



Leji 172

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

BIOLOGIA

Contribución al Estudio Histológico  
del Telencéfalo de  
Ambystoma mexicanum

Ida Soto Rodríguez  
TESIS PROFESIONAL



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.

# INDICE

I.	OBJETIVOS GENERALES	
II.	INTRODUCCION	
II.1	Características generales del sistema nervioso central de los vertebrados.....	1
II.2	Características del cerebro de los anfibios.....	4
II.3	Neuroanatomía del telen- céfalo de los anfibios.....	6
II.4	Características generales de <u>Ambystoma</u> y estudios relacionados con su siste- ma nervioso.....	11
III.	METODOLOGIA	
III.1	Disección.....	18
III.2	Fijación.....	18
III.3	Inclusión.....	18

III.4 Obtención de cortes.....	20
III.5 Técnicas de tinción e impregnación.....	20
III.6 Descripción de las técnicas de tinción e impregnación.....	20
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSION.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	51
VII. BIBLIOGRAFIA.....	52

## I. OBJETIVOS GENERALES

- Descripción de los principales elementos tisulares del telencéfalo de una especie mexicana, Ambystoma mexicanum.
- Conocer el valor de cada una de las técnicas aplicadas para la identificación de los elementos tisulares principales presentes en el telencéfalo de Ambystoma mexicanum.

## II. INTRODUCCION

### II.1 Características generales del sistema nervioso central de los vertebrados.

En todos los vertebrados se observa una importante masa de tejido nervioso en la región anterior del cuerpo. Este complejo de tejido nervioso recibe el nombre de encéfalo. En ésta región se sitúan los órganos de los sentidos y las estructuras nerviosas, así como las vías motoras finales.

En los vertebrados superiores pueden residir en el encéfalo, además de las zonas ya mencionadas, " centros de asociación cuya función tiene como resultado lo que se conoce como memoria, aprendizaje y conciencia " (Romer, 1981), ello se debe a que esta región es la primera en establecer contacto con el medio ambiente.

La porción anterior del tubo neural está destinada a formar el encéfalo que se desarrolla rápidamente en el embrión.

En las primeras etapas del desarrollo el encéfalo solo es una porción ensanchada del tubo neural. Más tarde, su extremo anterior se dobla hacia abajo dándose así una flexión cefálica; luego se produce en la región posterior un estrechamiento en una zona llamada istmo, de tal forma que se delimitan tres vesículas encefálicas primarias denominadas, cerebro anterior (prosencefalo), cerebro medio (mesencefalo) y cerebro posterior (rombencefalo).

Es importante mencionar que en los vertebrados el grado de desarrollo de cada una de las regiones del encéfalo está en correlación con su posición en la escala filogenética y con circunstancias relacionadas con el medio ambiente en que viven (Weichert, 1977).

Una vez delimitadas las tres vesículas, el prosencéfalo y el rombencéfalo sufren una segunda división, mientras que el mesencéfalo no vuelve a dividirse.

Al subdividirse el prosencéfalo, su extremo anterior da lugar al telencéfalo y el posterior forma el diencéfalo.

El telencéfalo, a diferencia de las demás regiones del encéfalo, es la que más se desarrolla en los grupos de vertebrados superiores.

En las primeras fases del desarrollo, el telencéfalo se expande anteriormente y se divide en el lóbulo olfatorio y en el hemisferio cerebral.

En los tetrápodos, el hemisferio se incrementa en tamaño y se separa en dos protuberancias laterales, que son los hemisferios cerebrales (Phillips, 1975).

Sin estar bien desarrollado, el telencéfalo de los anfibios tiene una función principalmente olfativa. Por el contrario, en mamíferos, como los primates, el telencéfalo se convierte en un centro de asociación y coordinación de todos los sentidos, así como en el responsable del proceso de la inteligencia, memoria y conciencia, característica particular del hombre.

El diencéfalo, a su vez, se subdivide en un techo delgado llamado epitálamo, en una porción lateral engrosada que forma el tálamo, y en el piso formado por el hipotálamo. Cada una de éstas zonas cumple una función específica dentro del organismo. El epitálamo en vertebrados inferiores se compone de un " cuerpo parietal anterior y un cuerpo pineal o epífisis posterior " (Weichert, 1977). Estas estructuras se encuentran en ciclóstomos, en muchos peces y en reptiles; en anfibios están fusionados.

El tálamo contiene importantes centros de regulación e integración, los cuales pasan los impulsos desde los hemisferios cerebrales hacia otros centro nerviosos (Weichert, 1977).

El hipotálamo está poco diferenciado en ciclóstomos y anfibios urodelos (Sarnat & Netsky, 1976), excepto por la materia gris que se divide en una región laminada y en una región lateral no laminada. En cambio los mamíferos poseen un hipotálamo más diferenciado (Sarnat & Netsky, 1976).

Como se mencionó anteriormente, el mesencéfalo, a diferencia de las otras dos vesículas, no vuelve a dividirse. En vertebrados inferiores está relacionado con el sentido de la vista y es además, un importante centro de asociación en peces y anfibios. En reptiles, aves y mamíferos muchas de éstas actividades de asociación son tomadas por la corteza cerebral y disminuye en estos grupos su importancia como centro de asociación y coordinación.

Al subdividirse el rombencéfalo, el extremo anterior da lugar al metencéfalo, éste sufre dorsalmente una elevación



y engrosamiento, dando lugar al cerebelo. El cerebelo está pobremente desarrollado en ciclóstomos, en algunos peces, en anfibios y en reptiles, presentándose más desarrollado en aves y en mamíferos.

El resto del rombencéfalo se convierte en el mielencéfalo ó médula oblongada, que ha sido considerada como la parte más antigua del encéfalo, ya que está bien desarrollada en todos los vertebrados, aún cuando las demás regiones sean muy rudimentarias.

El encéfalo y la médula espinal de los cordados están cubiertos por unas membranas llamadas meninges cuya función principal es la de protección.

En los ciclóstomos y en los peces existe una sola membrana, la meninge primitiva, la cual está estrechamente unida al encéfalo y a la médula espinal. En los anfibios urodelos, reptiles y aves, existen dos membranas, la pía-aracnoides interna y la duramadre externa. Separando a ambas membranas está el espacio subdural. En los mamíferos, la pía-aracnoides se diferencia en dos capas, una piamadre interna y una membrana aracnoides externa, quedando entre ambas un espacio denominado subaracnoideo.

## II.2 Características del cerebro de los anfibios.

El telencéfalo de los anfibios presenta algunos avan-

ces significativos sobre el de los peces; avances que pueden estar relacionados con la adaptación a la vida terrestre y con cambios consecuentes de una sensibilidad olfativa dominante a un incremento de la sensibilidad visual, táctil y auditiva.

En el telencéfalo de ciertos urodelos, por ejemplo Ambystoma, no existe una separación externa muy notoria entre los bulbos olfatorios y los hemisferios cerebrales ( Ariens-Kappers, et.al., 1965). Los hemisferios cerebrales se expanden por una evaginación lateral de tal forma que los ventrículos pareados están presentes ( Patt, 1969).

El diencéfalo presenta " el cuerpo pineal también conocido como epífisis, que es una estructura impar situada en la línea media de la región epitalámica ( Sarnat & Netsky, 1976). En los anfibios se presenta como un saco y en algunos casos no se presenta ( Leake, 1975).

La región tectal, que conforma el techo del mesencéfalo en los anfibios, representa el principal centro de coordinación, siendo el cerebelo muy pequeño ( Leake, 1975).

En las larvas y adultos acuáticos se presentan dos grandes células de Mauthner en la médula oblongada, cuya función es la de controlar los movimientos del tronco y de la cola de éstos animales ( Romer, 1981). Sin embargo desaparecen en los adultos que sufren metamorfosis total (Leake, 1975).

Los estudios realizados en el encéfalo de los anfibios

resultan ser pocos en comparación con los realizados en vertebrados superiores, principalmente en mamíferos. Así el anfibio más estudiado en éste aspecto es la rana común (Rana sp.). Sin embargo, existen otros anfibios que tienen una importancia biológica, como la salamandra, que ha sido muy poco estudiada en este sentido.

El encéfalo de la salamandra se considera como un excelente modelo de todos los encéfalos de vertebrados, debido a que presenta una organización embrionaria sencilla, reteniendo estructuras encefálicas rudimentarias que en otros vertebrados tienen un desarrollo complejo (Sarnat & Netsky, 1976).

Histológicamente el encéfalo de los anfibios presenta dos capas que son, la materia gris y la materia blanca. En la materia gris los cuerpos celulares de neuronas se encuentran reunidos cerca de los ventrículos cerebrales en una densa capa (Herrick, 1948; Warren, 1959; Warren & Hickman, 1974; Bullock, 1977; Weichert, 1977; Romer, 1981), se localizan también, fibras amielínicas y neuroglía. La materia blanca es periférica y presenta fibras mielínicas y procesos neurogliales (Warren, 1959).

### III.3 Neuroanatomía del telencéfalo de los anfibios.

El telencéfalo de los anfibios consiste de hemisferios

cerebrales pareados y de un par de bulbos olfatorios localizados en su parte anterior (Fig. 1).

Ebbesson, (1980) trata principalmente cuatro niveles transversales de estudio para el telencéfalo de Ambystoma, desde la región anterior a la posterior: 1) bulbo olfatorio (Fig. 2a); 2) región rostral del telencéfalo; 3) región media y 4) región caudal del mismo (Figs. 3a, 3b, 3c).

El bulbo olfatorio de los anfibios presenta seis capas descritas por Herrick, (1924) que son, del extremo exterior al interior ventricular: 1) el estrato nervioso (stn.) que contiene fibras del nervio olfatorio y sólo dos tipos de núcleos celulares, unos pequeños y alargados y otros redondos que se impregnan de manera más intensa; 2) la capa de glomérulos (st.glom.), en donde las células se encuentran dispersas formando grupos periglomerulares, así mismo en esta capa existe un número considerable de fibras nerviosas; 3) la capa plexiforme (st. plx.), que contienen neuronas dispersas siendo todas ellas células mitrales atípicas, además es una capa rica de fibras; 4) la capa de células mitrales (st. nc.), que se distribuyen de manera irregular. Del mismo modo que la capa plexiforme, ésta capa de células mitrales es rica en fibras; 5) la capa de células granulares arregladas de manera compacta (st. gr.); 6) la última capa está formada por las células endimarias (st. ep.) (Fig. 2b).

Sin embargo, Ebbesson, (1980) describe cinco capas, que

son, del exterior ventricular al interior: 1) la capa de fibras del nervio olfatorio y glomerular; 2) una capa formada de pequeños gránulos y células mintrales; 3) la capa granular plexiforme, compuesta de fibras olfatorias secundarias; 4) una capa granular interna y 5) la capa de células ependimarias.

A nivel de los hemisferios cerebrales, la parte más conspicua del telencéfalo, se pueden distinguir dos grandes zonas neuroanatómicas, el palio y el subpalio ( Ebbe-sson, 1980).

El palio comprende la pared dorsal del telencéfalo, formando un verdadero techo de los ventrículos ( Patt, 1969) y el subpalio corresponde al piso del telencéfalo ( Ebbe-sson, 1980).

Los tipos neuronales que se presentan a nivel del palio son: 1) células con forma de botella con tres a cinco dendritas cuyas prolongaciones se dirigen hacia la superficie de las meninges; 2) células estrelladas cuyas dendritas se prolongan en todas direcciones; 3) neuronas piramidales un poco más largas que las células con forma de botella cuyas dendritas se orientan medial y lateralmente; 4) neuronas esféricas ó con forma de botella que poseen dos ó tres dendritas apicales que se proyectan hacia la superficie de las meninges. Así mismo, en el subpalio se encuentran hasta tres tipos celulares, que son: 1) neuronas con múltiples dendritas; 2) células alargadas multipolares y 3) neuronas

pequeñas con dendritas cortas, (Ebbesson, 1980).

## Neuroglía

Con estudios de neuroanatomía clásica, varios autores han logrado distinguir tres tipos de neuroglía: astrocitos, ologodendroglía y microglía. La existencia de la microglía en los anfibios se ha puesto en duda debido al desarrollo de trabajos neurohistológicos con microscopía electrónica, (Mysliveckova, 1978), sin embargo, Mysliveckova (1978) cita a un autor que describe la microglía con microscopía electrónica. Así, este punto en particular, continúa ampliamente discutido por diversos autores.

## Células endimarias

Las células endimarias se derivan a partir de la capa superficial de la placa neural y forman el borde epitelial del canal neural. Estas células tienden a ser altas con sus bases cónicas. Estas terminaciones cónicas pueden volverse fibrosas, parecidas a fibras neurogliales y con similar ramificación. No se conoce la función de éstos procesos fibrosos, pero se piensa que sirven para el movimiento de materiales del metabolismo celular. Las células endimarias son ciliadas en todos los embriones de vertebrados y en los adultos de algunos peces y anfibios (Patt, 1969).



## Plexos coroideos

Los plexos coroideos se forman durante el desarrollo embrionario, por proliferación intraventricular de las células endoteliales, terminando en numerosos pliegues y túbulos neuroepiteliales que se proyectan hacia los ventrículos. Contienen algo de tejido conjuntivo y una rica red vascular (Sarnat & Netsky, 1976).

La más importante de las funciones de los plexos coroideos es la de regular la cantidad de líquido cefalorraquídeo, que a su vez tiene función hidrostática y nutricional (Patt, 1969).

En los anfibios a nivel del telencéfalo, los plexos coroideos reciben abundante sangre por la arteria media hemisférica (Herrick, 1948).

Existe además de los plexos coroideos, la paráfisis, que es un plexo coroideo extraventricular, el cual, en los vertebrados inferiores está mejor desarrollado. En anfibios urodelos, presenta formaciones tubulares complejas, y en el caso de la salamandra, la paráfisis está formada enteramente de sinusoides venosos (Sarnat & Netsky, 1976).

## Meninges

La morfología de las meninges en los anfibios no es constante. Presentan dos membranas, la más interna es la pía-aracnoides, que es frágil, vascular y con pigmentos, se conoce como meninge secundaria. La más externa es la duramadre que es más fibrosa y se conoce como meninge primaria.

En los urodelos no se logra notar la distinción entre estas dos membranas (Warren, 1959). Lo anterior contrasta con lo que reportan Warrwe & Hickman (1974), ya que ellos si logran distinguir en los urodelos una clara división entre las meninges primaria y secundaria. Esto concuerda con lo que menciona Herrick (1948), quien establece que las meninges de los urodelos son intermedias entre la primitiva meninge de los peces y la de los anuros. Sin embargo, aún no se ha podido llegar a un acuerdo en cuanto al número y características de las meninges en los anfibios, ya que existen otros estudios como los realizados por Zajicova (1975) en los cuales, con microscopía óptica y electrónica establece que los anfibios presentan la tres membranas, la duramadre, la aracnoides y la píamadre, con la misma estructura básica de las meninges de los vertebrados superiores.

#### II.4 Características generales de Ambystoma y estudios relacionados con su sistema nervioso.

El llamado ajolote llamó la atención de los primeros exploradores del continente americano, describiéndolo como un pez de cuatro patas; a los aztecas tampoco pasó inadvertido, llamándolo "axólotl" (monstruo del agua), pero fué Cuvier quien descubrió la verdadera identidad de este anfibio. Su distribución va desde Alaska hasta la Meseta Central de México, bajo el nombre genérico de Ambystoma, comprende varias especies.



Derivado del griego, el género se refiere a su boca pequeña.

Estos animales tienen una fase juvenil acuática, con tres pares de branquias externas a los lados del cuello, además de aberturas branquiales y de una aleta caudal comprimida, con un pliegue superior que se prolonga casi hasta la nuca.

Son animales neoténicos, ya que aún en su aparente estado larvario, al llegar la época reproductiva se acoplan y se reproducen. Cuando cambian las condiciones del medio, estos anfibios pueden alcanzar su estado adulto, perdiendo las branquias y el pliegue de la cola, adquiriendo hábitos terrestres. A veces, si las condiciones son favorables, regresan a su condición larvaria-acuática.

Alrededor de 15 especies de Ambystoma viven en diversos cuerpos de agua del territorio mexicano. Así tenemos a A. lacustris del Lago de Zumpango, que alcanza hasta 35 cm.. En los lagos de los estados de Puebla y México se encuentra a A. velasci; A. subsalsum es la especie que soporta mayor salinidad en las aguas de la laguna de Alchichica en Puebla. La especie más conocida de todas es A. mexicanum, que se localiza en los lagos de Xochimilco y Chalco, así como en otros cuerpos de agua del Valle de México.

Se han realizado varios estudios sobre la biología del sistema nervioso de Ambystoma. En 1922, Burr hace un estudio embriológico acerca del desarrollo temprano de los hemisferios cerebrales en Ambystoma; Baker y Graves en 1932 tratan el desarrollo del cerebro en de Ambystoma. Así, de modo más específico se tienen los trabajos de Herrick acer-

ca del sistema nervioso central de los anfibios, tratando su origen (1921), su desarrollo (1933c.), su morfología (1910, 1924 y 1927) incluyendo en gran parte de sus trabajos a Ambystoma. En todos estos trabajos Herrick define la morfología y localización de varias estructuras del sistema nervioso central, realizando esquemas con gran detalle a varios niveles. Estas observaciones las logra por medio de la aplicación de varias técnicas específicas, como el método de Golgi, el método de Weigert, el método de Cajal y otras técnicas argénticas.

La especie mas estudiada en cuanto a la histología del sistema nervioso central, dentro del género Ambystoma, es A. tigrinum, que es tratada exhaustivamente por varios autores, como Herrick (1948), Korf (1976) y Kokoros (1977).

En cuanto a la especie A. mexicanum se han realizado estudios aislados como el de Sadoughi (1981) en que trata los efectos de la concavalina-A sobre la inducción neurógena en la gástrula del ajolote. El trabajo de Sims, (1977), en que trata el desarrollo de las neuronas en el cerebro y en la médula espina. Otro trabajo es el de Opdam (1976) en que ofrece un panorama general acerca del tallo cerebral del ajolote. Así mismo, en 1976 publica un análisis tipológico más profundo acerca de la misma estructura, en ésta especie.

Con lo anterior nos percatamos de la falta de información que se tiene sobre estructuras específicas del encéfalo de ésta especie mexicana. Así, resulta importante aportar parte de este conocimiento, centrando la atención en este caso a la

desconocida estructura del telencéfalo de A. mexicanum, aplicando las técnicas histológicas que aporten mayor información sobre éste aspecto.

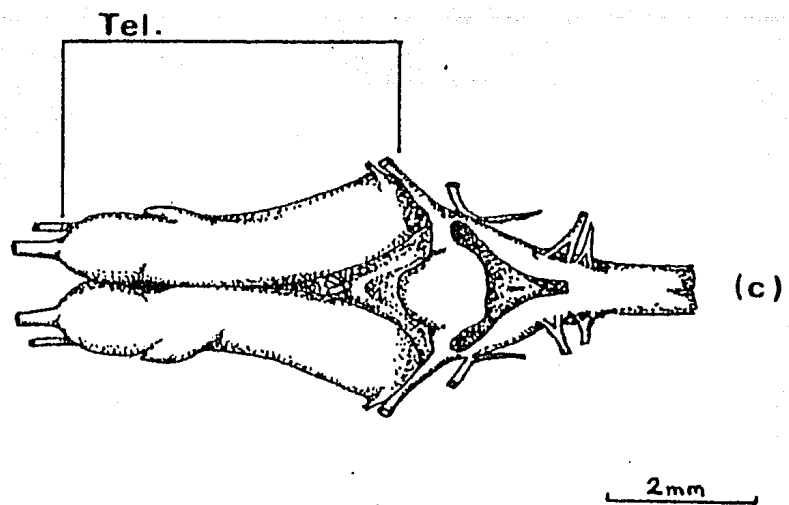
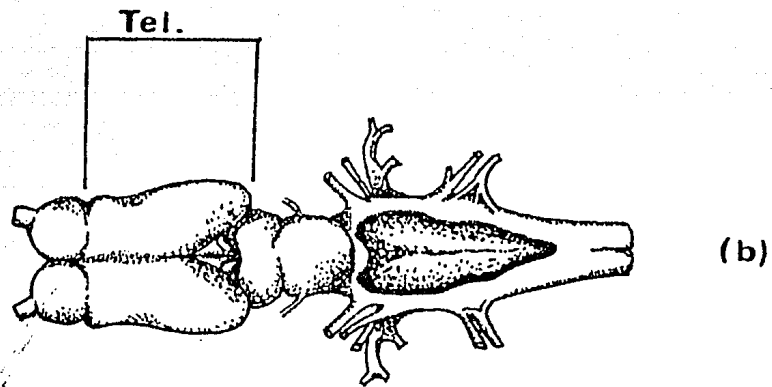
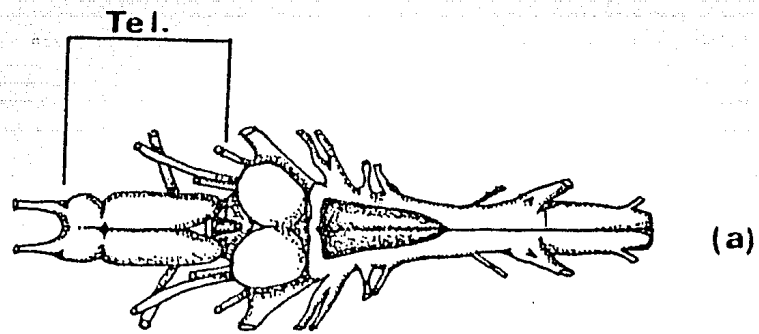


Fig.1. Vista dorsal del encéfalo de tres anfibios; a) Rana catesbeiana;  
 b) Ambystoma tigrinum ; c) Ichthyophis glutinosus. ( Ebbesson, 1980)  
 Tel. ; Telencéfalo.

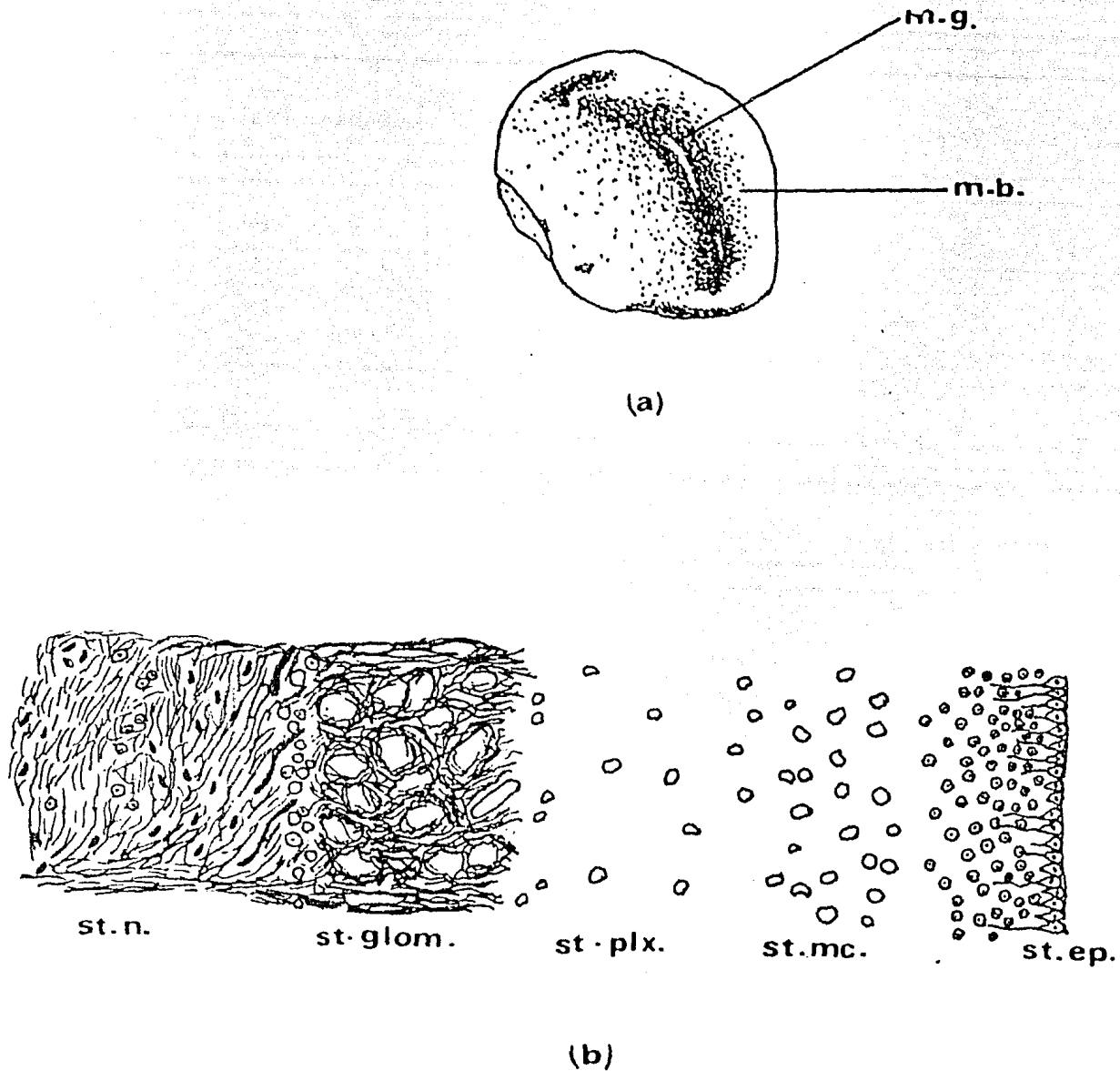


Fig. 2. a) Esquema de un corte transversal del bulbo olfatorio de Ambystoma tigrinum donde se muestra la disposición de la materia gris y la blanca. (Ebbesson, 1980), mg:materia gris; mb:materia blanca.

b) Esquema que muestra las diferentes capas del bulbo olfatorio de A. tigrinum. (Herrick, 1948), st.n.:estrato nervioso; st.glom:estrato glomerular; st. plx: estrato plexiforme; st. mc.:estrato de células mitrales; st. gr.:estrato granular; st.ep.:estrato de células endimarias.

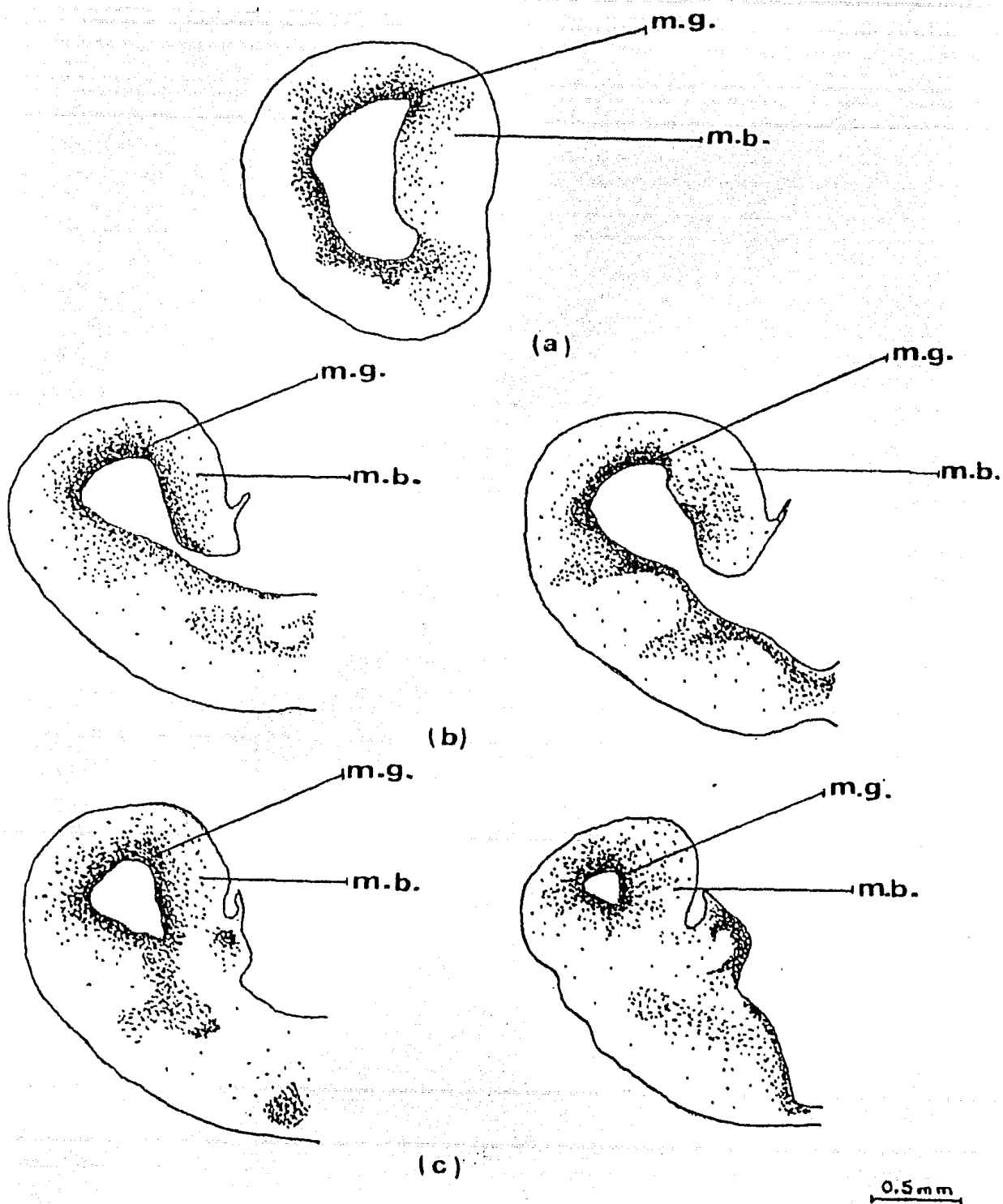


Fig.3. (a) Nivel rostral; (b) Nivel medio; (c) Nivel caudal de los hemisferios cerebrales de *Ambystoma tigrinum*, (Ebbesson, 1980) donde se muestra la disposición de la materia gris y la blanca, mg: materia gris; mb: materia blanca.

### III. METODOLOGIA.

#### III.1 Disección

La obtención de las muestras se llevó a cabo por medio de la disección de seis urodelos de la especie Ambystoma mexicanum, extirpándoles a cada uno el encéfalo.

#### III.2 Fijación

Esta se llevó a cabo por inmersión de las piezas en soluciones fijadoras durante 48 horas. Los fijadores empleados fueron:

- a) Formol al 10 %
- b) Formol bromuro de Cajal (Cajal, 1972).

#### III.3 Inclusión

Debido a las características del tejido y necesidades de las técnicas de coloración e impregnación utilizadas, se incluyeron dos encéfalos en parafina y tres en gelatina, con los pasos siguientes:

##### Inclusión en Parafina

- 1.- Se lavaron las piezas por incluir en agua corriente, durante 24 hrs.
- 2.- Se deshidrataron las piezas en alcoholes graduales:
  - Alcohol de 30° tres cambios de 15 min. en cada uno

- Alcohol de 50° tres cambios de 15 min. en cada uno
- Alcohol de 70° tres cambios de 15 min. en cada uno
- Alcohol de 80° tres cambios de 15 min. en cada uno
- Alcohol de 96° dos cambios de 20 min. en cada uno
- Alcohol absoluto dos cambios de 15 min. en cada uno

3.- Se aclararon en:

- Mezcla a partes iguales de alcohol absoluto y tolueno tres cambios de 15 min. en cada uno
- Tolueno tres cambios de 15 min. en cada uno

4.- Se impregnaron en parafina

- Mezcla de parafina y tolueno a partes iguales 10 min.
- Parafina de 52-54°C tres cambios de 10 min. en cada uno
- Parafina de 56-58°C tres cambios de 10 min. en cada uno
- Parafina de 57-60°C tres cambios de 10 min. en cada uno

5.- Inclusión en parafina de 57-60°C.

#### Inclusión en Gelatina

1.- Se lavaron las piezas por incluir, en agua corriente, durante 24 hrs.

2.- Se colocaron en solución al 10 % de gelatina en agua fenicada al 1 %.

Se dejaron en la estufa, a 37°C durante 24 hrs. en un recipiente bien tapado.

3.- Se pasaron las piezas a gelatina al 22 % en las mismas condiciones y durante el mismo tiempo.



4.- Se colocó la gelatina en un pequeño cristizador con las piezas y se dejó solidificar en el refrigerador.

5.- Se despegó la gelatina solidificada con las piezas incluidas y se quitó con una navaja la excedente, se dejó secar unas horas al aire hasta que los bloques adquirieron consistencia de goma de borrar y se colocaron en formol al 10% durante 24-48 horas.

#### III.4 Obtención de Cortes

a) Por microtomo para parafina.

b) Con criostato.

III.5 Las técnicas de tinción e impregnación utilizadas, así como el tipo de corte, el número de micras usadas y la temperatura (para los cortes por congelación) se indican en el cuadro 1.

#### III.6 Descripción de las técnicas de tinción e impregnación.

##### Kluver-Barrera para mielina y células nerviosas

(Luna, 1968)

1.- Se desparafinaron los cortes e hidrataron hasta alcohol 95%

2.- Se colocaron los cortes en azul de Luxol toda la noche a una temperatura de 56°C

Cuadro.1

Inclusión.	Microtomo.	Temperatura	Orientación de los Cortes.*	Grosor en micras.	Técnicas Aplicadas.
P a r a f i n a	Microtomo para Parafina	Ambiente	Longitudinal	6 $\mu$ .	Hematoxilina - Eosina.
					Kluver - Barrera.
					Tricrómica de Masson.
G e l a t i n a	Criostato	-20°C	Transversal	20 $\mu$ .	General de Río Hortega.
					Téc. para Neuro- glía Río Hortega.
		-20°C	Longitudinal	20 $\mu$ .	General de Río Hortega.
					Hematoxilina- Eosina. Var. Barroso Moguel.

\*Todos los cortes fueron seriados.

- 3.- Se quitó el exceso de colorante con alcohol 95 %
- 4.- Se colocaron en agua destilada
- 5.- Se hizo una rápida inmersión en carbonato de litio para empezar a diferenciar
- 6.- Se continúa la diferenciación en alcohol 70° hasta que la materia gris y blanca se distinguieron
- 7.- Se lavaron en agua destilada
- 8.- Se terminó de diferenciar en carbonato de litio, brevemente
- 9.- Se pasaron a alcohol 70° hasta que el color azul verdoso de la materia blanca contrastó con el azul pálido de la materia gris
- 10.- Se lavaron en agua destilada
- 11.- Se tiñieron con violeta de Cresilo durante 6 min. (se filtró y se calentó el colorante a 57°C antes de usarse)
- 12.- Se diferenciaron en varios cambios de alcohol 96°
- 13.- Se deshidrataron en alcohol absoluto
- 14.- Se aclararon en xilol con dos cambios de 5 min en cada uno
- 15.- Se montaron en resina sintética

#### Tricrómica de Masson para tejido conjuntivo

( Luna, 1968 )

- 1.- Se desparafinaron los cortes e hidrataron hasta agua destilada
- 2.- Se colocaron en solución mordente de Bouin durante 1 hr. a 56°C.
- 3.- Se enfriaron y lavaron en agua corriente hasta que el co-

lor amarillento desapareció

- 4.- Se lavaron en agua destilada
- 5.- Se colocaron en solución de Hematoxilina de Weigert por 10 mins.
- 6.- Se lavaron en agua destilada
- 7.- Se colocaron en solución de Fucsina ácida escarlata por 2 mins.
- 8.- Se lavaron en agua destilada
- 9.- Se colocaron en solución de ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico a partes iguales durante 15 mins.
- 10.- Se colocaron en azul de anilina durante 20 mins.
- 11.- Se lavaron en agua destilada
- 12.- Se colocaron en solución de ácido acético glacial al 1% de 3-5 mins.
- 13.- Se deshidrataron en alcohol 96° y absoluto y se aclararon en xilol con dos cambios de 5 mins. cada uno
- 14.- Se montaron en resina sintética

Técnica General de Río-Hortega (en caliente)

(Cajal, 1972; Estrada, 1982)

- 1.- Se lavaron los cortes en agua amoniacal (con V gotas de hidróxido de amonio por cada 100 cc. de agua bidestilada)
- 2.- Se lavaron brevemente en agua destilada
- 3.- Se colocaron en carbonato argéntico amoniacal, solución media. Calentando de 40-45 °C hasta color ámbar claro

(con X gotas de piridina por cada 20 cc. de carbonato argéntico amoniacal

- 4.- Se lavaron en agua bidestilada
- 5.- Se llevó a cabo la reducción en formol al 10 %
- 6.- Se lavaron en agua bidestilada
- 7.- Se colocaron en cloruro de oro al 1X500 en frío hasta color gris. Reforzando en caliente a 30 °C hasta color violeta intenso
- 8.- Se colocaron en hiposulfito de sodio al 5 % de 35-60 segs. Se añadieron previamente V gotas de hidróxido de amonio por cada 100 cc. de hiposulfito de sodio
- 9.- Se lavaron en agua amoniacal
- 10.- Se lavaron en agua bidestilada
- 11.- Se deshidrataron en alcoholes de 70;96° y absoluto
- 12.- Se colocaron en una solución de alcohol 96° (80cc.), hidróxido de amonio (5 cc.) y creosota (20 cc.) con la finalidad de que la gelatina se expandiese
- 13.- Se aclararon en creosota de la haya
- 14.- Se montaron en resina sintética

#### Método de Impregnación Argéntica para

#### Neuroglía de Río-Hortega

(Cajal, 1972; Estrada, 1982)

- 1.- Se fijó la muestra en formol bromuro de Cajal durante 4 días
- 2.- Se lavó la muestra en agua corriente abundantemente por 1hr.

- 3.- Se hicieron cortes por congelación
- 4.- Se lavaron en agua amoniacal durante 15 mins.
- 5.- Se lavaron dos veces en agua bidestilada agitando los cortes.
- 6.- Se hizo la impregnación en carbonato de litio piridinado, calentando suavemente hasta que los cortes adquirieron un color tabaco obscuro, durante 40 mins.
- 7.- Se lavaron rápidamente en agua bidestilada
- 8.- Se hizo la reducción en formol al 10% durante 10 segs.
- 9.- Se lavaron rápidamente en agua bidestilada
- 10.- Se viró en cloruro de oro 1X500 a temperatura ambiente hasta que los cortes tomaron un color gris uniforme, reforzando en caliente a 30 °C hasta que los cortes tomaron un color violeta intenso
- 11.- Se colocaron los cortes en hiposulfito de sodio al 5% durante 1 min.
- 12.- Se lavaron en agua bidestilada
- 13.- Se deshidrataron en alcohol de 96°
- 14.- Se colocaron en una solución de alcohol 96° (80 cc.), hidróxido de amonio (5 cc.) con la finalidad de que la gelatina se expandiese
- 15.- Se aclararon en creosota
- 16.- Se montaron en resina sintética

Método de Impregnación para fibras nerviosas  
y sistema cromoafín variante Barroso-Moguel  
(Estrada, 1982)



- 1.- Se fijaron las piezas en formol al 10 %
- 2.- Se lavaron abundantemente en agua corriente por 1 hr.
- 3.- Se hicieron los cortes por congelación
- 4.- Se pusieron los cortes en mezcla explosiva (piridina, hidróxido de amonio y alcohol 96° a partes iguales) durante 2 hrs.
- 5.- Se lavaron en agua bidestilada durante 10 mins.
- 6.- Se impregnaron en nitrato de plata al 2% en caliente
- 7.- Se lavaron en agua bidestilada
- 8.- Se les hizo una segunda impregnación en carbonato de plata amoniacal mas tres gotas de piridina, en caliente
- 9.- Se lavaron rápidamente en agua bidestilada
- 10.- Se pusieron en cloruro de oro 1X500 a temperatura ambiente hasta color gris. Reforzando en caliente a 30 °C hasta color violeta intenso
- 11.- Se pasaron los cortes a hiposulfito de sodio al 5% poniendo de una a tres gotas de hidróxido de amonio
- 12.- Se lavaron en agua bidestilada
- 14.- Se deshidrataron en alcohol de 96°
- 15.- Se colocaron en solución de alcohol 96° (80 cc.), hidróxido de amonio (5 cc.) y creosota (20 cc.) con la finalidad de que la gelatina se expandiese
- 16.- Se aclararon en creosota
- 17.- Se montaron en resina sintética

#### IV. RESULTADOS

A) La descripción de la disposición celular del telencéfalo se hizo de acuerdo a los siguientes niveles en dirección anteroposterior:

- a) Bulbo olfatorio
- b) Hemisferios cerebrales
  - b.1) Nivel rostral
  - b.2) Nivel medio
  - b.3) Nivel posterior
  - b.4) Nivel caudal

##### a) Bulbo olfatorio

A este nivel, los bulbos olfatorios se observaron separados. Cada uno presenta una cavidad ventricular, en cuyo interior no se observan los plexos coroides. (Fig. 4a; Fig. 5a)

Los bulbos presentan un arreglo laminar y periventricular de las células. Este arreglo se muestra, del interior ventricular al exterior, como sigue: (Fig. 8)

- 1) Capa de células ependimarias
- 2) Capa de núcleos redondos con densa cromatina. Estos núcleos se disponen en pequeños y densos grupos.
- 3) Capa de núcleos un poco más grandes que los que corresponden a la capa 2, con cromatina dispersa; y otros núcleos de igual tamaño, que presentan uno o dos nucleolos. Esta capa es la que presenta el mayor número de células.



- 4) Capa de células mitrales ó piramidales, junto con núcleos con cromatina dispersa similares a los que se observan en la capa 3.
- 5) Capa con células piramidales y núcleos con cromatina dispersa escasos; y abundantes fibras densa e irregularmente dispuestas. También se observan vasos sanguíneos.
- 6) Capa en donde se observa un mayor número de vasos sanguíneos. También se observan abundantes fibras que se disponen irregularmente. En esta misma capa, tanto en la porción dorsal como en la ventral, se observa un grupo de núcleos con densa cromatina similares a los de la capa 2.
- 7) Capa de las fibras del nervio olfatorio, localizada en la porción lateral de los bulbos olfatorios.

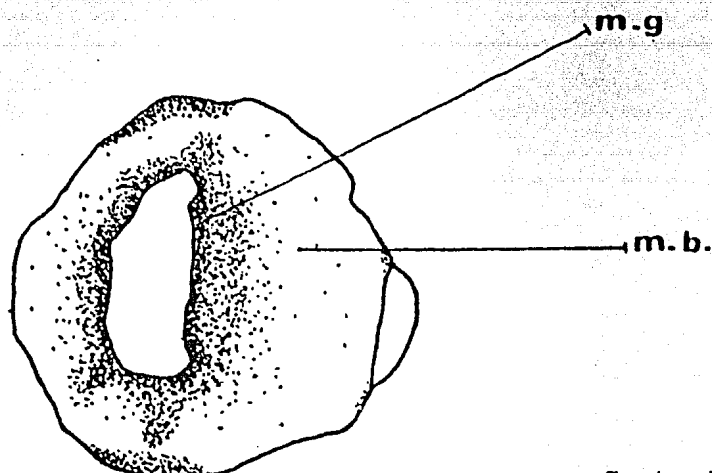
#### b) Hemisferios cerebrales

Las células en los hemisferios cerebrales muestran un arreglo laminar y periventricular similar al que se observa a nivel de los bulbos olfatorios.

##### b.1) Nivel rostral

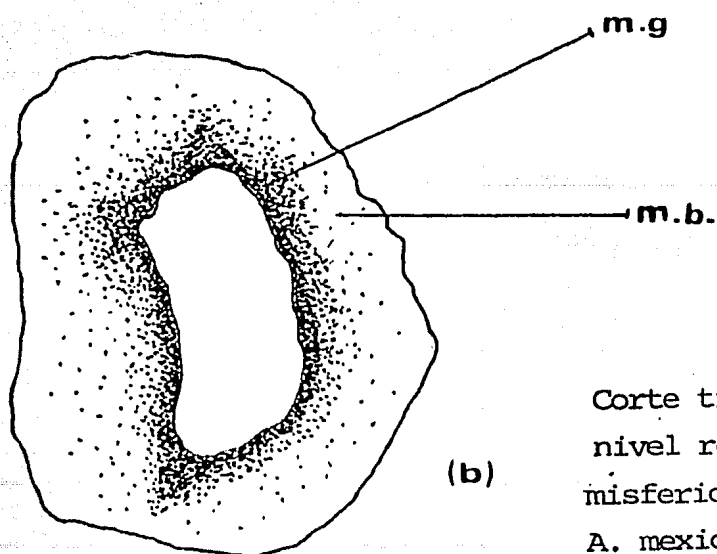
En el nivel rostral, se observaron los dos hemisferios cerebrales separados. Cada uno presenta su cavidad ventricular, que es más amplia si se compara con el nivel del bulbo olfatorio. (Fig. 4b ; Fig. 5b)

Los plexos coroideos a este nivel se observaron en el interior de las cavidades ventriculares.



Corte transversal del  
(a) bulbo olfatorio de A. mexicanum.

Téc. Gral. de Río-Hortega  
4/ .12 X.



Corte transversal del  
(b) nivel rostral de los he-  
misferios cerebrales de  
A. mexicanum.

Téc. Gral. de Río-Hortega  
4/ .12 X

- Fig. 4. a) Esquema donde se muestra la disposición de la materia gris y de la blanca en el bulbo olfatorio de A. mexicanum.  
b) Esquema donde se muestra la disposición de la materia gris y de la blanca en el nivel rostral de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum ; mg;materia gris; mb:materia blanca.

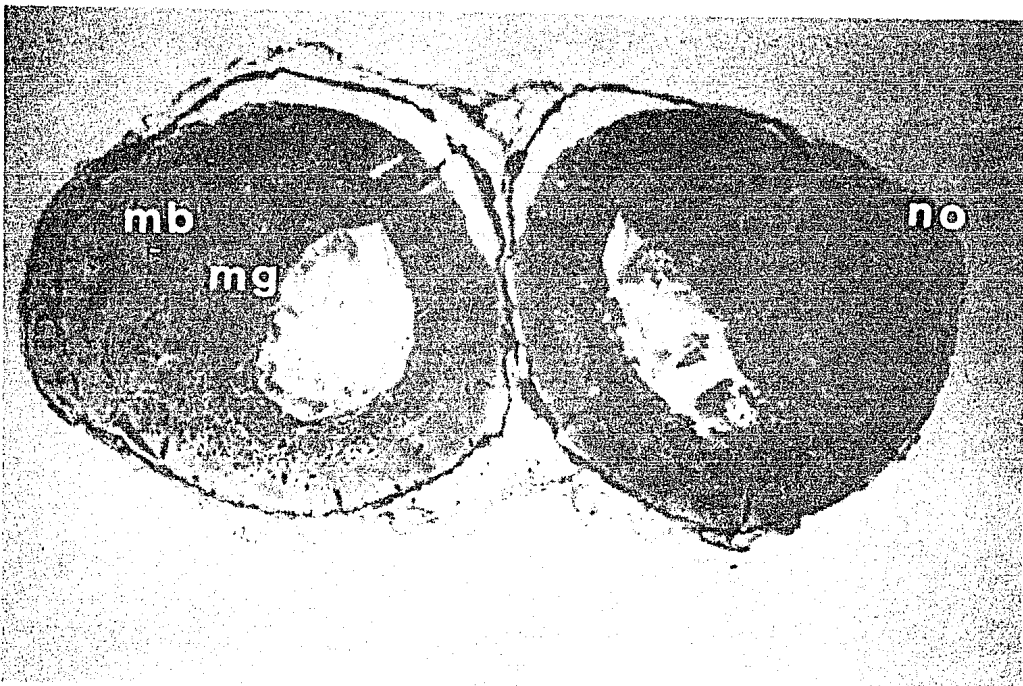


Fig.5a) Corte transversal de los bulbos olfatorios de A. mexicanum.

Técnica General de Río-Hortega

31 X

cv: cavidad ventricular; mg: materia gris; mb: materia blanca  
no: nervio olfatorio.



Fig.5b) Corte transversal del nivel rostral de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum.

Técnica General de Río-Hortega

31 X

cv: cavidad ventricular; pl: plexos coroideos.

El arreglo periventricular de las células es, del interior al exterior ventricular, como sigue: (Fig. 9)

- 1) Capa de células ependimarias.
- 2) Capa de núcleos redondos con densa cromatina, junto con núcleos más grandes con cromatina dispersa. Todos estos núcleos se encuentran densamente dispuestos.
- 3) Capa donde se observan núcleos grandes con cromatina dispersa, similares a los que se observan en la capa 2; y núcleos grandes que presentan uno ó dos nucleolos en su núcleo.
- 4) Capa que muestra los típicos núcleos de cara abierta con uno ó dos nucleolos. También se observan células con prolongaciones, algunas presentan sólo una, otras dos y otras hasta tres prolongaciones.
- 5) Capa en donde se observan fibras delicadas densamente dispuestas junto con vasos sanguíneos.

Es importante mencionar que este arreglo se observa en la porción dorsal, lateral y ventral del nivel rostral de los hemisferios cerebrales.

#### b.2) Nivel medio

A nivel medio, los hemisferios cerebrales se observaron unidos por su porción ventral, de tal forma que la cavidad ventricular se hace única. Los plexos coroideos se observaron en el interior de la cavidad ventricular. (Fig. 6a; Fig. 7a)

El arreglo de células y núcleos también es laminar y periventricular. Las capas que se observan son, del interior al exterior ventricular:

- 1) Capa de células ependimarias.
- 2) Capa de núcleos redondos con densa cromatina, junto con núcleos más grandes con cromatina dispersa. Todos estos núcleos se encuentran densamente dispuestos.
- 3) Capa de núcleos grandes con cromatina dispersa, similares a los que se observan en la capa 2. También se observan núcleos grandes con uno ó dos nucleólos, sin embargo éstos núcleos son escasos.
- 4) Capa donde se observan núcleos grandes de cara abierta junto con células con prolongaciones, algunas presentan sólo una, otras dos y otras hasta tres prolongaciones.
- 5) Capa donde se observan fibras densamente dispuestas, vasos sanguíneos y escasas células con núcleos grandes de cara abierta intercaladas entre fibras y vasos sanguíneos.

Es importante mencionar que en la porción dorsal, se observa un número considerable de células con prolongaciones, que no se observan en la porción lateral ni ventral.

### b.3) Nivel posterior

A nivel posterior, los hemisferios cerebrales continúan fusionados por su porción ventral y la cavidad ventricular sigue siendo única.

Los plexos coroideos se observan en el interior ventricular, pero a éste nivel se encuentran unidos por medio de gruesos vasos sanguíneos a la paráfisis, estructura extraventricular de los hemisferios cerebrales.

A este nivel el arreglo de células, núcleos, fibras y vasos sanguíneos continúa siendo laminar y periventricular. Sin embargo, el número de capas descritas para el nivel rostral solo se observa en éste nivel, en posición dorsal y lateral, ya que en posición ventral se observa: células ependimarias, núcleos redondos con densa cromatina, núcleos redondos claros y núcleos de cara abierta con uno ó dos nucleólos cuyo cuerpo celular puede presentar una prolongación; éstos últimos núcleos son escasos en ésta posición.

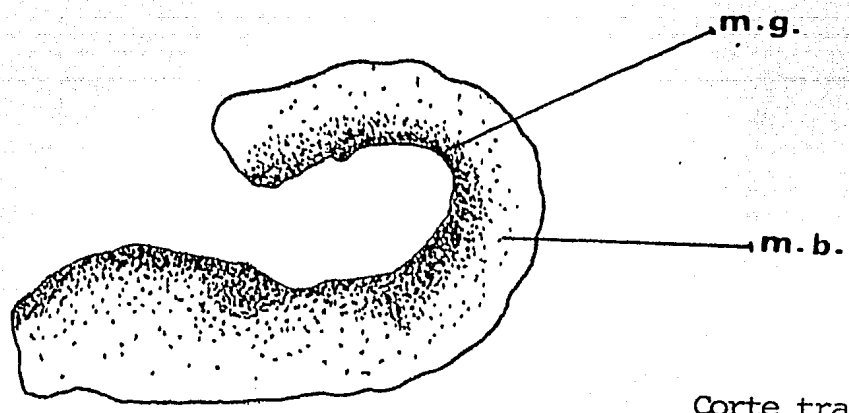
#### b.4) Nivel caudal

A este nivel los hemisferios cerebrales vuelven a observarse separados, de tal manera que cada uno posee su cavidad ventricular. (Fig. 6b; Fig. 7b)

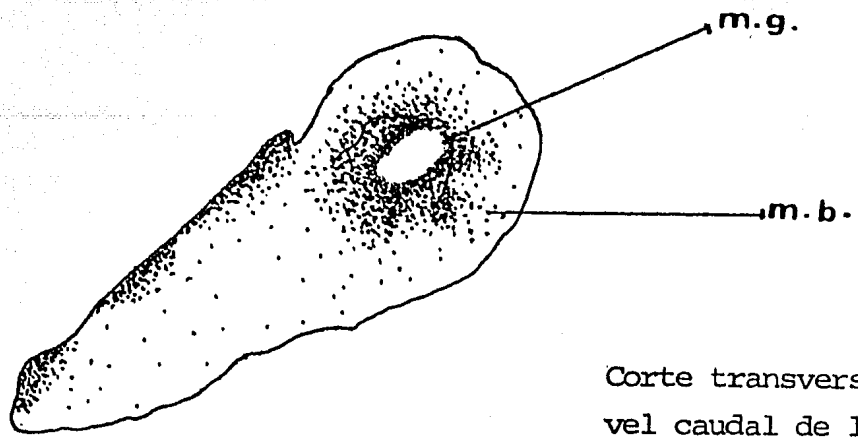
Se observa la paráfisis y parte de los plexos coroideos. Las células y los núcleos continúan siendo laminares en su posición y periventriculares.

Las cinco capas descritas para el nivel medio se observan a nivel caudal en posición dorsal y lateral. En posición ventral solo se observan: capa de células ependimarias, núcleos redondos con densa cromatina, núcleos grandes con cromatina dispersa y en la zona correspondiente a la sustancia blanca se observa la presencia de un haz nervioso.

B) La descripción de los elementos histológicos del telencéfalo se hizo considerando:



Corte transversal del nivel medio de los hemisferios cerebrales de A.  
 (c) Téc. Gral. de Río-Hortega 4/ .12 X.



Corte transversal del nivel caudal de los hemisferios cerebrales de A.  
 (d) mexicanum.Téc. Gral. de Río-Hortega. 4/ .12 X.

Fig.6. a) Se muestra la disposición de la materia gris y la blanca en el nivel medio de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum. b) Se muestra la disposición de la materia gris y la blanca en el nivel caudal de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum.;mg:materia gris; mb:materia blanca.Los esquemas de las figuras: 4a;4b;6a y 6b se hicieron con un Microscopio American Optical de cámara clara,

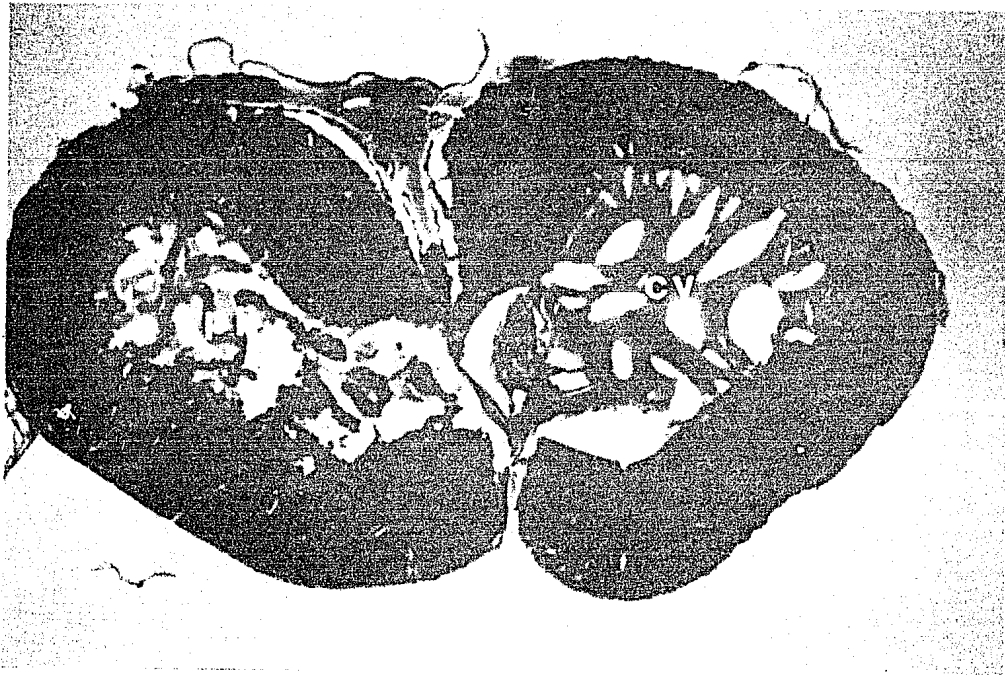


Fig.7a) Corte transversal nivel medio de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum.

Técnica General de Río-Hortega

31 X

cv: cavidad ventricular; pl: plexos coroides.

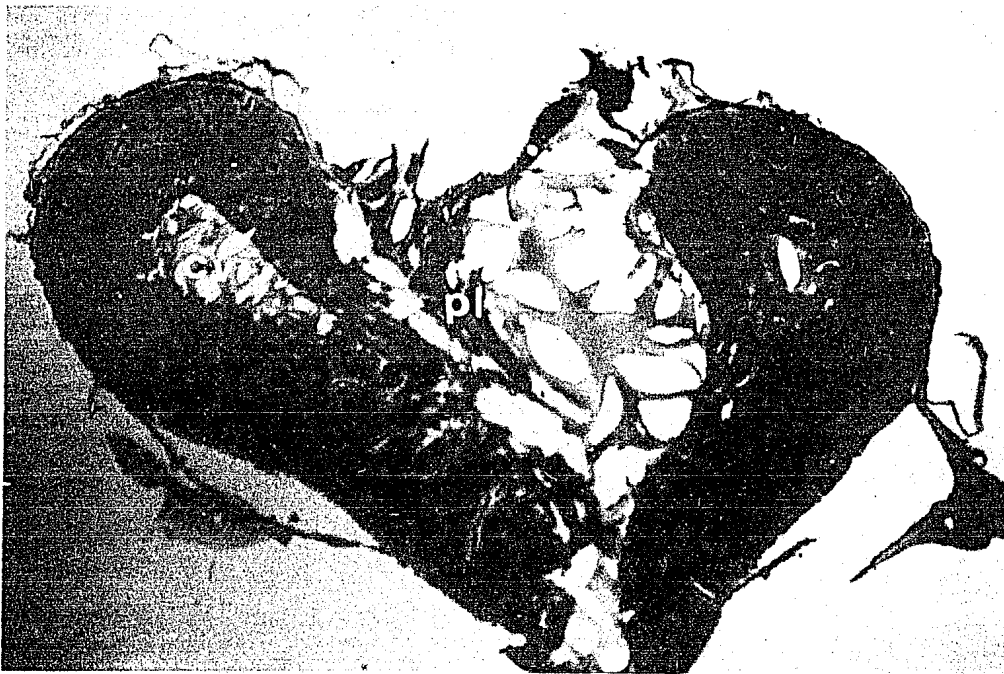


Fig.7b) Corte transversal nivel caudal de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum.

Técnica General de Río-Hortega

31 X

cv: cavidad ventricular; pl: plexos coroides.



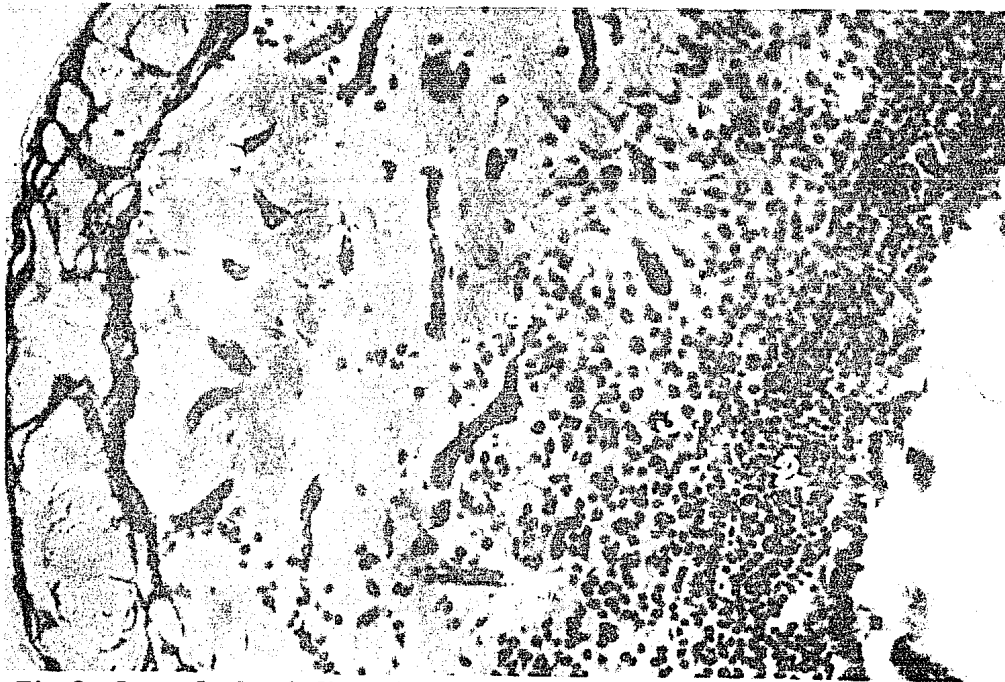


Fig.8. Capas de los bulbos olfatorios de A. mexicanum

Técnica General de Río-Hortega

126 X

cv: cavidad ventricular; pl: plexos coroideos; 1-7 dis-  
posición de las capas.

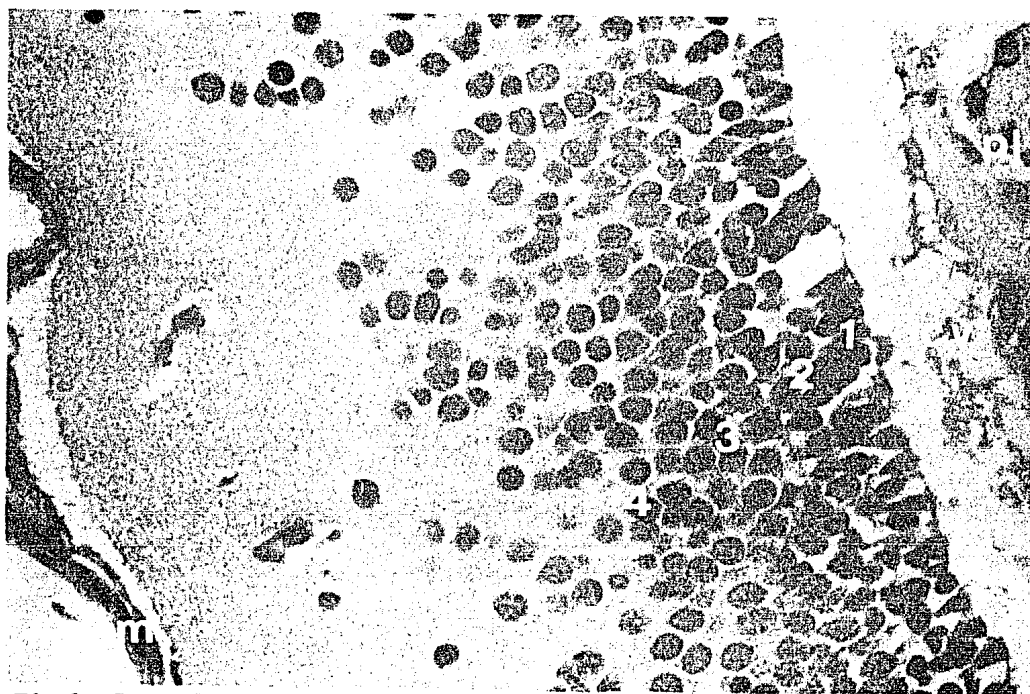


Fig.9. Capas de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum

Técnica de Masson.

200 X

cv: cavidad ventricular; pl: plexos coroideos; 1-5 dis-  
posición de las capas; m:meninges.

a) Tipos celulares

b) Plexos coroideos y Paráfisis

c) Meninges

a) Tipos celulares

a.a) Neuronas

- Neuronas unipolares que corresponden a células mitrales ó piramidales, en algunos casos con uno ó dos nucleólos en su núcleo. Este tipo de neuronas se observan en la capa número cuatro de los bulbos olfatorios. (Fig. 10.)

- Neuronas unipolares en las cuales, muy cerca del cuerpo celular, se bifurca su prolongación.

- Neuronas con forma de botella, con dos prolongaciones que salen del cuerpo celular muy cercanas una de la otra. ( Fig.11).

- Neuronas bipolares con forma globosa.

- Neuronas multipolares.

a.b) Neuroglía

- Células grandes de forma irregular con numerosas prolongaciones que a su vez se ramifican. En algunos casos éstas prolongaciones se observaron cercanas a vasos sanguíneos. (Fig. 12.). Estas células se observan más claramente en la substancia blanca de los hemisferios cerebrales y en las capas cinco y seis del bulbo olfatorio. Por su localización cercana a vasos sanguíneos y por su morfología se in-

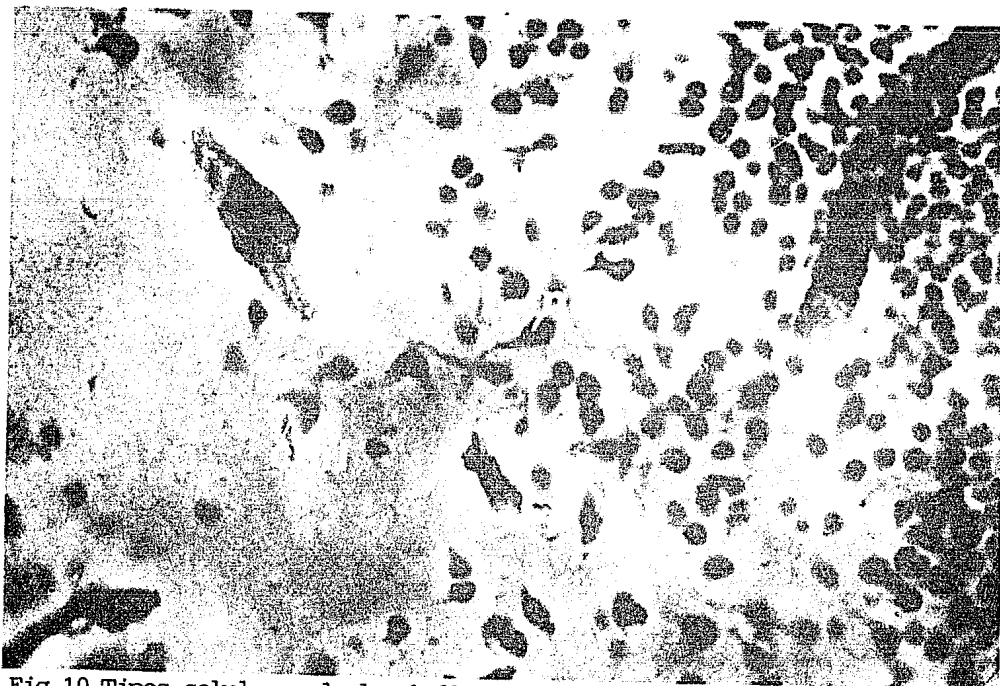


Fig.10 Tipos celulares de los bulbos olfatorios de A. mexicanum  
Técnica General de Río-Hortega

256 X

nu: neurona unipolar; c.m.l.:células de media luna



Fig. 11. Tipos celulares de los hemisferios celulares de  
A. mexicanum.

Técnica General de Río-Hortega

320 X

n: neurona

terpretaron como astrocitos.

- Células con forma de media luna, de cuyos dos extremos salen prolongaciones que se ramifican y en algunos casos se observa uno ó dos nucleólos en su núcleo y en otros se observa cromatina. Estas células se observan en la capa seis de los bulbos olfatorios, (Fig. 10) y en las capas tres y cuatro de los hemisferios cerebrales.

- Células con forma de media luna con prolongaciones que salen de sus extremos y se ramifican. Se observan rodeando a cuerpos neuronales. (Fig. 13) Estas células sólo se observaron en los hemisferios cerebrales siendo más patentes en la materia gris. Por ésta localización, por su relación con cuerpos celulares y por su morfología se interpretaron como células de oligodendroglía.

- Células pequeñas con prolongaciones que se ramifican. Estas células solo se observaron en los bulbos olfatorios; por su morfología se interpretaron como células de microglía.

#### a.c) Células endimarias

Las células endimarias se localizan tanto en los bulbos olfatorios como en los hemisferios cerebrales, alrededor de la cavidad ventricular (Fig. 14).

Son células alargadas con una prolongación dirigida hacia la segunda capa de manera uniforme. En su citoplasma presenta una gota muy clara que contrasta la densidad del mismo. Es importante mencionar que ésta gota sólo se observó en las preparaciones de Hematoxilina-eosina y en las argénticas.

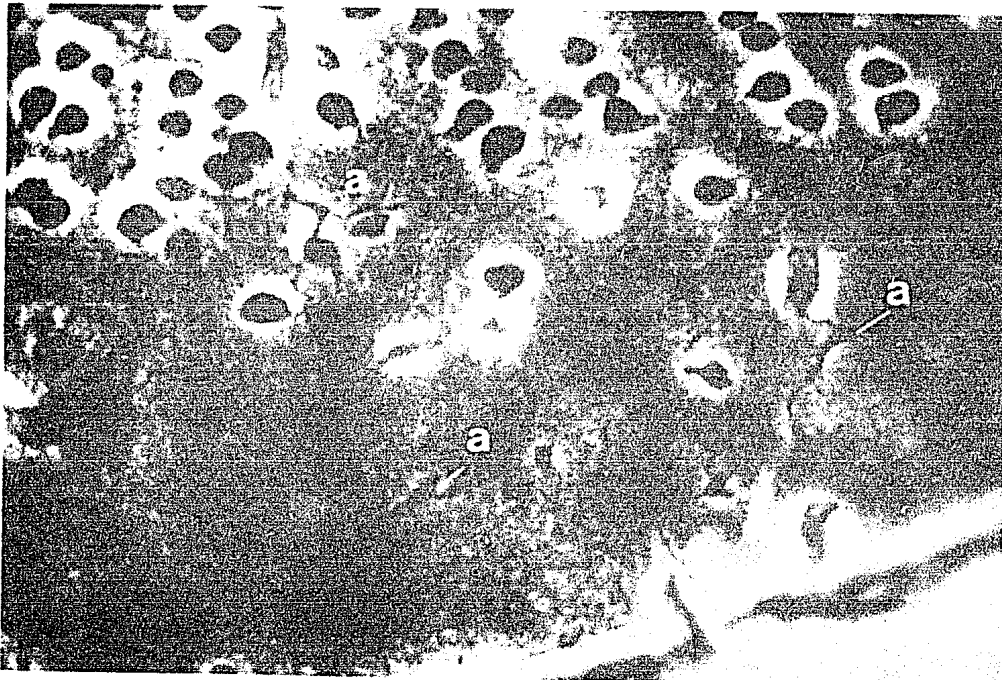


Fig.12. Astrocitos de los hemisferios cerebrales de A.mexi-  
canum.

Técnica General de Río-Hortega

320 X

a: astrocitos

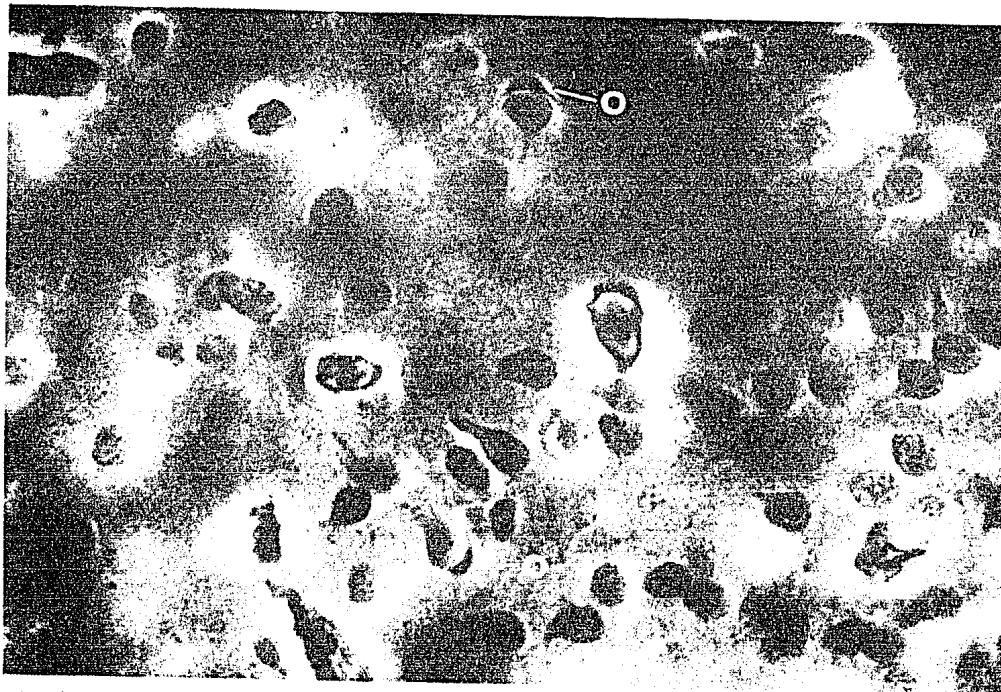


Fig.13. Oligodendroglía de los hemisferios cerebrales de A.  
mexicanum

Técnica General de Río-Hortega.

320 X

o: oligodendroglía.

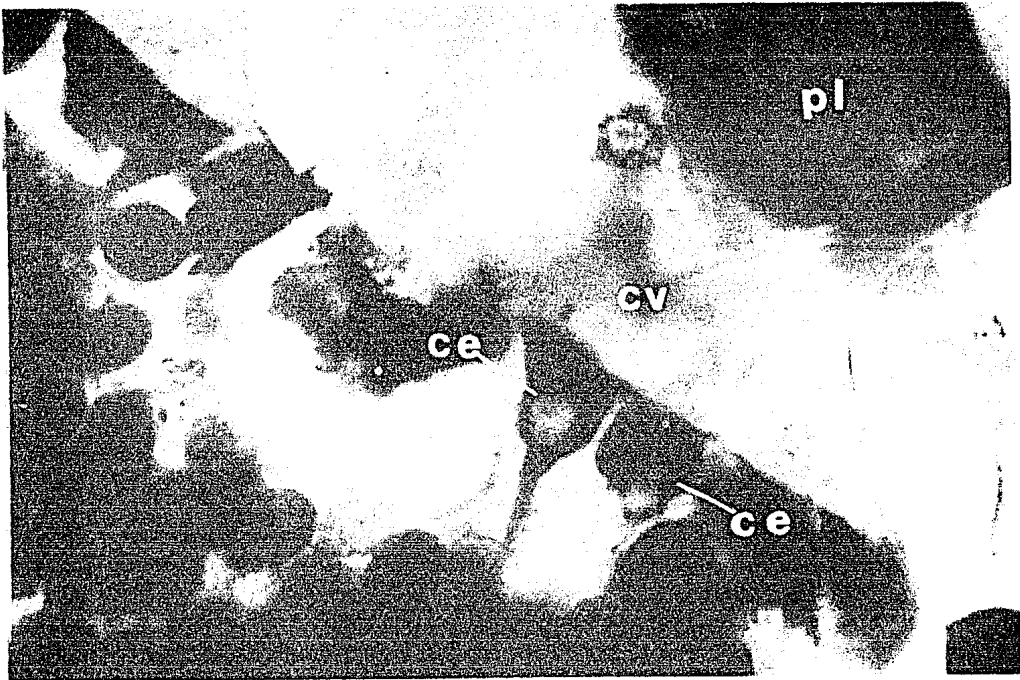


Fig.14 Células endimarias de los bulbos olfatorios y de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum

Técnica General de Río-Hortega

800 X

ce:células endimarias; cv:cavidad ventricular; pl: plexos coroides

## b) Plexos coroideos y Paráfisis

### b.a) Plexos coroideos (Fig.15)

En ellos se observan sus núcleos ovoides, fibras y células de tejido conjuntivo, así como vasos sanguíneos en cuyo interior se apreciaron eritrocitos nucleados.

### b.b) Paráfisis

La paráfisis se observó en los niveles posterior y caudal de los hemisferios cerebrales. En su conjunto se observa con numerosos sinusoides venosos. Los núcleos de las células que constituyen a la paráfisis tienen una forma cúbica y un arreglo uniforme. Cabe mencionar que presenta escasas fibras y células de tejido conjuntivo.

## c) Meninges

Se presentan dos membranas cubriendo al encéfalo: (Fig.16)

- La membrana interna es una capa gruesa, vascularizada y con poco tejido conjuntivo, en especial se observan fibras de colágena.

- La membrana externa es delgada, no vascularizada y presenta abundante tejido fibroso, acompañado de melanocitos.



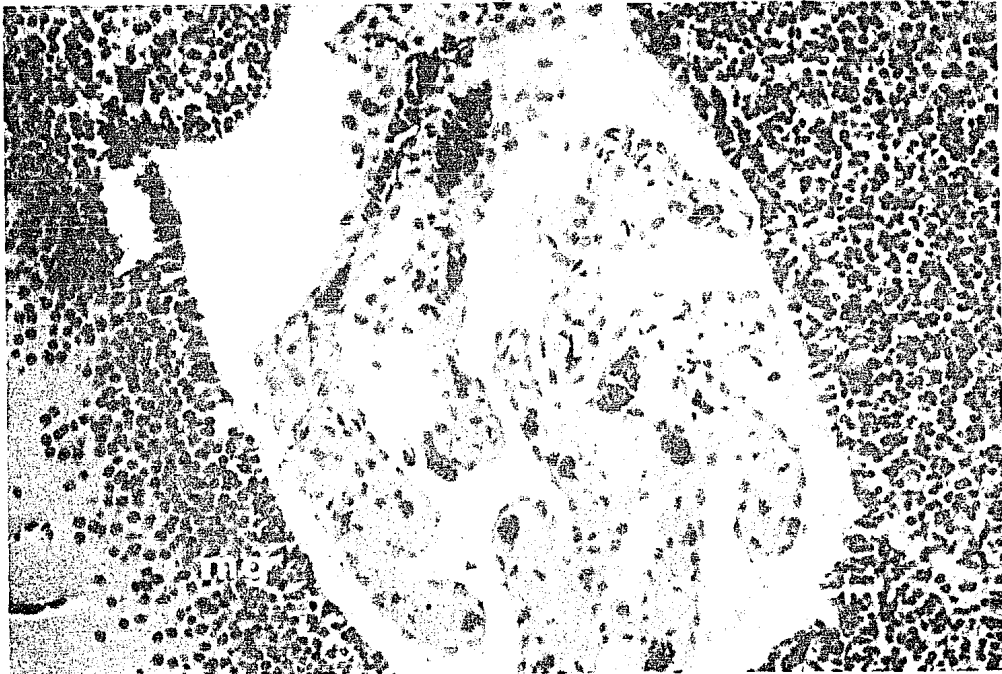


Fig.15 Plexos coroides de los hemisferios cerebrales de  
A. mexicanum.

Técnica de Masson.

78 X

cv: cavidad ventricular; mg: materia gris; pl: plexos coroides.



Fig.16. Meninges del telencéfalo de A. mexicanum.

Técnica de Masson.

500 X

e; eritrocitos; f: fibras; me: meninge externa; mi:meninge interna; vs: vaso sanguíneo.

## V. DISCUSION

Al efectuar la revisión bibliográfica se encontró que la mayor parte de los trabajos realizados acerca del sistema nervioso de los urodelos, es tratando a la especie Ambystoma tigrinum. En el caso de A. mexicanum son escasos los estudios, por lo cual estos trabajos fueron tomados como base teórica.

Según Ariens-Kappers(1965), desde un punto de vista puramente anatómico, no es notable una diferencia que separe a los bulbos olfatorios de los hemisferios cerebrales, por lo cual se debe recurrir a la histología, que a este respecto puede facilitar mucho este problema, ya que histológicamente existe una diferencia notable entre los bulbos olfatorios y los hemisferios cerebrales. Así, en este trabajo se consideran dos características histológicas que diferencian a estas dos estructuras:

- En los bulbos olfatorios se presenta un mayor número de capas de células que las que encontramos en los hemisferios cerebrales.

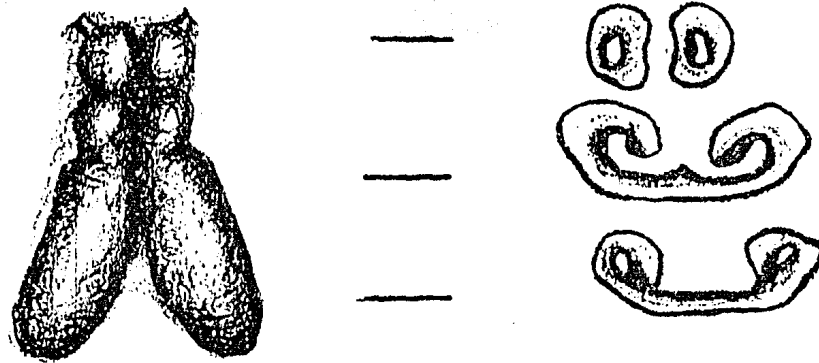
- A nivel de los bulbos olfatorios no se observan plexos coroides, y solo aparecen en los niveles correspondientes a los hemisferios cerebrales.

En la generalidad de los urodelos, se encontró (Herrick, 1948; Warren, 1959; Warren & Hickman, 1974; Bullock, 1977; Weichert, 1977; Romer, 1981) que tanto a nivel de los bulbos olfatorios como a nivel de los hemisferios cerebrales, la

mayor concentración de cuerpos neuronales es periventricular, constituyendo la materia gris. Hacia afuera de ésta zona disminuye el número de cuerpos neuronales y se va formando la llamada sustancia blanca, contrariamente a lo que se presenta en grupos de vertebrados filogenéticamente más avanzados, en donde la disposición de la materia gris es externa formando la corteza cerebral propiamente dicha, con la sustancia blanca localizada en el interior de los hemisferios cerebrales. Por lo anterior no se considera que los urodelos presenten corteza cerebral como tal. Sin embargo, se ha notado que en algunos anfibios existe una cierta tendencia de los cuerpos neuronales a desplazarse hacia la zona externa de los hemisferios cerebrales. El desplazamiento de algunas células hacia la zona externa de los hemisferios cerebrales se ha constatado en este trabajo de A. mexicanum y se puede observar claramente en la zona que corresponde al nivel medio en posición dorsal de los hemisferios cerebrales de este urodelo.

Mediante el análisis de la neuroanatomía de A. tigrinum (Ebbesson, 1980) y de A. mexicanum se ha logrado constatar, en ambas especies, que en relación a la forma y estructura de la cavidad ventricular de los hemisferios cerebrales, ésta cavidad se encuentra separada en el nivel rostral, después se hace única a nivel medio y posterior, para cerrarse y separarse en el nivel caudal de los hemisferios cerebrales. ( Fig. 17)

Fig. 17. Esquema en el que se propone la anatomía de la cavidad ventricular de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum.



En la bibliografía, (Herrick, 1948; Ebbesson, 1980) se mencionan características de las capas, así como de células y fibras solo a nivel de los bulbos olfatorios y no así para los hemisferios cerebrales del telencéfalo. En el presente trabajo se intentó diferenciar y establecer las capas encontradas en los hemisferios cerebrales, puntualizando algunas de sus características.

Tanto a nivel de los bulbos olfatorios como a nivel de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum se observó claramente la capa correspondiente a las células endimarias, que no presentan diferencias morfológicas significativas en relación a lo mencionado en la bibliografía (Herrick, 1948). En ella se cita la presencia de una gota lipídica en el interior del citoplasma de las células endimarias, puntualizando que ésta gota aparece de color negruzco mediante técnicas

argénticas que utilizan tetróxido de ósmio, para A. tigrinum. En éste estudio se encontró que efectivamente aparece una gota en el citoplasma de las células ependimarias de A. mexicanum pero con las técnicas argénticas utilizadas en este estudio, que no requieren de tetróxido de ósmio, aparece como una gota hialina. Consideramos que para asegurar que ésta gota esté constituida por lípidos, es necesario aplicar una técnica específica.

Existe en la actualidad cierta discordancia en lo referente a la presencia de tres tipos de neuroglía ( astrocitos, oligodendroglía y microglía) en el encéfalo de los anfibios. Algunos autores afirman la presencia de estos tres tipos celulares y otros cuestionan la presencia de la microglía, persistiendo este desacuerdo aún después de utilizar microscopía electrónica, ( Mysliveckova, 1978), por tal razón, éste estudio se limitó a tratar de identificar neurohistológicamente los tipos de neuroglía. Para designar a las células como astrocitos consideramos: su forma, sus numerosas prolongaciones y su cercanía a los vasos sanguíneos, de acuerdo a lo mencionado por Patt(1969). En cuanto a la oligodendroglía, el mismo autor (Patt, 1969) las describe como células satélite cuyas características corresponden precisamente a lo encontrado en éste trabajo. En cuanto a la microglía, es difícil asegurar su presencia en nuestros resultados, ya que las características que para éstas células menciona Patt (1969) concuerdan en cuanto a su morfología pero no así en su localización.

Para asegurar la presencia de microglía en A. mexicanum, sería necesario aplicar técnicas más específicas que pongan en evidencia su presencia. Cabe destacar que en la bibliografía referente a este punto, para A. tigrinum no se citan ninguno de estos tres tipos neurogliales.

En A. tigrinum, Ebbesson(1980) establece que en el palio (techo del telencéfalo) existen varios tipos neuronales, y para el subpalio (piso del telencéfalo) menciona otros tipos neuronales, distintos a los que se presentan en el palio. Según lo observado en el presente estudio, en A. mexicanum son los mismos tipos neuronales presentes tanto en el palio como en el subpalio.

En cuanto a los plexos coroideos, la bibliografía no menciona la presencia de abundantes fibras de colágena dispersas en su interior, lo cual se observó en los plexos coroideos de A. mexicanum al aplicarse la Técnica de Masson.

En ciertos urodelos existe la paráfisis, que según Sarnat & Netsky (1976) es un plexo coroideo extraventricular. En este trabajo se observó a nivel posterior y caudal de los hemisferios cerebrales de A. mexicanum una estructura semejante a la reportada por Sarnat & Netsky (1976) que ha sido identificada como la paráfisis. Sugerimos que para establecer las diferencias histológicas entre los plexos coroideos intraventriculares y la paráfisis se requiere de la aplicación de técnicas que revelen más datos acerca de la histología de la paráfisis, la cual no ha sido reportada anteriormente para A. mexicanum.

Para establecer el número de meninges que cubren al encéfalo de los urodelos, existen datos bibliográficos contradictorios.

Warren(1959) establece la presencia de dos membranas pero no logra distinguirlas morfológicamente, Herrick(1948) y Warren & Hickman (1974) mencionan que en los urodelos existen dos meninges, citando algunas diferencias morfológicas entre ambas. Por otra parte, Zajicova(1975) menciona que en los urodelos existen hasta tres membranas bien definidas que protegen al encéfalo y con características morfológicas muy similares a las meninges de los vertebrados superiores.

Así, para A. mexicanum, hemos logrado observar tan sólo dos membranas claramente definidas, que corresponden a la meninge primaria, la duramadre, y la pia-aracnoidea o meninge secundaria. Esta discordancia en cuanto al número de membranas que cubren al encéfalo, podría ser consecuencia tanto de la diversidad del grupo de los anfibios, como de la variedad de habitats que ocupan. Así, se puede suponer que la presencia de dos meninges en A. mexicanum se debe a su habitat acuático, el cual le ofrece al encéfalo un grado de protección sin necesidad de contar con una tercera membrana, como en el caso de varios animales terrestres.

Las técnicas que se emplearon para llevar a cabo el presente estudio lograron ofrecer, ante todo, un panorama general de la histología del telencéfalo de A. mexicanum.



Con cada una de ellas se logró hacer destacar alguna o algunas estructuras particulares, como es el caso de la Técnica General de Río-Hortega, que permitió observar claramente las prolongaciones de las células neuronales presentes en el telencéfalo de A. mexicanum.

La técnica de Masson permitió determinar la presencia de fibras de colágena en el interior de los plexos coroideos intraventriculares. Asimismo, cada una de las técnicas posee cierto grado de dificultad, que varía de acuerdo a las características propias del tejido, así como al trato que se le dé al mismo durante el desarrollo de la técnica.

Como se mencionó anteriormente, las técnicas argénticas resultaron ser de gran utilidad para hacer observaciones histológicas del telencéfalo de A. mexicanum. Sin embargo, con cada una de ellas fué necesario hacer modificaciones en el tiempo y la temperatura de impregnación, ya que se observó que éste tejido es muy argirófilo.

Por otro lado, el empleo de las técnicas de anilinas ofreció información complementaria de la histología del telencéfalo, sobre todo en lo referente a las estructuras conectivas. Por tal motivo debe tenerse un criterio acertado que permita aplicar tanto técnicas argénticas como de anilinas para obtener la mayor información histológica de cualquier tejido que se estudie.

## VI. CONCLUSIONES

- Los bulbos olfatorios de A. mexicanum se pueden distinguir histológicamente de los hemisferios cerebrales.
- La disposición de la materia gris del telencéfalo de A. mexicanum es periventricular como en otros urodelos.
- A nivel de los hemisferios cerebrales existe una clara disposición en capas de los cuerpos celulares.
- Se identificaron dos tipos de neuroglía ( astrocitos y oligodencroglía) en los hemisferios cerebrales del telencéfalo de A. mexicanum y tres tipos de neuroglía ( astrocitos, oligodendroglía y microglía) en los bulbos olfatorios.
- En los plexos coroides de A. mexicanum se observó, en su interior, la presencia de abundante colágena.
- En A. mexicanum se observó la presencia de la paráfisis en los niveles posterior y caudal de los hemisferios cerebrales.
- En el telencéfalo de A. mexicanum se presentan dos meninges.
- Las técnicas histológicas empleadas permitieron conocer las estructuras tisulares presentes en el telencéfalo de A. mexicanum.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Ariens- Kappers, C.U., et.al. 1965. The Comparative Anatomy of the Nervous Systems of Vertebrates, including Man. Hafner Publishing Company., Inc. New York. 1845 pp.
- Baker, R.C. & G.O. Graves. 1932. The development of the brain of Amblystoma (3 to 17 mm body length). J.Comp. Neurol. 54 (2): 501-559.
- Bullock, H.T., et.al. 1977. Introduction to the Nervous Systems. W.H. Freeman & Company. San Francisco. 559 pp.
- Burr, H.S. 1922. The early development of the cerebral hemispheres in Amblystoma. J.Comp. Neurol. 34: 277-301.
- Cajal, R.S. & F.de Castro. 1972. Elementos de Técnica Micrográfica del Sistema Nervioso. Salvat. Barcelona. 183 pp.
- Cendrero, L. 1972. Zoología Hispanoamericana. Vertebrados. Porrúa. México, D.F. 346 pp.
- Ebbesson, S.O. 1980. Comparative Neurology of the Telencephalon. Plenum. New York. 506 pp.
- Estrada, F.E., et.al. 1982. Manual de Técnicas Histológicas. AGT. Ed. México, D.F. 140 pp.
- Herrick, J.C. 1910. The morphology of the forebrain in Amphibia and Reptilia. J. Comp. Neurol. 20 (5): 413-547.
- \_\_\_\_\_ 1921. A sketch of the origin of the cerebral hemispheres., J. Comp. Neurol. 32: 429-454.

- Herrick, C.J. 1924. The Amphibian forebrain I. Amblystoma, external form., J. Comp. Neurol. 37 (3): 362-371.
- \_\_\_\_\_ 1927. The Amphibian forebrain. IV. The cerebral hemispheres of Amblystoma., J. Comp. Neurol. 43 (2): 231-325.
- \_\_\_\_\_ 1933c. The Amphibian forebrain VII. The architectural plan of th brain., J.Comp. Neurol. 58:1-288.
- \_\_\_\_\_ 1948. The Brain of the Tiger Salamander. Univ. Chicago. Press., Chicago. 407 pp.
- Kokoros, J.J. 1977. Telencephalic efferents of the Tiger Salamander Amystoma tigrinum tigrinum., J. Comp. Neurol. 173 (4): 613-628.
- Korf, H.W. 1976. Histological, histochemical and electron microscopical studies on the nervous apparatus of the pineal organ in the Tiger Salamander, Ambystoma tigrinum., Cell and Tissue Research. 174 (4): 475-498.
- Leake, D.L. 1975. Comparative Histology. An Introduction to the Microscopic structure of animals. Academic. Press. London. 738 pp.
- Luna, L.G.(ed.).1968. Manual of Histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology. American Registry of Pathology. Mc. Graw-Hill. New York. 508 pp.
- Mysliveckova, A. 1978. Ultrastructural image of the neuroglia of Fishes, Amphibians, and Reptiles. Folia. Morphol. XXVI (1):49-54 .
- Opdam, P. 1976. Topological analysys of the brain stem of the

- axolotl Ambystoma mexicanum. , J. Comp. Neurol. 165 (3):285-306.
- Opdam, P. 1976. The brain stem of the axolotl Ambystoma mexicanum and the frog Rana esculenta. , Acta Morphol. 13 (4): 307-308.
- Patt, D.G. & G.R. Patt. 1969. Comparative Vertebrate Histology. Harper & Row. Publishers. New York. London. 438 pp.
- Phillips, B.J. 1975. Development of vertebrates anatomy. Mosby Company. Saint. Louis. 473 pp.
- Rivas, M.P. 1981. Técnicas Histológicas en la Práctica de la Biología. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM. 155 pp.
- Romer, A.S. & T.A. Parsons. 1981. Anatomía comparada. Interamericana. Mexico, D.F. 428 pp.
- Sadoughi, M. 1981. Effets de la coanavaline A sur l' induction neurogene chez la jeune gastrula d' axolotl ( Ambystoma mexicanum Shaw.) et de pleurodele ( Pleurodeles waltlii Michach.) Acta Morphol. 19: 127-134.
- Sarnat, H.B. & M.G.Netsky. 1976. Evolución del Sistema Nervioso. H. Blume. Madrid. 408 pp.
- Sims, T.J. 1977. The development of the monoamine-containing nervous in the brain and spinal cord of the Salamander, Ambystoma mexicanum. J. Comp. Neurol. 173 (2): 319-336.
- Warren, A. 1959. Textbook of Comparative Histology. Omega. Barcelona. 134 pp.
- Warren, A. & C.P. Hickman. 1974. Histology of the Vertebrate

a Comparative Text. Mosby. Company. Saint. Louis. 439 pp.

Weichert, K.C. 1977. Elementos de anatomía de los Cordados.

Mc. Graw-Hill de México, D.F. 509 pp.

Zajicova, A. 1975. Comparative morphology of the meninges of Amphibians and Reptiles. Folia. Morphol. XXIII (1):56-64.