	0.45	---	0.55	0.56	0.49
Cúbito	---	0.30	---	0.50	0.45	0.50	0.48	---
Radio	---	0.30	---	0.50	0.45	0.50	0.49	---
Numero de Vértebras	---	17	17	17	17	17	17	---
Numero de dedos traseros	5	5	5	5	5	5	5	5
Numero de dedos delanteros	4	4	4	4	4	4	4	4
Carpos y tarsos osificados	No	Si	No	No	No	No	No	No
Dientes por detrás de coanas	No	Si	No	No	No	No	No	No
Ancho cloaca	0.90	0.70	---	0.80	1.00	0.80	0.80	0.90

Anexo IV (Cont.)- Medidas somáticas de las especies de Ambystomas (Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología UNAM)

	<i>A. rivulare</i> macho	<i>A. rivulare</i>	<i>A. lermanence</i> Adulto	<i>A. lermanence</i> Larva	<i>A. granulosum</i>	<i>A. tigrinum</i> <i>velaci</i>	<i>A. dumerilli</i>
Largo total	12.3	16.5	15.00	12.30	---	15.00	7.30
Largo cabeza-cloaca	7.30	8.30	---	7.30	8.00	7.50	---
Largo cabeza	1.50	1.70	1.80	1.60	---	1.70	---
Ancho cabeza	1.70	1.80	2.10	1.30	---	1.70	---
Humero	1.00	1.30	1.10	0.85	1.10	0.90	0.90
Fémur	0.90	1.10	1.00	0.75	1.00	0.70	0.80
Tibio fíbula	---	---	---	---	---	---	---
Peroné	---	---	---	---	---	---	---
Cúbito	---	---	---	---	---	---	---
Radio	---	---	---	---	---	---	---
Numero de Vértebras	16	16	17	17	17	17	17
Numero de dedos traseros	5	5	5	5	5	5	5
Numero de dedos delanteros	4	4	4	4	4	4	4
Carpos y tarsos osificados	---	---	Si	No	---	---	---
Dientes por detrás de coanas	---	---	Si	No	---	---	---
Ancho cloaca	1.20	---	---	0.90	---	---	---

Anexo V.- Matriz de datos con seis fósiles utilizada para el fenograma 1

	<i>A. lermanence</i>	<i>A. granulorum</i>	<i>A. tigrinum</i>	<i>A. altamiranoi</i>	<i>Amblycephalum</i>	<i>A. Andersoni</i>	<i>A. dumerili</i>	<i>A. ordinarium</i>	<i>A. ordinarium</i>	<i>Atigrinum subsalum</i>
	Larva	Larva	Larva	Larva Hembra	Larva Hembra	Larva	Larva Macho	Larva	Larva Macho	Larva a macho
Largo tota	12.30	14.50	15.00	14.60	13.50	19.00	19.00	11.50	12.50	9.30
Largo cabeza-cloaca	7.30	8.00	7.50	7.90	5.90	10.20	10.30	6.50	7.00	9.70
Largo cabeza	1.60	1.90	1.70	1.60	1.60	2.70	3.00	1.90	1.90	1.30
Ancho cabeza	1.30	99	1.70	1.90	1.50	3.00	3.50	1.70	1.80	1.10
Húmero	0.85	1.10	0.90	0.90	0.80	1.30	1.60	0.70	1.00	1.70
Fémur	0.75	1.00	0.80	0.80	0.70	1.20	1.50	0.60	0.90	0.60
Tibio fíbula	0.42	0.50	0.45	0.55	0.45	0.85	0.80	99	0.49	99
Peroné	0.42	0.50	0.45	0.55	0.45	0.85	0.80	99	0.49	99
Cúbito	0.40	0.46	0.45	0.49	0.40	0.80	0.80	99	99	99
Radio	0.40	0.46	0.45	0.48	0.40	0.80	0.80	99	99	99

Anexo V (Continuación). – Matriz de datos con seis fósiles utilizada para el fenograma 1

	<i>A tigrinum</i> <i>Marvortium</i> Larva Macho	<i>A tigrinum</i> Larva Hembra	<i>A zempoalence</i> Larva Macho	<i>A zempoalence</i> Larva Hembra	ST1232	ST1233	ST1234	ST1616	ST1880	ST981
Largo total	12.80	13.40	12.60	13.90	10.60	99	99	7.00	8.70	99
Largo cabeza -	5.60	7.30	6.30	6.40	5.80	99	3.70	5.00	5.90	99
Largo cloaca										
Largo cabeza	1.50	1.70	1.60	1.40	1.60	2.20	1.00	1.40	1.60	99
Ancho cabeza	1.60	1.80	1.50	1.40	1.70	2.70	1.10	1.30	1.50	99
Húmero	0.90	1.00	1.00	1.00	0.90	1.50	99	0.70	0.90	0.80
Fémur	0.80	0.90	0.90	0.90	0.75	99	0.40	0.50	0.80	0.70
Tibio fíbula	0.45	99	0.55	0.56	0.40	99	99	0.30	99	0.30
Peroné	0.45	99	0.55	0.56	0.40	99	99	0.30	99	0.30
Cúbito	0.50	0.45	0.50	0.48	0.42	0.75	99	0.40	0.45	5.00
Radio	0.50	0.45	0.50	0.49	0.41	0.74	99	0.40	0.45	99

Todas las medidas están dadas en centímetros

ST: Numero de ejemplar fósil

99: Ausencia

L: Larva

M: Macho

H: Hembra

Anexo VI.- Matriz de datos con solo los fósiles más completos (3) utilizada para el fenograma 2

	<i>A</i>		<i>A</i>				
	<i>A lermanence</i>	<i>granulosum</i>	<i>A tigrinum</i>	<i>A altamiranoi</i>	<i>amblycefalum</i>	<i>A. andersoni</i>	<i>A dumerili</i>
	Larva	Larva	Larva	Larva Hembra	Larva Hembra	Larva	Larva Macho
Largo total	12.30	14.50	15.00	14.60	13.50	19.00	19.00
Largo cabeza-cloaca	7.30	8.00	7.50	7.90	5.90	10.20	10.30
Largo cabeza	1.60	1.90	1.70	1.60	1.60	2.70	3.00
Ancho cabeza	1.30	1.99	1.70	1.90	1.50	3.00	3.50
Húmero	0.80	1.10	0.90	0.90	0.80	1.30	1.60
Fémur	0.75	1.00	0.80	0.80	0.70	1.20	1.50
Tibio fíbula	0.42	0.50	0.45	0.55	0.45	0.85	0.80
Peroné	0.42	0.50	0.45	0.55	0.45	0.85	0.80
Cúbito	0.40	0.46	0.45	0.49	0.40	0.80	0.80
Radio	0.40	0.46	0.45	0.48	0.40	0.80	0.80

Anexo VI (continuación).- Matriz de datos con solo los fósiles más completos (3) utilizada para el fenograma 2

	<i>A tigrinum</i>			<i>A</i>	<i>A</i>			
	<i>A ordinarium</i>	<i>Marvortium</i>	<i>A tigrinum</i>	<i>zempoalence</i>	<i>zempoalence</i>			
	Larva Macho	Larva Macho	Larva Hembra	Larva Macho	Larva Hembra	ST1232	ST1616	ST1880
Largo total	12.50	12.80	13.40	12.60	13.90	10.60	7.00	8.70
Largo cabeza-cloaca	7.00	5.60	7.30	6.30	6.40	5.80	5.00	5.90
Largo cabeza	1.90	1.50	1.70	1.60	1.40	1.60	1.40	1.60
Ancho cabeza	1.80	1.60	1.80	1.50	1.40	1.70	1.30	1.50
Húmero	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	0.90	0.70	0.90
Fémur	0.90	0.80	0.90	0.90	0.90	0.75	0.50	0.80
Tibio fíbula	0.49	0.45	99	0.55	0.56	0.40	0.30	99
Peroné	0.49	0.45	99	0.55	0.56	0.40	0.30	99
Cúbito	99	0.50	0.45	0.50	0.48	0.42	0.40	0.45
Radio	99	0.50	0.45	0.50	0.49	0.41	0.40	0.45

Todas las medidas están dadas en centímetros

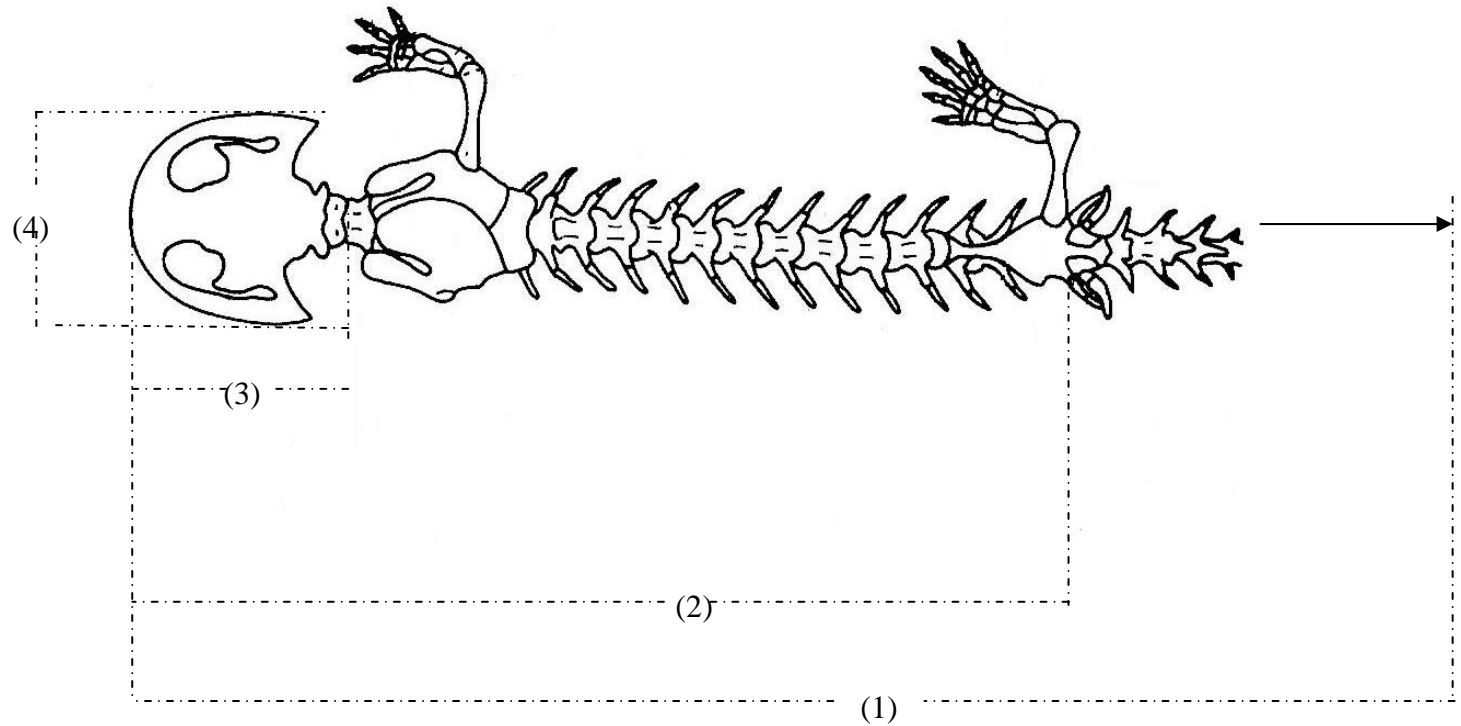
ST: Numero de ejemplar fósil

99: Ausencia

L: Larva M: Macho

H: Hembra

ANEXO VII.



Esqueleto de salamandra ilustrando las medidas tomadas en los ejemplares: 1. Largo total; 2. Largo cabeza cloaca; 3. Largo cabeza; 4. Ancho cabeza.

ANEXO VIII.- Terminología empleada para las descripciones, basada en Duellman (1986), las iniciales utilizadas en las ilustraciones están en ingles.

Cuadrado.....*c.*

Dentario.....*d.*

Escamoso.....*sq.*

Frontal.....*f.*

Maxilar.....*mx.*

Occipitopetreo.....*op.*

Orbitosfenoides.....*of.*

Parasfenoideo.....*pas.*

Parietal.....*p.*

Prefrontal.....*prf.*

Premaxilar.....*pmx.*

Pterigoides.....*pt.*

Vomer.....*v.*

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar J. Felisa y Velasco De León Ma. Patricia. 2002 El clima durante el plioceno en la región de Santa Maria Amajac, Hidalgo, México. Boletín Sociedad Botánica Mexicana, 71: 71-81.
- Castillo, C.J. M.; Cabral, P. M. A. Y Carranza, C. 0.1995. Vertebrados Fósiles del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. México.
- Cockrum E. Lendell. 1984. Zoología. Interamericana. México D.F. 514-515 pp.
- Duellman E. William 1986. Herpetology. Mac Graw-Hill Book company. USA. 484-507 pp.
- Estes Richard y Thien A. Joseph. 1964. Lower Vertebrates From the Valentin Formatlon of Nebraska. Contributions from the Museum of Paleontology, The University of Michigan. 24(12):125-134.
- Fay P. Leslie. 1984. Mid Wisconsinan and Mid-Holocene Herpetofaunas of Eastern North America: a study in mini mal contrast. 15-19.
- Grassé P. Pierre. 1978 Zoología. Reproducción, Biología, Evolución y Sistemática. Barcelona.
- Hikman. 1998. Zoología de Vertébrados. Interamericana Mac Graw-Hill Book Company. EUA. 718-735 pp.
- Holman J. Alan. 1978. the late Pleistocene Herepetofauna of Devil's Den Sinkhole, levy County, Florida. Herpetologica 34(2), 228-237.

- Holman J. Alan. 1978. Herpetofauna of the Bijou Hills Local Fauna (late Miocene: Barstovian) of South Dakota. *Herpetologica* 34(3), 253-257.
- Holman J. Alan. 1984. Herpetofaunas of the Duck Creek and Williams Local faunas (Pleistocene: Illinoian) of Kansas. Monograph of the Museum of Natural History, the University of Kansas. 20-25 pp.
- Holman J. Alan. 1987. Herpetofauna of the Egelhoff Site (Miocene: Barstovian) of North-Central Nebraska. *Journal of vertebrate Paleontology* 7(2): 109-120.
- Holman J. Alan. 1990. A Middle Pleistocene Herpetofauna from Cudmore Grove, Essex, England, and its Paleogeographic and Paleoclimatic Implications. *Journal of vertebrate Paleontology* 10(1):86-94.
- Hulbert Richard C. y Pratt E. Ann. 1998. New Pleistocene (Rancholabrean) Vertebrate Faunas from Coastal Georgia. *Journal of vertebrate Paleontology* 18(2):412-429.
- Luna- Gómez 1994. Estudio Geológico de la Región de Santa María Amajac, Municipio de Atotonilco el Grande, Estado de Hidalgo. México. pp. 27- 29.
- Melendez B. 1977. Paleontología. Tomo I. Paraninfo. Madrid España 9-12pp.
- Kapla's. Melissa. 2001. Salamander Origins pegged To Asia. National Geographic.com.
- Montaoa William. 1981. Anatomía comparada. Ediciones Omega S.A. 82-85pp.
- Reyes Torres Alejandro y Vásquez Rodríguez Sergio D. 2003. Determinación Taxonómica y Geoquímica de la Concha de Ostrácodos Fósiles pertenecientes al Plioceno presentes en Sanctorum Hidalgo México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM México D.F. 33pp,

- Rogers L. Kare11987. Pleistocene. Amphibians and Reptiles from Colorado (Alamosa Local Fauna; Pleistocene, Irvingtonian). Journal of vertebrate Paleontology 7(1):82-95.
- Salvador, F. R. 2001. Origen, sedimentología y Estratigrafía del Paleolago de Amajac, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, UNAM. México D.F. 87-88 pp.
- Thien A. J. y Chantell J. Charles. 1963. Urodele Remains from the Formation of Nebraska. Copeia, the American Society of Ichthyologists and Herpetologist 1-4 505-510 pp.
- Tovar Liceaga Rosa Elena y Montellano Ballesteros Marisol. 2004. Microfauna Pleistocénica de Santa Cruz Nuevo, Puebla. Memorias del IX Congreso nacional de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez Chiapas. 61pp.
- Weichert K. Charles. 1984. Elementos de Anatomía de Cordados. Mc Graw-Hill. México. 122-125 pp.
- Zinder Darle E. 1989. Procedimientos del aclaración y teñido para el estudio esqueleta de pequeños peces. –larval Fish Laboratory;, Colorado State University. 1-7 pp.
- Zug R. George. 2001. Introductory biology of amph1bians and reptiles. 2^a ed. Academics press. E.U.A. 49-51,275-380 pp.