

63  
2 ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO HISTOLOGICO  
DE BRANCHIOSTOMA SP. (CEPHALOCHORDATA)

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G A  
P R E S E N T A

MARCELA GEORGINA FRIAS MONDRAGON

MEXICO, D. F.

1990.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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

## 1. INTRODUCCION

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Objetivos

## 2. MATERIAL Y METODOS

- 2.1 Area de estudio y colecta
- 2.2 Fijación
- 2.3 Inclusión y cortes
- 2.4 Tinción

## 3. CARACTERISTICAS GENERALES DE Branchiostoma

- 3.1 Taxonomía
- 3.2 Descripción del género Branchiostoma

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

- 4.1 Sistema Tegumentario
- 4.2 Aparato de Sostén
- 4.3 Aparato Digestivo
- 4.4 Sistema Excretor
- 4.5 Aparato Circulatorio
- 4.6 Sistema Nervioso
- 4.7 Aparato Reproductor

## 5. CONCLUSIONES

## 6. BIBLIOGRAFIA

## 1.0 INTRODUCCION

Los organismos del género **Branchiostoma**, comunmente conocidos como "anfioxos" pertenecen a la Clase Cephalochordata del Phylum Chordata. Sus representantes son marinos y están ampliamente distribuidos en todos los mares del mundo, razón por la cual se les ha considerado como un grupo ancestral (Drach, en Grassè, 1961).

La importancia de su estudio radica en que se ha considerado que los cordados evolucionaron a partir de un "ancestro común", de aspecto pisciforme semejante al anfioxo, el cual presentaba las tres características fundamentales que, según Rioja, 1979, tienen todos los cordados y que son:

- La presencia de la cuerda dorsal o notocorda en el estado embrionario pudiendo ser persistente en algunos organismos adultos, en los que constituye un cordón dorsal que forma el eje del esqueleto.

- La región anterior del tubo digestivo se modifica para la respiración.

- El sistema nervioso representado por un tubo de luz estrecha y paredes gruesas, tiene el aspecto de un cordón situado dorsalmente por encima de la notocorda y paralelo a ésta. Los espacios que existen en el interior del sistema nervioso constituyen el neurocele.

Esta clase comprende dos géneros: *Branchiostoma* y *Asymmetron*, de los que se han descrito 30 especies. La diferencia entre estos dos géneros es que el primero posee órganos reproductores a los lados del cuerpo, simétricamente colocados; y el segundo, solo los lleva en el lado derecho, y por lo tanto son asimétricos (Rioja, 1971).

### 1.1 ANTECEDENTES

La primera descripción que se publicó del anfioxo la realiza Pallas en 1771, considerándolo como un molusco terrestre semejante a una babosa, llamándole *Limax lanceolatus*.

Drach en 1961, menciona que Costa en 1834, lo emparentó con los ciclóstomos y consideró a los cirros peribucales como branquias; de esta interpretación surge la denominación *Branchiostoma lanceolatus* siendo el nombre válido para la especie según la Ley de Prioridad del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (1961).

El mismo autor dice que Yarrel en 1836, es el primero que lo esquematiza y propone el nombre de *Amphioxus lanceolatus* y que en 1841, los anatomistas Goddsier y Rathke realizan sus importantes trabajos señalando las homologías fundamentales que existen entre *Branchiostoma* y los vertebrados menos complejos.

Asimismo, Drach (op. cit.) señala que Kowalkowsky en 1867, demuestra que las particularidades esenciales del desarrollo embrionario del anfiexo son afines a las de los vertebrados. En especial afirma, que el mesodermo aparece bajo la forma de vesículas constituyendo cada una de ellas una parte del celoma y un segmento muscular.

Además sostiene que Hatschek durante los años de 1884 a 1888 describe la morfología del anfiexo, así como su ecología, y que Wiley en 1895, publica el primer libro sobre estos organismos: "**Amphioxus** and the Ancestry of the Vertebrates", haciendo una recopilación de 133 trabajos, entre los que se encuentran los suyos y los de Hatschek.

Hasta el año de 1930, los estudios que se habían hecho sobre **Branchiostoma** se refieren principalmente a su taxonomía, así como a su embriología, morfología y ecología.

Fue hasta 1936 cuando Barrington inicia los trabajos relacionados con la histología, al hacer una descripción del epitelio existente en el intestino de estos organismos.

Posteriormente Bullough, en 1951, describe la presencia de gónadas en ambos lados del cuerpo del anfiexo, considerando esta característica básica para su taxonomía.

En el año de 1959, Andrew efectúa estudios de histología comparada de vertebrados e invertebrados, en los cuales describe los cuatro tejidos básicos, y en relación a *Branchiostoma* detalla el epitelio de la cavidad oral, del ciego hepático, del intestino y de las barras branquiales; y en forma general a los órganos excretores, la epidermis y la dermis.

Drach en 1961, realiza un trabajo en el que menciona algunos tipos celulares que forman parte de los aparatos digestivo, respiratorio, de sostén, excretor y nervioso. Este estudio puede ser considerado como el más completo sobre cefalocordados; ya que en él menciona las características morfológicas y ecológicas de *Branchiostoma* y del otro género perteneciente a esta clase.

Bullock (1965), hace referencia de la actividad glandular que presenta el sistema nervioso del anfioxo. Detalla las células gigantes de Joseph, localizadas en la mancha pigmentaria que se encuentra en la cuerda nerviosa. Asimismo, se refiere a la foseta de Hatschek y al órgano infundibular, considerándolos órganos neurosecretores asociados al sistema nervioso, afirmando que la foseta de Hatschek pudiera ser homóloga a la pituitaria.

Baskin en 1975, realiza un estudio sobre uniones intercelulares epidérmicas de *Branchiostoma californiense*, en el cual resalta la

importancia de dichas uniones, ya que al ser un organismo excavador y presentar una epidermis delgada y sujeta a una constante fricción, requiere de una mayor cohesión entre las células que la constituyen.

Leake (1975), lleva a cabo un estudio enfocado principalmente al sistema nervioso, en el cual hace mención de las células nerviosas que rodean la vesícula cerebral, las neuronas multipolares gigantes, y la presencia de fibras sensoriales, motoras y amielínicas; además, describe los epitelios que constituyen la epidermis, las barras branquiales, el endostilo, el intestino y en general a los órganos excretores.

En 1976, Baskin y Detmer llevan a cabo sus investigaciones sobre el control neurocilial en las barras branquiales de *Branchiostoma californiense* utilizando la microscopía electrónica.

Welsch y Storch (1980), realizan estudios en el anfioxo, refiriéndose a las células de Joseph como fotorreceptoras, establecen homologías entre el endostilo y la glándula tiroidea y de la foseta de Hatschek con la adenohipófisis de los vertebrados superiores.

Anadón (1980), hace un estudio sobre la ultraestructura de las células de Joseph, encontrando por primera vez la presencia de cilios, raíces y neurofilamentos para estas células, en base a lo cual, discute si ellas pueden ser consideradas como fotorreceptoras.



Como se observa en los antecedentes, la mayoría de los trabajos que se han realizado sobre el género **Branchiostoma** se refieren a la taxonomía, morfología y fisiología; mientras que los trabajos histológicos son muy específicos y se concretan a determinadas estructuras, faltando una descripción integral de la histología básica de este organismo.

## 1.2 OBJETIVO

En base a lo anterior, el objetivo de este trabajo consiste en contribuir al conocimiento de la histología de **Branchiostoma** sp para que a partir de ella y con lo que se conoce del género **Asymmetron** se pueda establecer el marco histológico de los cefalocordados.

## **2.0 MATERIAL Y METODOS**

### **2.1 AREA DE ESTUDIO Y COLECTA**

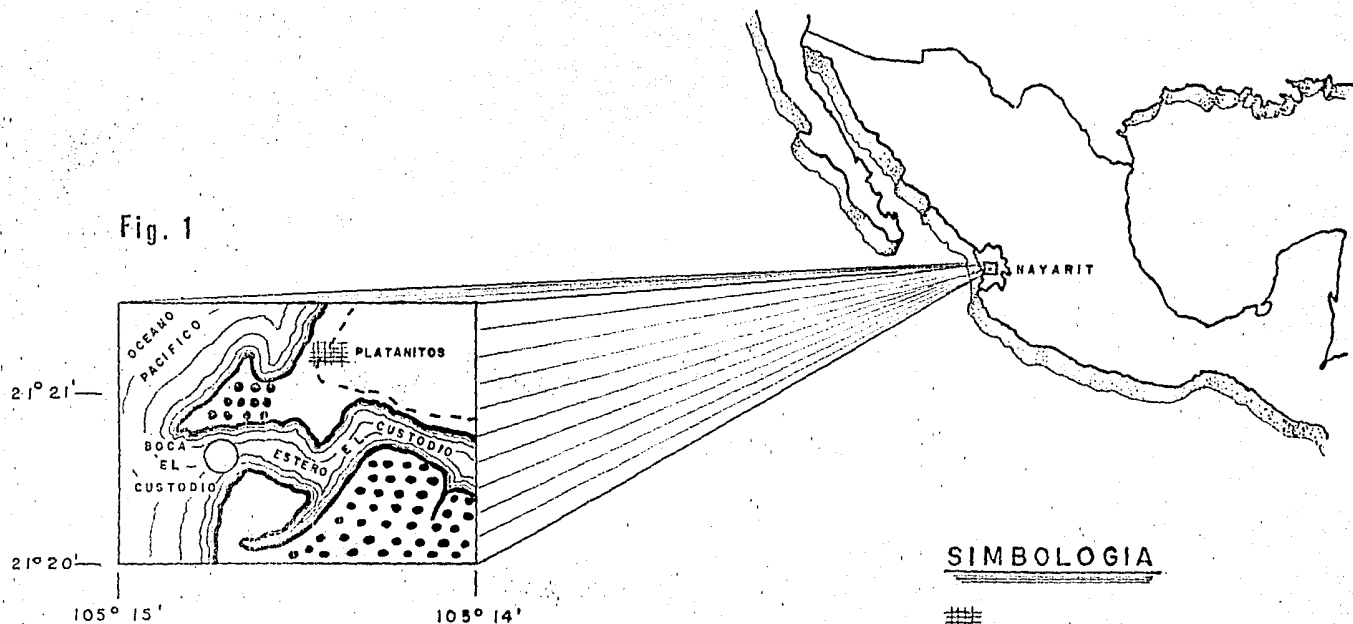
Los organismos se colectaron en el Estero del Custodio, también llamado de Platanitos, localizado entre los 21°15' - 21°25' de latitud norte y los 105°15' - 105°10' de longitud oeste, en el Estado de Nayarit (Fig. 1), que forma parte del sistema estuarino de las costas de los estados de Sinaloa y Nayarit. La colecta se llevó a cabo a bordo de una lancha de fibra de vidrio de 7 metros de eslora con motor fuera de borda, utilizando una draga manual tipo Petersen, a profundidades de 2 a 5 metros, y encontrándose el organismo enterrado oblicuamente, dejando de fuera la región anterior del cuerpo.

El sedimento colectado con la draga, se pasó por un tamiz de 0.5 milímetros de apertura de malla para separar a los organismos, y se decidió procesar 30 ejemplares adultos en total, colocándolos en un frasco de boca ancha con agua del estero para su observación; posteriormente se llevo a cabo la fijacion en el mismo lugar de la colecta.

### **2.2 FIJACION**

Se emplearon varios fijadores, utilizando el criterio de Mahoney (1971), quien recomienda sustancias tales como: Zencker, Bouin y Formol al 10%, para estudios histológicos de cefalocordados.

Fig. 1



LOCALIZACION GEOGRAFICA

Y UBICACION

DEL AREA DE COLECTA

SIMBOLOGIA



POBLADO



BRECHA



MANGLAR



AREA DE COLECTA

Las soluciones fijadoras se prepararon de la siguiente manera:

**FIJADOR DE ZENCKER**

Bicromato de potasio	2.5 g
Cloruro de mercurio	5.0 g
Sulfato de sodio	1.0 g
Acido acético glacial	5.0 ml
Agua del estero	100.0 ml

Del total de ejemplares colectados, 5 de ellos se mantuvieron en este fijador durante 48 horas, transcurrido este tiempo, se pasaron a una solución alcohólica de yodo para evitar precipitados amorfos cristalinos en la preparación (Locquin, M. y M. Langeron, 1985). Posteriormente, se lavaron en alcohol etílico al 70%, en el que se conservaron.

**FIJADOR DE BOUIN**

Solución saturada de ácido picrico	75.0 ml
Formaldehído al 40%	25.0 ml
Acido acético glacial	5.0 ml

Otros 10 organismos fueron fijados en esta solución, en el cual se mantuvieron durante 24 horas. Se lavaron en agua corriente durante 2 horas y posteriormente se pasaron a alcohol al 70% para su conservación.

## FORMOL AL 10%

Formaldehído al 40%	10.0 ml
Agua del estero	90.0 ml

En este fijador se colocaron 15 organismos, permaneciendo en él hasta su procesamiento. Posteriormente se lavaron 1 hora en agua de la llave antes de la inclusión.

### 2.3 INCLUSION Y CORTES

Se incluyeron en parafina utilizando la técnica recomendada por Mayer (1902), y modificada por nosotros según los requerimientos que se presentaron.

Alcohol al 50%	24 horas
Alcohol al 70%	24 horas
Alcohol al 96%	24 horas
Alcohol absoluto	24 horas
Alcohol absoluto + aceite de cedro 2:1	8 horas
Alcohol absoluto + aceite de cedro 1:1	8 horas
Alcohol absoluto + aceite de cedro 1:2	8 horas
Aceite de cedro puro	24 horas
Xilol	15 minutos
Parafina primer cambio	30 minutos
Parafina segundo cambio	30 minutos

Durante la deshidratación en los alcoholes, se realizaron 3 cambios de 8 horas cada uno, llevando a cabo la inclusión en parafina de 56-58°C de punto de fusión.

Se elaboraron cortes seriados longitudinales y transversales de todo el organismo, con un grosor de 10 micras, empleando un microtomo rotatorio de parafina American Optical 820 Spencer.

#### 2.4 TINCION

Se utilizaron las siguientes técnicas de tinción:

##### HEMATOXILINA-EOSINA

Xilol	15 minutos
Xilol	15 minutos
Alcohol al 96%	10 minutos
Alcohol al 70%	10 minutos
Alcohol al 50%	10 minutos
Lavar con agua destilada	
Hematoxilina de Harris	40 segundos
Virar con agua corriente	
Lavar con agua destilada	
Alcohol al 50%	5 minutos
Alcohol al 70%	5 minutos
Eosina alcohólica	5 segundos
Alcohol al 96%	10 minutos
Alcohol absoluto	10 minutos
Xilol	10 minutos
Montar en bálsamo de Canadá	

TRICROMICA DE MASSON

Xilol	15 minutos
Xilol	15 minutos
Alcohol al 96%	10 minutos
Alcohol al 70%	10 minutos
Lavar con agua destilada	
Pasar los cortes a una solución de bouin durante 24 horas	
Lavar con agua corriente	
Hematoxilina de Weigert	6 minutos
Virar con agua corriente	
Lavar con agua destilada	
Escarlata de Biebrich	1 minuto
Lavar con agua destilada	
Acido fosfomolibdico/fosfotúngstico	15 minutos
Azul de anilina	15 minutos
Lavar rápido con agua destilada	
Alcohol al 96%	5 minutos
Alcohol al 96%	5 minutos
Alcohol absoluto	10 minutos
Xilol	10 minutos
Montar en bálsamo de Canadá	

DOBLE IMPREGNACION ARGENTICA EN CALIENTE DE RIO-HORTEGA

Xilol	15 minutos
Xilol	15 minutos
Alcohol al 96%	10 minutos
Alcohol al 70%	10 minutos
Lavar con agua destilada	
Nitrato de plata al 5%	24 horas
Lavar con agua destilada	
Carbonato de plata + 3 gotas de piridina	24 horas
Lavar con agua destilada	
Hiposulfito de sodio + 1 gota de amoniaco	3 minutos
Lavar con agua destilada	
Alcohol al 96%	
Creosota	10 minutos
Montar con bálsamo de Canadá	

Las siguientes técnicas fueron empleadas para material en bloque.

HOREN

Lavar con agua corriente	
Horen	12 horas
Alcohol al 50%	1 hora
Alcohol al 70%	1 hora
Alcohol al 96%	1 hora
Alcohol absoluto	1 hora
Aceite de cedro puro como conservador	



## ROSA DE BENGALA

Lavar con agua corriente

Rosa de bengala al 1%	24 horas
Alcohol al 50%	2 horas
Alcohol al 70%	2 horas
Alcohol al 96%	2 horas
Alcohol absoluto	2 horas
Alcohol absoluto + aceite de cedro 2:1	2 horas
Alcohol absoluto + aceite de cedro 1:1	2 horas
Alcohol absoluto + aceite de cedro 1:2	2 horas
Aceite de cedro puro como conservador	

La interpretación micrográfica se efectuó utilizando el microscopio óptico binocular Carl Zeiss y el óptico binocular American Optical con sistema de enfoque micrométrico para cámara clara.

Para determinar las dimensiones promedio de los diferentes tipos celulares, se calibró el microscopio con el micrómetro de platina y el ocular micrométrico 10X W.F. de American Optical. Las medidas de las estructuras y tipos celulares, son un promedio de 10 mediciones.

De los cortes más representativos se tomaron fotografías con un fotomicroscopio II de Carl Zeiss, en el Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

### 3.0 CARACTERISTICAS GENERALES DEL GENERO Branchiostoma

#### 3.1 TAXONOMIA

Según Newman (1939), el género **Branchiostoma** se clasifica como sigue:

Phylum	Chordata Haeckel, 1846
Subphylum	Protochordata Haeckel, 1886
Clase	Cephalochordata Owen, 1846
Familia	Branchiostomidae Bonaparte, 1846
Género	<b>Branchiostoma</b> Costa, 1834

De este género se han descrito, hasta la fecha, 10 especies y su determinación se basa en: la forma del rostro y de la aleta caudal; la longitud del individuo adulto; y el número promedio y la disposición de los miotomos en las diferentes regiones del cuerpo. Este organismo tiene la siguiente distribución:

**Branchiostoma lanceolatus** Costa, 1834. Mar Mediterráneo, Mar del Norte, Canal Inglés y Costa de Noruega.

**Branchiostoma belcheri** Gray, 1847. Costa de China, Japón y Borneo.

**Branchiostoma caribaeum** Sundevall, 1853. Costa este de Estados Unidos, Golfo de México y Sudamérica.

**Branchiostoma virginiae** Sundevall, 1857. Costa Atlántica de América del Norte.

**Branchiostoma elongatum** Sundevall, 1859. Costa Occidental de Sudamérica.

**Branchiostoma californiense** Cooper, 1868. Costa de California norteamericana y mexicana.

**Branchiostoma haeckelii** Franz, 1893. Costa de Ceylán y sudeste de África.

**Branchiostoma indicum** Willey, 1901. Costa de India y Japón.

**Branchiostoma platae** Hubbs, 1922. Costa de Argentina.

**Branchiostoma marabaiensis** Da Silva, 1980. Costa de Brasil.

La mayoría de estas especies tienen una distribución amplia en los mares tropicales y subtropicales, restringidos a un cinturón entre los 40° latitud norte y 40° latitud sur, con excepción de las especies localizadas en las costas de Noruega y la situada en la costa sureste de Africa.

En México, Rioja (en Cendrero, 1971) reporta a la especie **Branchiostoma californiense** en los litorales de la Península de Baja California y del Golfo de California, no habiéndose reportado por ningún autor la especie con la que trabajamos, por lo que consideramos que los organismos colectados pertenecen a una nueva especie.

### 3.2 DIAGNOSIS DEL GENERO Branchiostoma

Los organismos adultos de **Branchiostoma** tienen de 5 a 8 centímetros de largo, el cuerpo es alargado y comprimido lateralmente, la piel carece de pigmentos por lo que los músculos se ven claramente a través de ella. Este organismo es aguzado en sus extremos, no existiendo una cabeza, de hecho no se distinguen ni ojos, ni orificios nasales, ni oídos individualizados. Sin embargo, en el extremo frontal se observan una serie de cirros peribucales que presentan células receptoras (Fig. 2).

Los **miotomos** del animal adulto son paquetes de fibras musculares que corren a lo largo del cuerpo y están separados por tabiques llamados mioseptos. Estos no se encuentran en línea recta, sino que forman una "V", cuyo vértice apunta hacia la parte anterior del organismo (Fig. 3). Esta disposición muscular es importante para la locomoción efectuada por medio de ondulaciones laterales de su cuerpo.

En el centro del cuerpo se halla una varilla elástica, la **notocorda**, que recorre al animal en toda su longitud y cuya función es permitir una contracción muscular eficiente sin acortamiento del cuerpo (Fig. 2).

La **epidermis** está compuesta por una sola capa de células ciliadas en los individuos jóvenes y cubierta por una capa de cutícula delgada en los adultos (Fig. 3). Por debajo de la epidermis se halla la dermis de naturaleza fibrosa, y a su vez por debajo de esta capa se encuentra la hipodermis de naturaleza gelatinosa que también contiene fibras.

El anfioxo obtiene su alimento por filtración, separando las partículas alimenticias de una corriente de agua que él mismo provoca, por lo que necesita una gran superficie revestida por cilios; así se observa que todo el **aparato digestivo** es ciliado y está formado por:

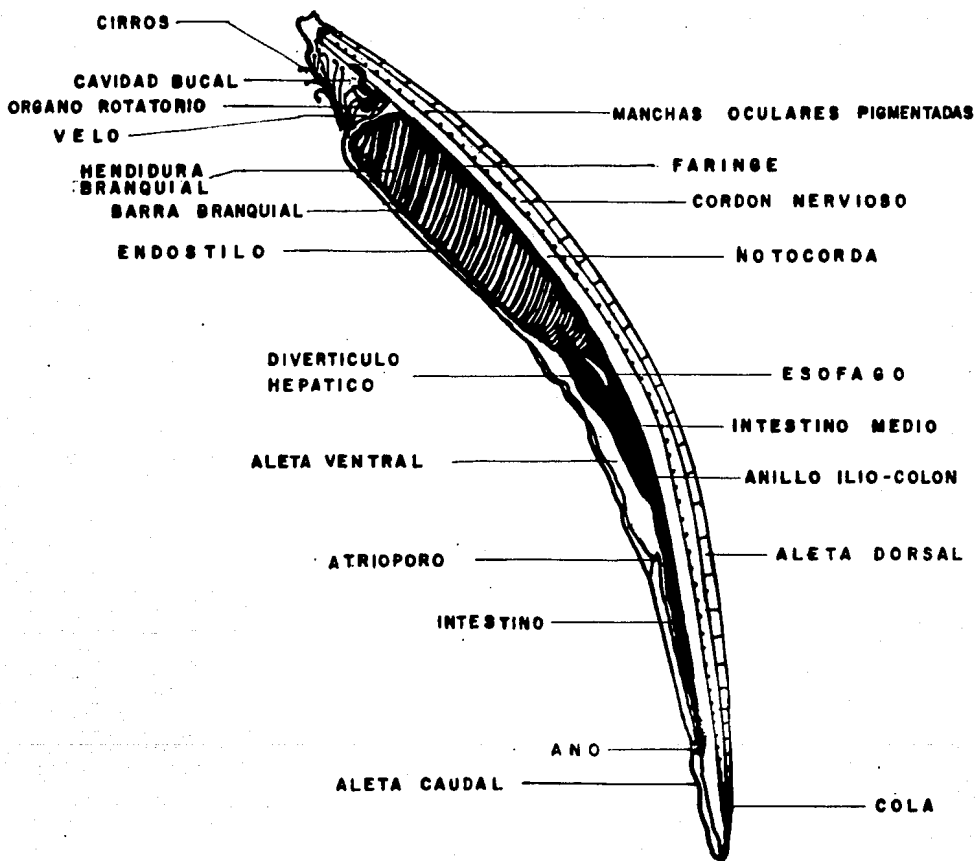
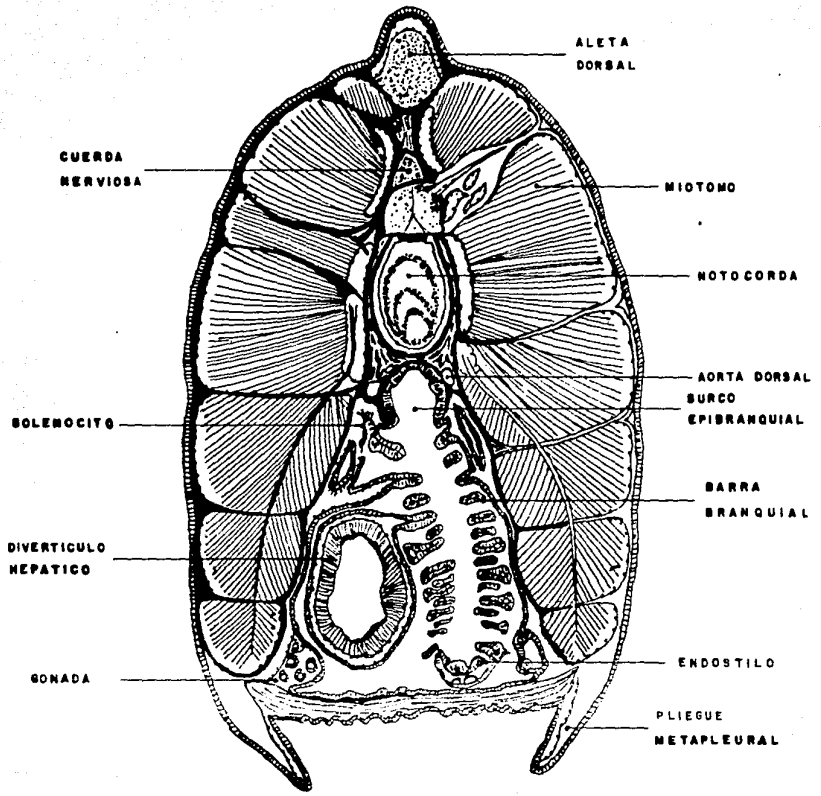


Fig. 2 Morfologia de Branchiostoma



**Fig. 3. Corte transversal a nivel faringe**

Un vestíbulo oral que se proyecta hacia el exterior en forma de cirros peribucales y se continúa con la boca.

La faringe, que es un tubo largo comprimido lateralmente cuyas paredes se encuentran perforadas por una gran cantidad de hendiduras branquiales, estas paredes están protegidas por una pared adicional que es el atrio. En la parte dorsal y ventral de la faringe se localizan dos estructuras: el surco epibranchial y el endostilo (Fig. 4), respectivamente, cuya función, en ambos casos es englobar las partículas alimenticias.

El intestino se abre a partir de la faringe; a este nivel se sitúa, una gran estructura hacia el lado derecho, que recibe el nombre de divertículo hepático, y es el sitio donde se producen las enzimas digestivas. El intestino es un tubo largo cuyas paredes están especialmente ciliadas y se continúan en línea recta hasta el ano.

El aparato circulatorio presente en el anfioxo muestra la organización en la que se basa la circulación de la mayoría de los cordados. Por debajo del extremo posterior de la faringe se halla el seno venoso, de él sale la arteria ventral en dirección anterior, y de la cual parten vasos pequeños que llevan la sangre a las barras branquiales. En la base de cada barra branquial existe un bulbo que funciona como corazón branquial.



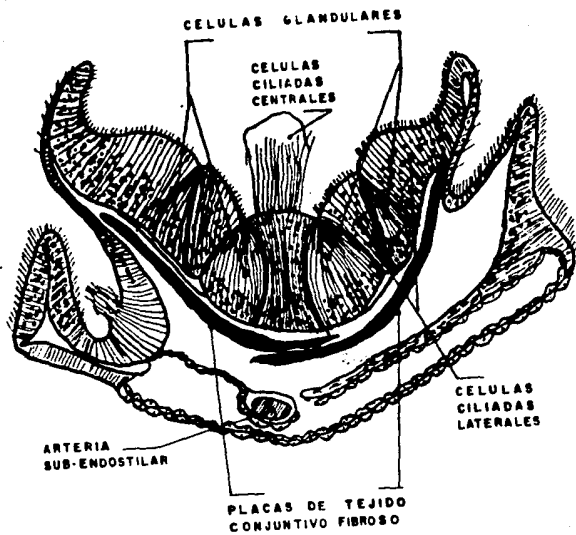


Fig. 4. Corte sagital del endostilo

La sangre procedente de las barras branquiales es recogida por las aortas dorsales, y esta sangre y la de la aorta media dorsal es llevada a las lagunas sanguíneas que bañan todos los tejidos. La sangre y las del plexo intestinal y todas estas venas desembocan nuevamente en el seno venoso.

La sangre es incolora y no se han descrito pigmentos respiratorios ni células. Se ha sugerido que la oxigenación más importante se realiza en las lagunas sanguíneas que se localizan junto a la piel.

El sistema excretor del anfioxo está representado por los protonefridios solenocíticos que se encuentran sobre la faringe (Fig. 3). En cada barra branquial primaria existe un saco nefridial provisto de numerosos solenocitos y que se abre por un poro al atrio. La excreción se realiza por difusión a través de las paredes de las células y el líquido desciende por los tubos de los solenocitos hasta el saco nefridial y es vertida al atrio.

El sistema nervioso posee un tubo nervioso en posición dorsal, por encima de la notocorda y se encuentra conectado con la periferia por dos raíces nerviosas, una dorsal y una ventral. Las raíces dorsales llevan las fibras aferentes o sensitivas y fibras motoras a la musculatura de la región ventral del cuerpo, y las raíces ventrales conectan fibras motoras con los miotomos (Fig. 3).

La médula espinal tiene una luz pequeña y las células que la rodean presentan la misma disposición que en los vertebrados: un epitelio ependimario que rodea la luz, una capa de neuronas que constituiría la sustancia gris, y una capa externa de fibras que representaría la sustancia blanca.

Respecto al aparato reproductor, las gónadas son sacos huecos, situados uno o dos en cada segmento según la especie, siendo independientes cada uno de ellos. Los sexos están separados y los gametos son liberados a la cavidad atrial por dehiscencia de las gónadas y salen al exterior a través del atrioporo. La fecundación es externa y el desarrollo del cigoto tiene lugar libremente en el agua.

#### 4.0 RESULTADOS Y DISCUSION

La descripción histológica de Branchiostoma la presentamos analizando las estructuras de sus diferentes sistemas y aparatos.

#### 4.1 SISTEMA TEGUMENTARIO

El sistema tegumentario del anfioxo está formado por la epidermis y la dermis. Encontramos que la epidermis se halla constituida por un epitelio simple cilíndrico, con células de una longitud de 8.0 micras por 5.5 de ancho, con un núcleo basal de forma esférica de 3.3 micras de diámetro, en promedio. (Fig. 5).

En las zonas laterales, hacia la región ventral del organismo, la epidermis forma los pliegues metapleurales, (Fig. 6) constituidos por un epitelio simple cúbico, cuyas células reducen su tamaño, siendo de 5.1 X 4.9 micras; los núcleos son esféricos con un diámetro de 2.2 micras.

La epidermis que cubre la región ventral se encuentra plegada y es la que se continúa de los pliegues metapleurales, que sigue estando formada por un epitelio simple cúbico de menores dimensiones, cuyas medidas son de 4.5 X 3.5 micras y sus núcleos esféricos de 1.0 micra de diámetro. (Fig. 6).



Fig. 5. Epidermis de Branchiostoma en donde se observan las células cilíndricas (c.c.) con núcleos basales (n) y tejido conjuntivo aerolar (T.C.). Tec. H-E. 100 X.



Fig. 6. Corte de la región ventral de Branchiostoma se aprecian los pliegues metapleurales (MP) y el músculo liso (ML). Tec. H-E. 51 X.

En el epitelio simple cilindrico que forma la epidermis no se observó el epitelio ciliado que menciona Drach (en Grassé, 1961), pero si se distinguió una cuticula delgada.

La dermis está formada por tejido conjuntivo aerolar, (Fig. 5) observándose fibras de colágena y, entre ellas encontramos células en forma de huso, que se semejan a los fibroblastos presentes en los cordados superiores, por lo tanto no estamos de acuerdo con Andrew (1959) que sostiene que la dermis es una capa delgada de tejido sin células.

En los pliegues metapleurales, la dermis está formada por una capa gruesa de tejido conjuntivo aerolar, donde observamos gran cantidad de fibras reticulares.

#### **4.2 APARATO DE SOSTEN**

El aparato de sosten está formado por los miotomos, la notocorda, los radios de las aletas, el eje de los cirros peribucales y la varilla de las barras branquiales.

En nuestros ejemplares se observaron los miotomos formados por paquetes de tejido muscular estriado y separados por septos de

fibras de colágena, (Fig. 7) coincidiendo con Leake (1975). Sin embargo, hay que señalar que con la técnica de hematoxilina-eosina esto no fue evidente, pero con la técnica de doble impregnación argéntica resaltaron las bandas A e I características del músculo estriado (Fig. 8).

Los miotomos de la región dorsal son los de mayor tamaño, alcanzando un promedio de 165 X 100 micras, en comparación con los de la región ventral que midieron 85 X 45 micras.

A la altura de los pliegues metapleurales en la región ventral del cuerpo, observamos tejido muscular liso, (Fig. 6) con células alargadas en forma de huso y núcleos fusiformes, siendo el grosor de esta capa de 32 micras.

Recubriendo a esta musculatura lisa se advierte un epitelio simple plano que se pierde a los lados donde se inserta con los paquetes de músculo estriado.

La notocorde se localiza a todo lo largo del cuerpo del organismo, presenta forma cilíndrica con un diámetro promedio de 153 micras, este grosor lo mantiene a todo lo largo de su estructura. Está compuesta por fibras de colágena dispuestas



Fig. 7. Paquetes de músculo estriado (m.e.)  
separados por fibras de colágena (f.c.). Tec.  
H-E. 51 X.



Fig. 8. Músculo estriado. Tec. doble impregnación  
argéntica de Rio-Hortega. 100 X.



irregularmente y rodeándola tejido conjuntivo denso, así como un epitelio simple plano. Por lo que coincidimos con Young (1977) que menciona que la notocorda se compone de una serie de placas que pueden ser de dos tipos: homogéneas y fibrosas y envueltas por una vaina fibrosa. En nuestro trabajo observamos que en los cortes teñidos con hematoxilina-eosina, la notocorda presenta un aspecto homogéneo (Fig. 9) y con técnica argéntica se distinguieron con claridad fibras dispuestas irregularmente. (Fig. 9A).

Otras estructuras de sostén formadas por colágena son los radios de las aletas dorsal y caudal, que miden en promedio 10 micras de largo; el eje de los cirros peribucales es una estructura fibrosa de 15 micras de diámetro y la varilla que en las barras branquiales recorre toda su longitud.

#### 4.3 APARATO DIGESTIVO

El aparato digestivo está constituido por: la boca, la faringe, el divertículo hepático, el intestino y el ano (Fig. 10).

En la región anterior y ventral del organismo se abre la boca, la que se encuentra rodeada por cirros peribucales, cubiertos por un epitelio simple cilíndrico. Estos cirros presentan forma de

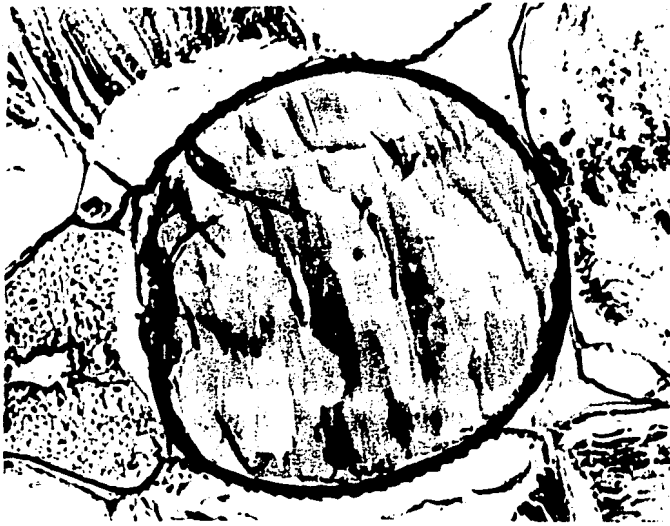
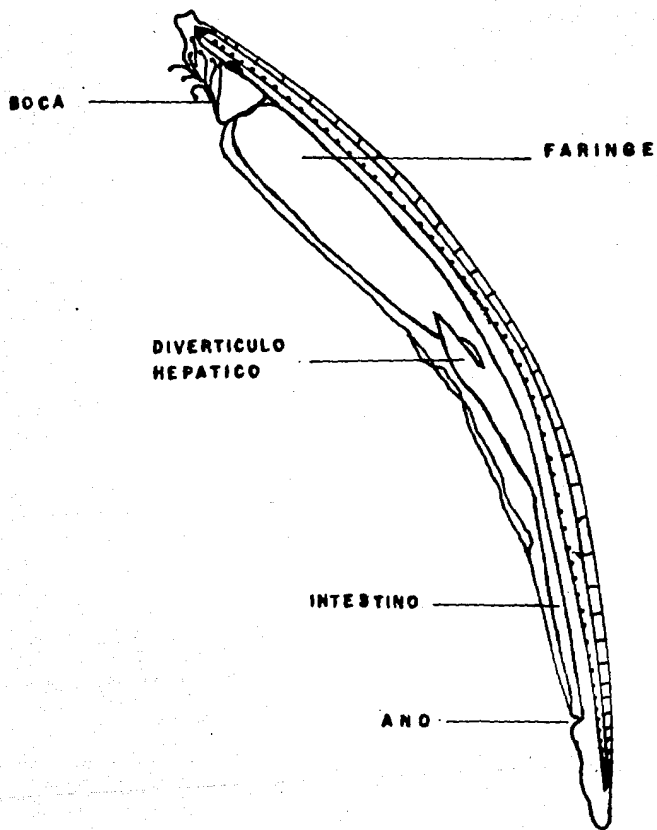


Fig. 9. Aspecto homogéneo de la notocorda, se observa la cubierta protectora y el epitelio simple plano. Tec. H-E. 100 X.



Fig. 9 A. Aspecto fibroso de la notocorda, se observan las fibras dispuestas irregularmente y una cubierta protectora. Tec. doble impregnación argéntica de Rio-Hortega. 100 X.



**Fig. 10. Aparato digestivo de Branchiostoma**

para vistos en un corte transversal, con la parte ancha hacia la región dorsal del propio cirro, cuyas células midieron 8.8 micras de largo y su núcleo basal fusiforme de 4.4 micras, mientras que en la zona delgada del cirro las células midieron 6.0 micras de largo y su núcleo esférico 3.0 micras. (Fig. 11). En el centro del cirro se observa tejido conjuntivo fibroso formado por colágena como una estructura de sostén.

Young (1977) y Rioja (1979) afirman que esta estructura además del epitelio presenta células sensoriales, mismas que nosotros no pudimos observar.

La boca se comunica con la faringe, cavidad cuyas paredes están perforadas por las hendiduras branquiales, y entre ellas se localizan las barras branquiales, de las que se distinguen dos tipos: primarias y secundarias. (Fig. 12).

Las barras primarias están formadas por un epitelio simple cilíndrico ciliado, cuyas células miden 15 micras de largo y con gran cantidad de granulos en el citoplasma (Fig.13) y en la parte anterior se observa un espacio recubierto por un epitelio simple cúbico. En el centro de la barra se localiza un eje de tejido conjuntivo de fibras de colágena.

Las barras secundarias están constituidas por epitelio simple cilíndrico ciliado, pero no presentan el espacio en la base de la barra. Estos dos tipos de barras la primaria y la secundaria se disponen alternadamente.

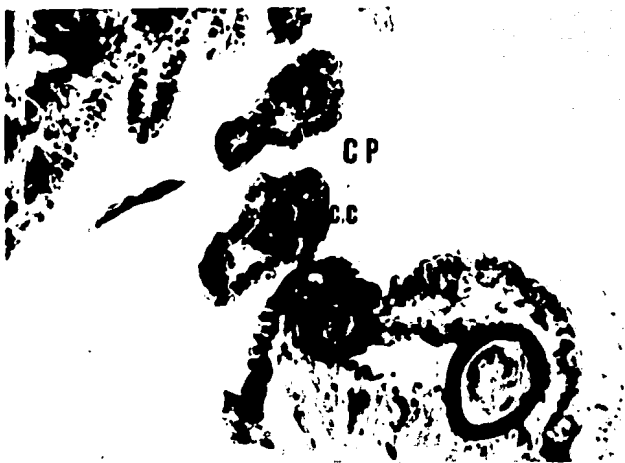


Fig. 11. Corte transversal de los cirros peribucuales (C.P.). Se muestran las células cilíndricas (c.c.) y una vaina de fibras de colágena. Tec. H-E. 100 X.



Fig. 12. Vista general de la faringe. Se observan las hendiduras (H.B.), las barras branquiales (B.B.) y el endostilo (E). Tec. H-E. 40 X.



Fig. 13. Barras branquiales constituidas por células cilíndricas ciliadas (c.c.c.) con gránulos citoplasmáticos (g). Tec. H-E. 100 X.



Fig. 14. Enodostilo formado por células mucosas (c.m.) y células ciliadas (c.c.). Abajo tejido conjuntivo. Tec. H-E. 64 X.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

En la parte ventral de la faringe se observa una estructura en forma de media luna, el endostilo (Fig. 14), formado por grupos de células ciliadas de 48.2 micras de largo, alternadas con otro grupo de células secretoras que también presentan cilios largos. Abajo del endostilo, aparece una capa de tejido conjuntivo fibroso que constituye el sostén de esta estructura.

Para nuestro trabajo pudimos corroborar lo descrito por Barrington en 1958 sobre el tipo celular que forma esta estructura, pero además menciona que estas células producen mucoproteínas yodadas y las considera como precursoras de la tiroides de los vertebrados.

Por otra parte no coincidimos con Young (1977) que menciona que la base de esta estructura está constituida por un material denominado cartilago.

La faringe se continúa con el intestino, y a este nivel se origina el divertículo hepático, situado adelante y al lado derecho de la faringe.

Este divertículo o ciego hepático es una estructura formada por un epitelio simple cilíndrico, ciliado, compuesto por células que presentan gránulos de secreción en el citoplasma y que se observan teñidas intensamente (Fig. 15). Rodeando al divertículo hepático encontramos una capa delgada de tejido conjuntivo fibroso.



Fig. 15. Corte transversal del divertículo hepático (D.H.) con células cilíndricas ciliadas (c.c.c.). En la región anterior se observa la vena hepática (v.h.). Tec. H-E. 64 X.



Fig. 16. Región anterior del intestino donde se observa el epitelio cilíndrico ciliado (e.c.c.), el peritoneo (p) y el plexo sanguíneo (p.s.) Tec. H-E. 100 X.



Coincidimos con Barrington (1958) y Ulrich y Storch (1980) en relación a la forma que presentan estas células, además de que mencionan que este sitio es donde se producen las enzimas digestivas; en cambio Leake (1975) asegura que se trata de un páncreas.

El intestino es un tubo que recorre la mitad del cuerpo, y que nosotros dividimos en tres regiones: la anterior, la media y la posterior, (Fig. 10), y se encuentra protegido por un epitelio peritoneal.

En la región anterior, la luz es ovalada, presentando dos ensanchamientos en la pared hacia la parte dorsal (Fig. 16). El epitelio es simple cilíndrico y ciliado, las células miden 22 micras de largo y sus núcleos completamente basales son ovoides muy alargadas y presentaron una longitud de 10 micras.

En los ensanchamientos observamos que las células eran más grandes, llegando a medir 30 micras y los cilios que presentan fueron los más largos de todo el epitelio; debajo de éste se aprecia una capa delgada de tejido conjuntivo reticular. La pared intestinal no presenta músculo.

En la parte media del intestino observamos que la luz del tubo se hace circular sin pliegues (Fig. 17). Esta región muestra hacia su luz un epitelio simple cilíndrico ciliado, siendo sus cilios más largos y en mayor cantidad que en la región anterior,

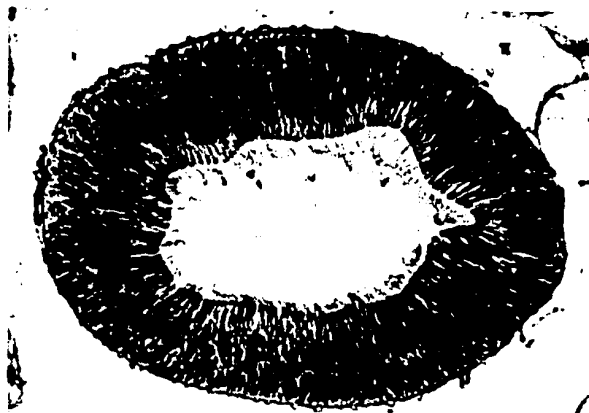


Fig. 17. Región media del intestino. Se muestra el epitelio cilíndrico ciliado (c.c.c.) con gránulos de secreción (g.s.) y el peritoneo (p). Tec. H-E. 100 X

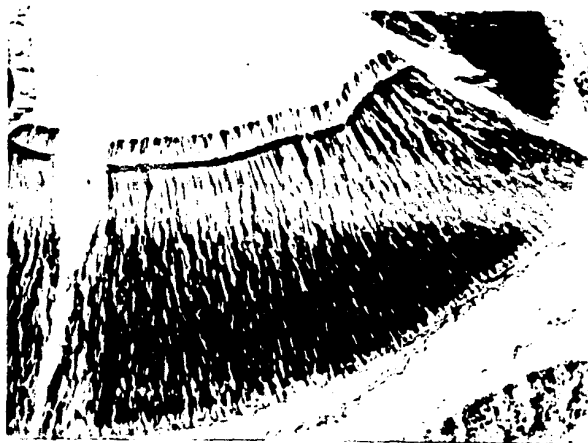


Fig. 18. Epitelio intestinal con gránulos de secreción y abundantes cilios. Tec. H-E. Contraste de Fases. 100 X.

(Fig. 18) y con respecto a sus células la diferencia entre estas dos regiones es que en esta zona las células tienen gránulos de secreción en el citoplasma y producen el mucus que sirve para englobar las partículas alimenticias.

La región posterior presenta su luz más estrecha, formando grandes pliegues; también se caracteriza por estar revestida de un epitelio simple cilíndrico con cilios abundantes (Fig. 19). Las células presentan gránulos de secreción en el citoplasma, que hicieron difícil observar los límites celulares. Las células midieron de largo 77 micras, y la banda ciliada 15.4 micras.

No se encontraron fibras musculares alrededor del tubo intestinal, sin embargo, el epitelio peritoneal es muy evidente.

La región cercana al ano, posee una mayor cantidad de pliegues que reducen la luz del tubo. En ella se presenta un epitelio simple cilíndrico; disminuyen los gránulos del citoplasma y se observa claramente la membrana basal y el epitelio peritoneal.

Andrew (1959) establece que el intestino de *Branchiostoma lanceolatus* presenta un epitelio de varias capas de células y una pared formada por tejido conjuntivo y músculo liso circular, con lo cual no estamos de acuerdo, ya que en nuestros cortes no observamos varias capas de células ni capa muscular.



Fig. 19. Región posterior del intestino, muestra el epitelio cilíndrico ciliado (e.c.c.); la membrana basal (m.b.) y el peritoneo (p). Tec. Tricrómica de Masson. 64 X.



Fig. 20. Tubos nefridiales que constituyen el sistema excretor (t.n.). Tec. H-E. 100 X.

#### 4.4 SISTEMA EXCRETOR

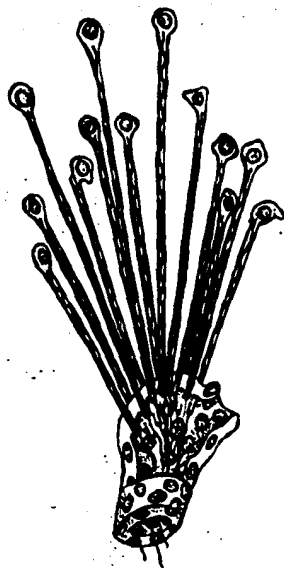
El sistema excretor se localiza a nivel de la faringe, en la base de las barras branquiales, formado por un conjunto de tubos llamados nefridiales, que midieron 11 micras de diámetro (Fig. 20).

Según Andrew (1959) y Young (1977) los órganos excretores están formados por grupos de células en flama o solenocitos, su cuerpo celular presenta un núcleo esférico y una extensión cilíndrica del citoplasma el que contiene un cilio. (Fig. 21). En nuestro trabajo solo observamos los tubos nefridiales.

#### 4.5 APARATO CIRCULATORIO

El aparato circulatorio es cerrado, carece de vasos superficiales y de corazón. Está constituido por un seno venoso, bulbos branquiales, una arteria ventral y dos dorsales, venas cardinales y un plexo periintestinal. (Fig. 22).

La arteria ventral se localiza por debajo del endostilo, por lo que también se le llama arteria subendostilar, en los organismos estudiados presentó un diámetro de 22 micras. (Fig. 23), de esta arteria se derivan una serie de vasos que corren al nivel de las



**Fig. 21.** Solenocitos del anfiexo. Se aprecian los núcleos, los flagelos y los orificios de comunicación con el conducto excretor principal, que desemboca en el atrio. (Tomado de Young, 1977).

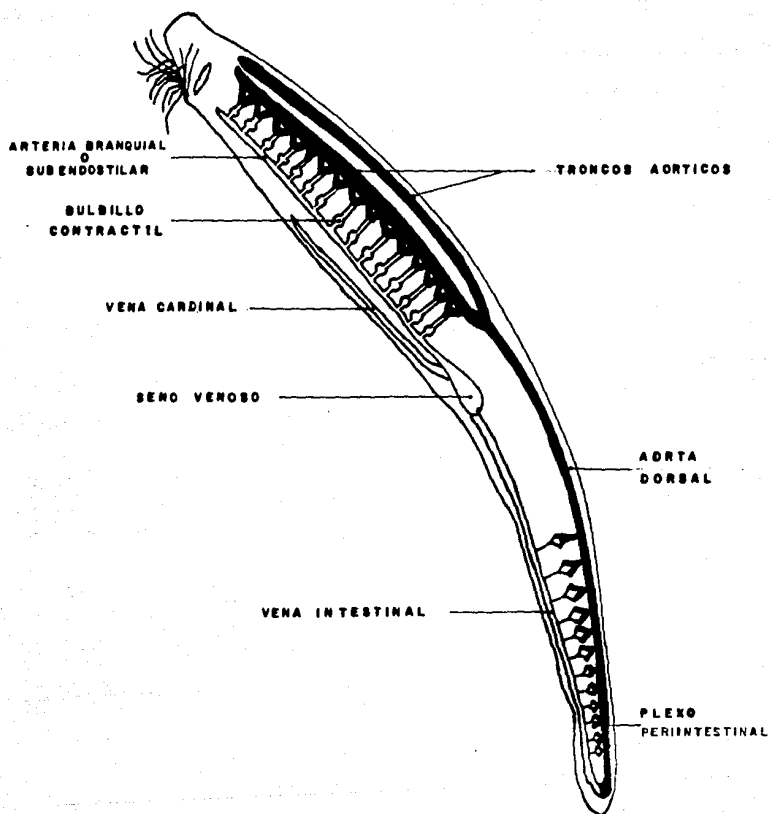


Fig. 22. Aparato circulatorio de Branchiostoma



Fig. 23. Arteria ventral o subendostilar (A.V.) localizada abajo del endostilo. Tec. H-E. 100 X.



Fig. 24. Vena cardinal encargada de irrigar a las gónadas. Tec. H-E. 100 X



barras branquiales entre el tejido conjuntivo. La sangre es recogida por dos troncos dorsales que se localizan arriba de la faringe, y corren hasta la parte media del cuerpo. Estos dos vasos se unen y forman la aorta dorsal, situada por encima del intestino (Fig. 7). En nuestros especímenes la aorta midió 10 micras de diámetro.

La sangre de la aorta dorsal es conducida al sistema de lagunas sanguíneas que bañan todos los tejidos, de donde es recogida por las venas, siendo las más importantes las caudales, las cardinales y las del plexo periintestinal. (Fig. 16). Estas últimas se observaron de diferentes diámetros y en número de 10.

Las venas cardinales son dos vasos situados en la pared dorsal del celoma, que una vez que ha irrigado a las gónadas, desembocan en el seno venoso. Estos vasos tienen forma triangular, cuya base midió 20 micras y una altura de 8. (Fig. 24).

La sangre de los vasos periintestinales llega a la vena subintestinal que presenta una forma ovalada (Fig. 25), midiendo 66 micras de ancho y 22 de altura. Este vaso se conecta a la vena hepática (Fig. 15), que tiene una forma triangular, cuya base midió 33 micras y con una altura de 13. Esta vena desemboca finalmente en el seno venoso, el cual se continúa con la arteria ventral, iniciándose nuevamente la circulación en estos organismos.



**Fig. 25.** Vena subintestinal. Tec. H-E. 100 X



**Fig. 26.** Tubo nervioso donde se observa el canal (c); neurona bipolar (n.b.) y fibras nerviosas (f.n.) Tec. Doble Impregnación Argéntica de Rio-Hortega. 100 X

La información que obtuvimos sobre el aparato circulatorio fue escasa y solo observamos algunos vasos que lo conforman; sin embargo, no localizamos el seno venoso y los bulbos branquiales que según Young (1977) y otros autores estos últimos se encuentran en la base de las barras branquiales; asimismo no fue posible analizar los componentes de la sangre.

#### 4.6 SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso está representado por un tubo que recorre la región dorsal desde los primeros segmentos del cuerpo hasta los de la región caudal, dispuesto por encima de la notocorda.

La parte anterior del tubo presenta un ligero ensanchamiento que algunos autores como Drach (1961) y Young (1977) dicen que sería el primordio del cerebro, sin embargo, las células son del mismo tipo a lo largo de todo el tubo, identificamos neuronas y otras células, entre ellas, de forma esférica.

Las neuronas fueron de dos tipos: las bipolares, fusiformes de 7 micras de longitud y con un axón largo (Fig. 26); y, las multipolares de forma piramidal con una base de 6 micras por 12 de altura (Fig. 27).

Alrededor del tubo observamos las células esféricas que midieron en promedio 3 micras tapizando la pared del canal central y coincidimos con Young (1977) en que posiblemente correspondan a las células ependimarias de la médula espinal de vertebrados; además de que encontramos una disposición periférica de toda la masa de fibras nerviosas.

También entre las células de la pared del tubo encontramos otro tipo de célula formada por dos partes, una basal donde se encuentra el cuerpo celular de forma triangular que midió 10 micras por 3 de altura; y la otra encima de ella con forma de capuchón, conteniendo un pigmento café oscuro y que según Anadón (1980) son células fotorreceptoras. (Fig. 27).

#### **4.7 APARATO REPRODUCTOR**

Los sexos en el anfioxo están separados, localizando las gónadas en la base de los miotomos, y su número promedio fue de 30. En la gónada femenina los óvulos son de tipo heterolecito y se observaron en diferentes estadios de maduración. (Fig. 28). Los óvulos maduros presentaron un núcleo esférico, excéntrico, con nucleolo grande y citoplasma ocupado por gránulos de vitelo; se apreció muy poco tejido conjuntivo entre los ovocitos. Recubriendo la gónada femenina se presenta un epitelio simple plano.



Fig. 27. Neurons multipolar (n.m.); célula fotorreceptora (c.f.) y fibras nerviosas (f.n.). Tec. Doble Impregnación Argéntica de Rio-Hortega. 100 X



Fig. 28. Gónada femenina se aprecian huevos maduros (H.M.) con núcleo (N) y nucleolo (n) y gránulos de vitelo en el citoplasma (g.v.). Tec. H-E. 64 X

En la periferia del testículo se observó una banda de células grandes las que se tifieron con hematoxilina-eosina, y corresponden a las espermatogonias. Hacia el centro de la estructura se localizan los espermatocitos de primero y de segundo orden, además de los espermatozoides. (Fig. 29).



**Fig. 29.** Testículo de anfioxo donde se distingue una banda en la periferia que corresponde a las espermatogonias y hacia el centro los espermatozoides. Tec. H-E. 64 X

## 5.0 CONCLUSIONES

El género **Branchiostoma** presenta una distribución cosmopolita; sin embargo, en México solo ha sido reportado en las costas de Baja California, Sonora y Sinaloa, refiriéndose a **Branchiostoma californiense**. El **Branchiostoma** colectado por nosotros representa un nuevo registro en la costa del estado de Nayarit y por las características morfológicas, nos hace pensar que se trata de una especie diferente a **Branchiostoma californiense**, que no ha sido reportada por ningún autor.

Podemos reafirmar lo anterior, debido a que en promedio el tamaño de nuestros organismos fue de 4.0 centímetros y el número de miotomos fue de 61, siendo menor que el reportado para **Branchiostoma californiense**, cabe señalar que los organismos estudiados presentaron las gónadas desarrolladas.

Se ha reportado que los organismos del género **Branchiostoma** viven semienterrados en la arena del fondo marino, por lo que es importante señalar que la colecta de los nuestros se realizó en el fondo de los esteros de la costa nayarita, llegando a la conclusión de que esta especie habita en los dos ambientes.

Los mejores resultados en la fijación los obtuvimos empleando el formol al 10% el cual permitió hacer mejores técnicas de coloración y además conservó a los ejemplares rectos facilitándonos su procesamiento.

En la interpretación histológica las conclusiones básicas fueron que comprobamos que la base del endostilo está formada por tejido



conjuntivo fibroso y no por cartilago, y observamos que la pared del intestino está formada exclusivamente por su epitelio cilindrico caracteristico sin presentar una capa muscular.

## 6.0 BIBLIOGRAFIA

- Alvarez del Villar, J. 1973. Los Cordados. Origen, evolución y hábitos de los Vertebrados. C.N.E.B., México, 369 pp.
- Anadón, R. 1980. Ultraestructura de las células del anfioxo (Branchiostoma lanceolatus). Trabajos Inst. Cajal Invest. biol. 68(3):177-182.
- Andrew, W. 1959. Textbook of Comparative Histology. Oxford University Press, New York, 652 pp.
- Andrews, A. 1895. An Amphioxus of Japan. Zool. Amz. Jahrg. 18:57-60.
- Barrington, E.J.W. 1965. The biology of Hemichordata and Protochordata. Oliver and Boyd, London, 176 pp.
- Barrington, E.J.W. 1979. Essential features of lower types. In: Wake, H.M. Hyman's Comparative Vertebrate Anatomy. The University of Chicago Press, 788 pp.
- Baskin, D.G. 1975. Cell junctions in Amphioxus epithelia. Amer. Zool. 15:783 pp.
- Baskin, D.G. and P. Detmers. 1976. Electron microscopic study on the gill bars of Amphioxus (Branchiostoma californiense with special reference to neurociliary control. Cell. Tiss. Res. 166:167-178.
- Borradaile, L.A. and F.A. Potts. 1961. The invertebrates. A manual for the use of students. Cambridge at the University Press. 820 pp.
- Bullock, T.H. and G.A. Horridge. 1965. Structure and function in the Nervous System. Vol. I. W.H. Freeman, London, 1719 pp.
- Bullough, W.S. 1951. Practical Invertebrate Anatomy. Mc. Millan, New York. 462 pp.
- Carta topográfica de San Blas. 1975. CETENAL. Secretaria de Programación y Presupuesto, Esc. 1: 50 000.
- Cendrero, L. 1971. Zoología Hispanoamericana. Porrúa, México. 1151 pp.
- Da Silva, S.H.G. 1980. Una nova espécie do genero Branchiostoma da costa Brasileira (Cephalochordata). Rev. Bras. Biol. 40(2):361-365 pp.
- Drach, P. 1961. Embranchement des Cephalocordés. In: Grassé, P.P. Traité de zoologie, XI. Echinodermes, stomocordés, procordés. Masson & Cie, Paris.
- Estrada, F.E., L. Peralta y P. Rivas. 1982. Manual de Técnicas histológicas. A.G.T. Editor, México, 140 pp.

Gaviño, G., C. Juárez y H. Figueroa. 1984. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. Limusa, México, 251 pp.

Grassé, P.P. 1948. Traité de Zoologie. Vol. XI Echinodermes, stomocordés. procordés. Masson & Cie, Paris.

Gray, J.E. 1847. Description of a new species of amphioxus from Borneo. Proc. Zool. Soc. London XV. (Anch: Ann. Nat. Hist. Vol. XIX).

Gray, P. 1954. The microtomist's formulary and guide. Constable and Co., London, 794 pp.

Gunther, A. 1884. Synopsis of genus Branchiostoma. In report on Zool. Collection of H.M.S., London, 31-33 pp.

Ham, A.W. 1975. Histología. Interamericana, México, 935 pp.

Kluge, A.G. 1977. Chordata structure and function. Mc. Millan Publishing, Co. Inc., London.

Kyrdaldy, J. W. 1895. A revision of the genera and species of Branchiostomidae. Quart. Jour. Micr. Sc. (N.S.). Vol. XXXVIII, 303-323 pp.

Kyrdaldy, J.W. 1895. On the species of an Amphioxus. Rev. 64 Meet. Brit. Ass. Adv. Sc.

Leake, L. 1975. Comparative histology. An Introduction to the microscopic structure of animals. Academic Press, London, 738 pp.

Lesson, C.R. and T.H. Lesson. 1977. Histología. Interamericana, México, 564 pp.

Leonhardt, H. 1977. Histología, citología y microanatomía humana. Salvat Editores, Barcelona,

Lecquin, M. y M. Langeron. 1985. Manual de microscopía. Labor, Barcelona, 373 pp.

Mahoney, R. 1971. Laboratory techniques in Zoology. Butter worth and Company, London, 404 pp.

Newman, H.N. 1939. The Phylum Chordata. Biology of Vertebrates and their kin. Mc. Millan, Co., New York, 477 pp.

Ramón y Cajal, S. y F. de Castro. 1900-1930. Elementos de técnicas micrográficas del sistema nervioso. Salvat Editores, Madrid,

Remaine, A., V. Storch y U. Wlsch. 1980. Zoología Sistemática. Clasificación del reino animal. Omega, Barcelona, 637 pp.

Rioja, E. 1971. Los cefalocordados. In: Cendrero, L. Zoología Hispanoamericana. Porrúa, Mexico, 1151 pp.

Rioja, E., M. Ruiz e I. Larios. Zoología. E.C.L.A.L., México, 739 pp.

Weichert, K.C. 1978. Elementos de anatomía de los cordados. Mc. Graw Hill, México,

Welsch, V. y V. Storch. 1980. Estudio comparado de la citología e histología animal. Urmo Ediciones, España, 365 pp.

Willey, G. 1895. Amphioxus and the ancestry of the vertebrates. Mc. Millan and Co., New York,

Willey, G. 1897. Zoological observations in the South Pacific. On a new Amphioxus from the Lousidae Archipiélago. (Asymetron caudatum). Quart. Jour. Micr. Sc.(N.S.) Vol. xxxix.

Winchnitzer, S. 1977. Atlas and dissection guide for comparative anatomy. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 231 pp.

Young, J.Z. 1977. La vida de los vertebrados. Omega, Barcelona, 660 pp.