



2j' 45

# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

HISTOLOGIA DEL CORAZON DE MOLUSCOS

## TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:  
B I O L O G O  
P r e s e n t a:

JORGE LUIS DIAZ OSUNA

México, D. F.

1983



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.

# I N D I C E

## 1.0 INTRODUCCION

1.1 Consideraciones sobre la filogenia de la circulación - en los animales.

1.2 La naturaleza del aparato circulatorio de los moluscos

1.3 Anatomía del corazón de las diferentes clases de moluscos

1.3 1 Clase Scaphopoda.

1.3 2 Clase Aplacophora.

1.3 3 Clase Monoplacophora.

1.3 4 Clase Poliplacophora.

1.3 5 Clase Bivalvia o Lamellibranchia

1.3 6 Clase Gastropoda.

1.3 7 Clase Cephalopoda.

1.4 Antecedentes.

1.4 1 Epicardio.

1.4 2 Miocardio.

1.4 3 Endocardio.

1.4 4 Tejido Conectivo.

1.4 5 Tejido Nervioso.

1.4 6 Diferentes tipos de células encontradas en el - corazón de los moluscos.

1.5 Objetivos.

## 2.0 MATERIAL Y METODO

2.1 Colecta.

2.2 Fijación.

2.3 Deshidratación e inclusión.

2.4 Cortes.

2.5 Tinción.

### 3.0 CARACTERES GENERALES

3.1 Diagnósis del Phylum Mollusca.

3.2 Diagnósis de los organismos estudiados.

3.3 Taxonomía.

### 4.0 RESULTADOS

4.1 Corazón de Chiton articulatus.

4.2 Corazón de Aplysia dactylomela.

4.3 Corazón de Helix aspersa.

4.4 Corazón de Limax maximus.

4.5 Corazón de Crassostrea virginica.

4.6 Corazón de Octopus vulgaris

### 5.0 DISCUSION

### 6.0 CONCLUSIONES

### 7.0 BIBLIOGRAFIA.

## 1.0 INTRODUCCION.

### 1.1 CONSIDERACIONES SOBRE LA FILOGENIA DE LA CIRCULACION EN LOS ANIMALES.

Al estudiar los problemas de la circulación de flujos corporales en los diferentes Phyla del Reino Animal, se encuentran soluciones sorprendentemente similares a pesar de existir entre los grupos millones de años de evolución independiente (Martin y Johansen, 1965). Sabemos, por ejemplo, -- que la mayoría de los invertebrados pequeños carecen de organizaciones especializadas en el transporte interno de moléculas nutritivas, gases respiratorios y residuos metabólicos -- (Hyman, 1967). Sus diminutas proporciones corporales hacen posible que los elementos del metabolismo alcancen rápida y directamente a las células de todos los tejidos, y al medio ambiente líquido que generalmente los baña, viajando por simple difusión a través de los espacios intercelulares. De igual -- forma, encontramos invertebrados de mayores proporciones, que tampoco presentan estructuras particulares dedicadas a la circulación sanguínea, pues aparte de que éstos poseen una morfología simple sus tasas metabólicas son relativamente bajas -- (Hoar, 1978). Sólo los animales que filogenéticamente tendieron hacia la complejidad orgánica acompañada de grandes dimensiones y considerables demandas metabólicas, fueron los que desarrollaron un aparato especializado en la circulación de --

flúidos, capaz de abastecer continuamente los nutrientes y -- gases respiratorios a todos los tejidos alejados de las fuentes de suministro; así como de remover de los mismos tejidos-- los productos y desechos del metabolismo celular (Martin y -- Johansen, op. cit. y Hoar, op. cit.). Es posible que la evolución de tal sistema especial de transporte, integrado por una extensa red de espacios y conductos de diferentes calibres, -- por donde los flúidos sanguíneos circulan con libertad entre-- las células de los tejidos, haya permitido el desarrollo de -- grandes proporciones corporales y al mismo tiempo, desempeña-- ra un papel esencial en la filogenia de complejos sistemas-- orgánicos en los metazoarios superiores (Martin y Johansen, -- op. cit. y Hoar, op. cit.).

Se piensa que el irse presentando cambios en las -- proporciones corporales, en la complejidad orgánica y modo de vida de los animales avanzados en el curso de la evolución, -- paralelamente debieron introducirse modificaciones que se -- guramente estaban implicadas en la solución de un buen número de problemas fisiológicos (Hoar, op. cit.), y que a su vez -- condicionarían la aparición y desarrollo de un importante ór-- gano muscular hueco de naturaleza contráctil, el corazón, el-- cual funciona en los aparatos vasculares de artrópodos, moluscos y vertebrados en forma similar a una bomba impulsora de -- flúidos (Wiggers, 1967).

Sabemos que los vertebrados y los moluscos son grupos de animales celomados que evolucionando independientemente por dos grandes corrientes filogenéticas principales, consiguieron tal complejidad orgánica que los encontramos entre los Phyla culminantes de dichas líneas divergentes de la evolución animal (Hyman, op. cit. y Dodson, 1963).

Una de esas líneas termina en los moluscos, anélidos y artrópodos, mientras que la otra termina en los equinodermos y los cordados. Algunos Phyla menores se asocian con una u otra de las líneas principales (Dodson, op. cit.) La serie que culmina en los moluscos, anélidos y artrópodos corresponde a la línea de los protostomados, en tanto que la serie que culmina con los equinodermos y los cordados a la de los deuterostomados (Fig. 1).

Las diferencias en cuanto al plan de desarrollo embrionario y organización general de los animales protostomados y deuterostomados, debieron haber surgido desde las etapas ancestrales de su evolución y seguramente fueron progresando hasta crear un distanciamiento filogenético considerable entre los representantes actuales de ambas líneas evolutivas.

En los protostomados la boca del animal adulto deriva de la primitiva boca embrionaria o blastoporo. El me --

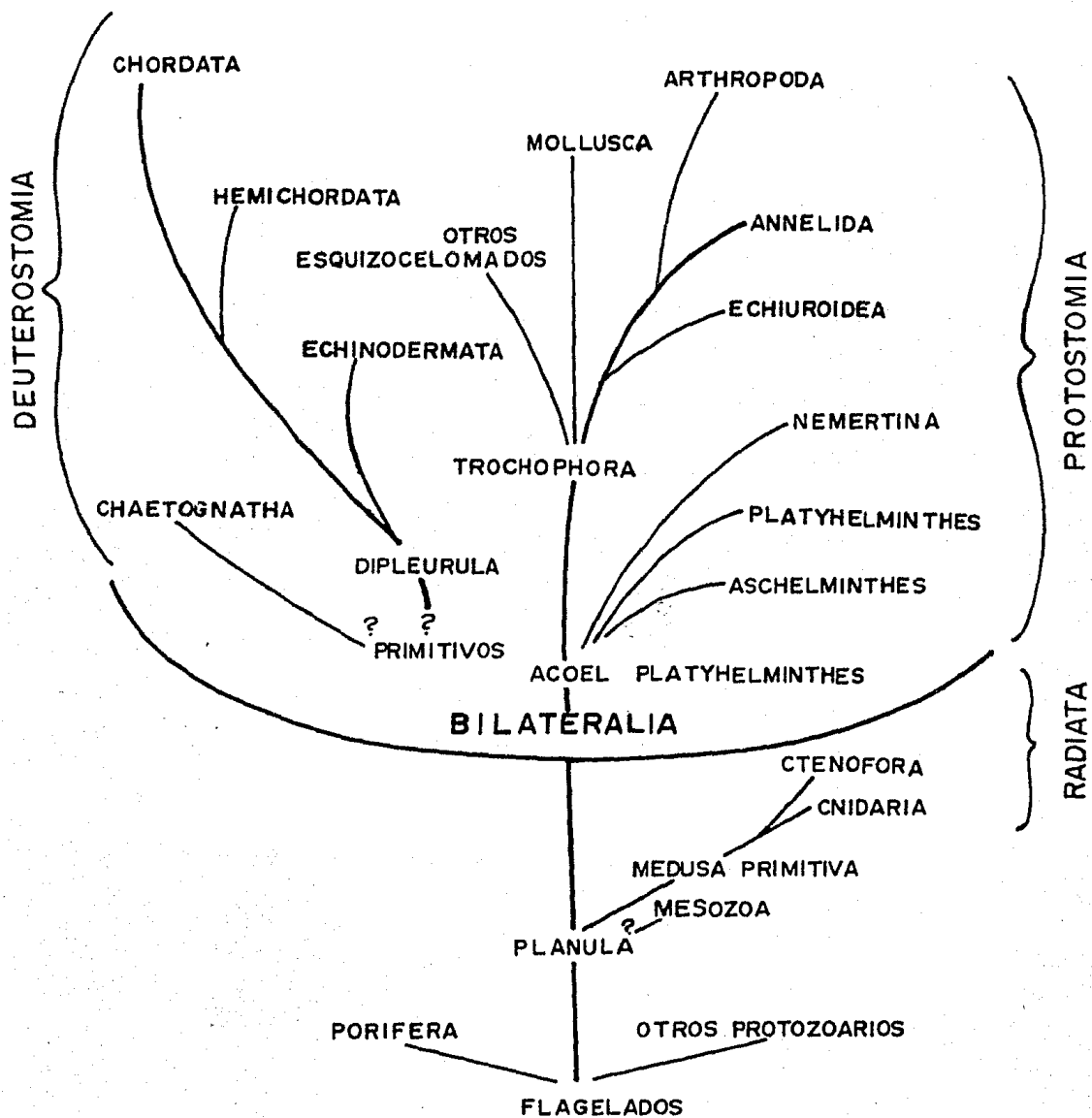


Fig.1 Filogenia del Reino Animal. Según Hyman, (op. cit.)



mesodermo, proviene de dos bandas celulares estrechamente asociadas al endodermo, donde finalmente se desarrolla la cavidad celómica que, por lo general, es un esquizocele, que se inicia con una serie de hendiduras en las bandas mesodérmicas (Remane et al, 1980).

En el caso de los deuterostomados el ano se origina a partir del blastoporo, en tanto que la boca se forma de una segunda abertura embrionaria, el estomodeo, desarrollada a cierta distancia del borde anterior del blastoporo. En ellos el mesodermo se forma por evaginación del tubo digestivo y, en consecuencia, la cavidad celómica formada recibe el nombre de enterocele (Remane et al, op. cit.).

Desde un punto de vista filogenético, Simpson (1951) y Weisz (1971), señalan que dos estructuras orgánicas derivadas de antepasados diferentes entre sí pueden llegar a ser muy semejantes, ya que partiendo de una organización distinta los animales pueden responder a determinadas exigencias del medio ambiente con una adaptación más o menos similar; tal hecho podría ser el caso de lo ocurrido entre el corazón de los moluscos, organismos protostomados y el corazón de los vertebrados, animales deuterostomados.

Es un hecho conocido que el corazón de ambos grupos de animales no presenta relaciones filogenéticas directas, puesto que se han constituido como órganos en dos corrientes diver

gentes de la filogenia animal (HYman, op. cit. y Remane et al., op. cit.).

Por esta razón el corazón de los deuterostomados y -- el de los protostomados, presentan diferencias fundamentales -- en su desarrollo ontogenético (Hyman, 1942; Raven, 1958 y 1975), a pesar de que el órgano desempeñe funciones similares en los -- aparatos circulatorios de ambos grupos de animales (Wiggers, -- op. cit.; Prosser, 1968; Hoar, op. cit. y Hill, 1980).

Simpson (op. cit.) y Hyman (op. cit), definen que dos -- estructuras orgánicas de diferente origen evolutivo pero con -- funciones similares son órganos análogos, de acuerdo con lo es-- tablecido anteriormente el corazón de los moluscos y el de los -- vertebrados deberían ser considerados como órganos análogos.

Por otra parte, los estudios morfofisiológicos rea -- lizados en el corazón de moluscos, han revelado sorprendentes -- semejanzas a diferentes niveles de organización con el corazón de los vertebrados; por ejemplo, ambos órganos se alojan en una cámara especial del celoma limitada por una membrana de tejido -- conectivo denominada pericardio; ellos poseen una organización -- cavitaria, es decir, están provistos de una cámara de pared fi -- na, la aurícula, unida a otra cámara de pared gruesa, el ventrí -- culo (Martin y Johansen, op. cit.; Johansen y Martin, 1965; Hy -- man, op. cit. y Prosser, op. cit.); presentan dispositivos val -- vulares que dan sentido a la circulación, impidiendo así el flu

jo y reflujo del líquido circulatorio (Prosser op. cit.); además sus funciones se realizan en contra de una presión hidrostática realizando contracciones de naturaleza peristáltica que se inician en la aurícula, continúan al ventrículo y finalizan en la aorta. Así mismo, en ambos se ha demostrado autonomía -- de contracción miógena, al igual que la presencia de un mecanismo de marcapasos (Krigjsman y Divaris, 1955).

## 1.2 LA NATURALEZA DEL APARATO CIRCULATORIO DE LOS MOLUSCOS.

Los moluscos integran un grupo de invertebrados avanzados y complejos, recorren una gama de formas y tamaños, pero todos ellos exhiben las características filéticas que los identifican (Hyman, op. cit.). El Phylum está dividido en siete -- clases, tres de ellas, consideradas relativamente más evolucionadas: Bivalvia, Gastropoda, Cephalopoda, mientras que las cuatro restantes, Monoplacophora, Aplacophora, Poliplacophora y -- Scaphopoda se consideran relativamente primitivas (Wilbur y -- Yonge, 1966).

Debido a la gran diversidad de este Phylum de invertebrados, en el presente trabajo sólo se describirán las características generales y ciertos detalles significativos del aparato circulatorio de los organismos que integran las diferentes clases.

Casi todos los moluscos poseen un tipo de aparato -- circulatorio abierto con una bomba muscular de localización --

central (Hyman, op. cit.; Wilbur y Yonge, op. cit.). Este tipo de aparato se caracteriza por la ausencia de vasos capilares - entre las arterias y las venas, de manera que el fluido circulatorio arterial pasa de inmediato a senos (espacios amplios) - o a lagunas (espacios pequeños) tisulares, para bañar directamente a los principales órganos y tejidos del cuerpo (Hill, -- op. cit.). En los animales que presentan este tipo de aparato-circulatorio, como los moluscos, resulta prácticamente imposible establecer una distinción exacta entre sangre, linfa o líquido tisular, ya que los mismos fluidos circulan tanto por -- los canales vasculares como por los espacios tisulares y, en consecuencia, es preferible referirse a su líquido circulatorio con el término compuesto de hemolinfa en lugar de sangre - (Hill, op. cit.; Hoar, op. cit.).

La única clase del Phylum que cuenta con aparato circulatorio cerrado es la de los cefalópodos (Bertetti, 1956), - en esta clase, el aparato circulatorio, se caracteriza, ade -- más, por la presencia de un par de bombas auxiliares, los corazones branquiales, que aseguran la circulación branquial (Wells, 1978).

Salvo algunos gasterópodos y lamelibranquios los cuales contienen hemoglobina como pigmento transportador de oxí - geno, el pigmento respiratorio del resto de los moluscos es - un compuesto de cobre, la hemocianina, que se disuelve directa

mente en el plasma. Cuando este pigmento se reduce la hemolinfa es incolora, pero el mismo fluido adquiere un color azul cuando el pigmento se oxida. La hemocianina constituye prácticamente todo el contenido proteínico del fluido circulante y parece haber una relación directa entre la capacidad de transportar oxígeno por parte del fluido y la actividad de los animales del Phylum; así por ejemplo, la hemolinfa de los cefalópodos, animales muy activos, contiene mayor cantidad de cobre que la hemolinfa de otros moluscos más pequeños y de menor actividad (Wilbur y Yonge, op. cit.; y Meglitsch, 1972).

Los organismos de las distintas clases de moluscos según su actividad y tamaño presentan diferencias de detalle en la disposición de los conductos vasculares y el corazón, pero a pesar de que tales estructuras ocupan diferentes sitios del cuerpo, es común que conserven las mismas relaciones con los principales órganos del animal.

Entre los moluscos se puede apreciar una gran variedad en cuanto al desarrollo de su corazón; por ejemplo algunos escafópodos poseen un órgano cardíaco rudimentario conectado por ostias con los senos venosos, mientras que el corazón de los cefalópodos es tan complejo y eficiente como pueden serlo los corazones de peces y anfibios (Clarck, 1927). Sin embargo, existen moluscos parásitos como los Pectinibranchia, Entoconchidae y el Nudibranquio Rodophe que no presentan un verdade-

ro órgano cardíaco (Beklemishev, 1969).

El corazón de los moluscos por lo general se localizan en la región dorsal del animal hacia el extremo anterior - de la masa visceral (Hyman, op. cit.). Normalmente yace en la cavidad celómica denominada cavidad pericárdica, excepto en - los octópodos y en Anomia (Lamellibranchia, Filibranchia). -- Dicha cavidad le da libertad de movimientos y desempeña tam -- bién un papel hidráulico, pues durante la diástole ventricular, al decrecer el volumen del fluido pericárdico, se crea una pre sión negativa que hace fluír la hemolinfa desde las venas has- ta la cavidad auricular. Por otra parte, se ha comprobado que- en algunos moluscos la cavidad pericárdica constituye un im - portante depósito del fluido filtrado a través de la pared car díaca. De manera que el pericardio se comunica con el exterior mediante el canal renopericárdico, el conducto renal y los ne- froporos (Martin y Johansen, op. cit.).

La anatomía del corazón de los moluscos consiste de- un ventrículo, sólo por excepción de dos, mientras que el núme- ro de aurículas es variable, (de una a cuatro), estando colo- cadas simétricamente. Por lo general el corazón se encuentra - sobre el lado dorsal del intestino posterior, y algunas veces, debajo de la región ventral del mismo conducto digestivo. En - Rhipidoglossa y en la mayoría de los lamelibranquios, el ven -

trículo envuelve al intestino posterior; esta peculiar situación posiblemente representa una característica primitiva (Beklemishev, op. cit.). El corazón emite y recibe los principales conductos vasculares del aparato, sin embargo, entre las arterias y las venas la circulación por ser abierta, se completa mediante espacios o senos de paredes muy delgadas que a menudo parecen ser simples espacios de los tejidos llenos de hemolinfa (Warren, 1959), pero en los cefalópodos las arterias se dividen y se subdividen hasta desembocar finalmente en los vasos capilares de ciertos órganos, especialmente en las branquias (Meglitsch, op. cit.). Las aurículas siempre están asociadas con las branquias, de manera que cada aurícula se corresponde con una branquia, esta relación es una característica más o menos estable en el Phylum Mollusca, excepto en los monoplacóforos donde numerosas branquias vierten a un vaso colector común situado a los lados del cuerpo (Wilbur y Yonge, op. cit.).

Los moluscos casi siempre poseen un sólo par de branquias, y por consiguiente, un solo par de aurículas, pero existen algunas modificaciones al respecto. Nautilus, presenta dos pares de branquias y dos pares de aurículas; mientras que los gasterópodos asimétricos tienden a perder una branquia y con ésta la aurícula correspondiente (Beklemishev, op. cit.). (Fig. 2)

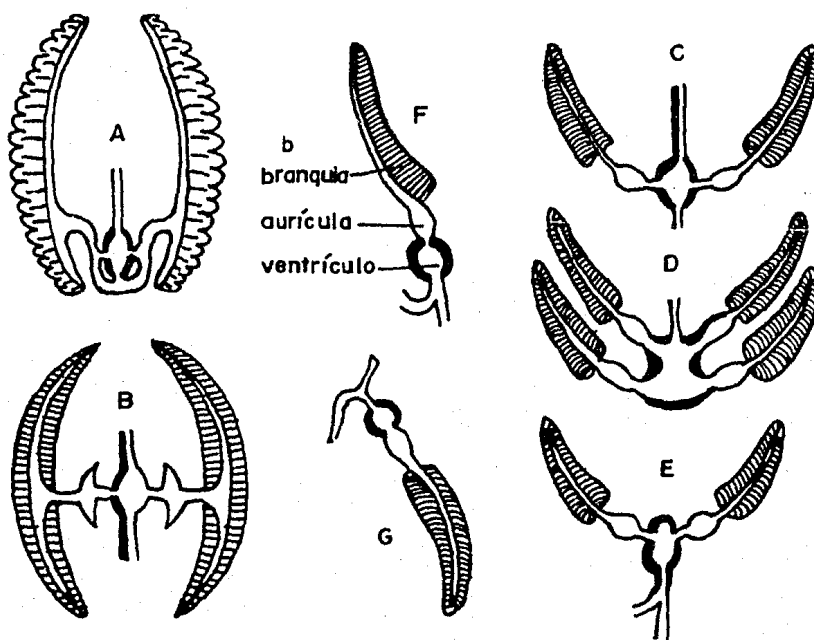


Fig. 2. Diagrama de la relación entre el corazón, branquias y aorta en los moluscos.  
 A-Loricata; B-Lamellibranchia; C-Cephalopoda Dibranchiata; D-Cephalopoda Tetrabranchiata; E-Prosobranchia: *Rhipidoglossa* (entre Diotocardia Zygobranchia); F-Prosobranchia (entre Monotocardia); G-Opisthobranchia ectibranchia.  
 Según Baklemishev (op. cit).

Aún cuando en la mayoría de los moluscos, el corazón posee una sola cavidad ventricular, *Neopilina*, posee dos ventrículos, sin embargo estos ventrículos dobles parece que reciben la hemolinfa de orígenes homólogos y la descargan por aortas separadas, las cuales se fusionan más adelante. De esta manera en el curso de la circulación, la función de estos ventrículos es similar a la de cualquier ventrículo con una

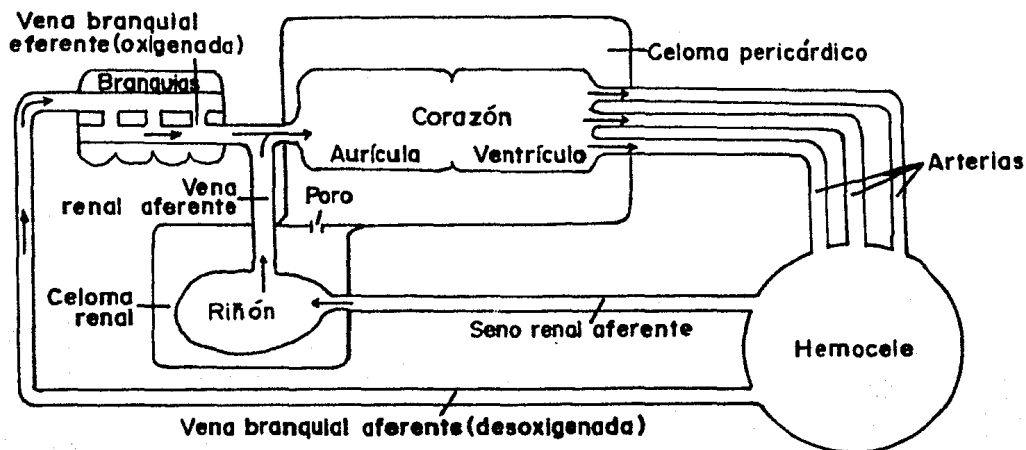


sola cavidad (Wilbur y Yonge, op. cit.). Desde el punto de vista del desarrollo embrionario, Lemche y Wingstrand (1959) sugieren que los ventrículos pares podrían deberse a la posición del recto localizado entre ambos compartimentos.

Durante la circulación, la hemolinfa es impulsada -- por la(s) aurícula(s) hacia el ventrículo, el cual la bombea -- activamente hacia todos los tejidos del cuerpo vía la aorta anterior y sus ramificaciones. En determinados moluscos, el flujo circulatorio también se distribuye por medio de una aorta posterior. Frecuentemente se encuentra que la proporción de vasos y lagunas varía en las diferentes especies, sin que por esta razón sea modificado el curso general de la circulación. --

El flujo circulatorio es unidireccional y una vez que la hemolinfa ha pasado por los diferentes tejidos, viaja a través de la pared del cuerpo rodeando al intestino y otros órganos (Grassé, 1961). La mayor parte del fluido es oxigenado en el manto, branquias o pulmones antes de regresar al corazón.

La hemolinfa de la circulación corporal se colecta -- en grandes senos venosos, de los cuales hay tres principales, -- el paleal, el pedal y el ventral medio. De estos senos pasa -- a través de las venas hacia los riñones y las branquias para -- regresar nuevamente a la cavidad auricular cardíaca (Fig. 3).



**Fig.3 El Sistema Circulatorio de los Moluscos**  
**(Según Villée 1974)**

Entre el tracto digestivo y la pared del cuerpo de los moluscos existen fibras musculares, tejido conectivo y senos sanguíneos. Por lo tanto, su cavidad corporal no es un verdadero celoma ya que es una cavidad mesodérmica llena de líquido que está revestida de endotelio. Normalmente esta cavidad recibe el nombre de hemocele, es decir, un seno inmenso o un gran espacio venoso que contiene hemolinfa. El verdadero celoma de los moluscos queda restringido a las cavidades pericárdica, renal y gonádica (Hyman, op. cit.).

La función del aparato circulatorio de los molus -

cos es similar a la desempeñada por el aparato circulatorio de los vertebrados, es decir, distribuye el fluido circulatorio - y con éste los nutrientes y gases respiratorios a los tejidos; lleva a cabo la remoción de los productos del metabolismo y al igual que en otros invertebrados, el fluido circulatorio también funciona como un esqueleto hidrostático en la locomoción y postura (Prosser, op. cit.).

### 1.3 ANATOMIA DEL CORAZON DE LAS DIFERENTES CLASES DE MOLUSCOS.

#### 1.3.1. CLASE SCAPHOPODA.

En general se considera que los miembros de esta clase - presentan un aparato vascular extremadamente simple sin corazón encerrado en una cavidad pericárdica. Sin embargo, algunos morfólogos mencionan haber encontrado vasos pulsátiles -- dentro de un pericardio cerrado y han descrito además una comunicación entre el celoma pericárdico y el riñón izquierdo - (Meglitsch, op. cit.; Hyman, op. cit y Purchon, 1968).

#### 1.3.2. CLASE APLACOPHORA

En los solenogastres hay dos senos longitudinales, uno ventral y otro dorsal. La porción posterior del seno dorsal - se invagina sobre la región dorsal del celoma y su musculatura contráctil se deriva de la pared celómica. Esta parte contráctil del seno denominada ventrículo bombea la hemolinfa a todo lo largo del seno dorsal. Los solenogastres carecen de -

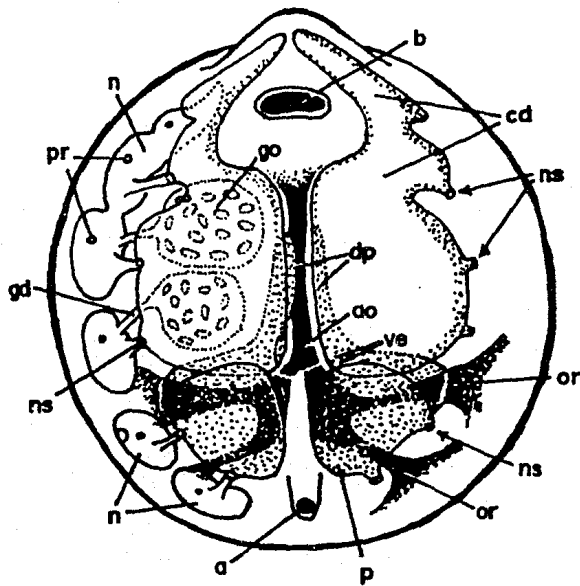
aurícula pero el fluido circulatorio es bombeado al ventrículo desde los senos branquiales eferentes que no presentan revestimiento (Beklemishev, op. cit.).

En Chaetoderma, el pericardio es un saco celómico situado dorsalmente en el extremo posterior del cuerpo, al lado de la cavidad del manto, por encima del intestino posterior. El pericardio contiene el corazón que consta de un ventrículo anterior y una aurícula posterior. Ambas cavidades resultan de la invaginación de la pared pericárdica (Hyman, op. cit.).

### 1.3.3. CLASE MONOPLACOPHORA.

El corazón de Neopilina galathea (Lemche y Wings - trand, op. cit.), encerrado en un saco pericárdico se localiza en el extremo posterior del cuerpo (Fig. 4a), el órgano -- presenta simetría bilateral y consta de dos pares de aurículas tibulares que desembocan en un par de ventrículos (Fig. 4b). Estos últimos se adhieren al recto y cada uno recibe el par de aurículas comunicadas con él a través de una válvula aurículo ventricular.

En la ilustración de Lemche y Wingstrand (op. cit.), las aurículas no parecen muy diferentes a la cadena de senos de la cual constituyen el último eslabón hacia los ventrículos. El par anterior de aurículas recibe la hemolinfa de los cuatro primeros pares de branquias y el par posterior recibe-



- a. ano
- ao. aorta
- b. boca
- cd. celoma dorsal
- dp. divertículo del pericardio
- gd. gonoducto
- go. gonada
- n. nefridio
- ns. nefrostoma
- or. aurículas
- p. pericardio
- pr. poro renal
- ve. ventrículo

(Según Grassé, 1961)

Fig. 4a. Anatomía de Neopilina galathea.

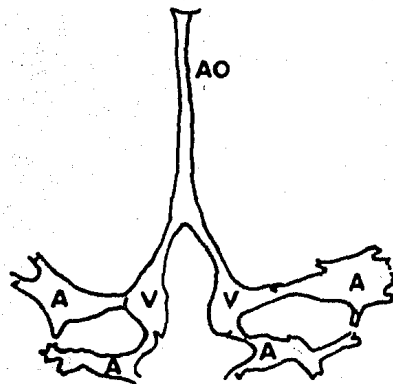


Fig. 4b. Corazón de Neopilina galathea de Lemche y Wingstrand (1959). A, aurícula; AO, aorta; V, ventrículo.

el fluido circulatorio del quinto par de branquias. Desde las aurículas la hemolinfa pasa a los ventrículos de donde es recogida por las dos aortas que se unen después de la salida -- para continuar como una larga aorta anterior que se encarga de distribuir el fluido (Purchon, op. cit., Wilbur y Yonge, op. cit. y Hyman, op. cit.).

#### 1.3.4. CLASE POLIPLACOPHORA.

El sistema circulatorio de los chitones cuenta con un corazón de pared muy delgada localizado dorsalmente hacia el extremo posterior del cuerpo, por debajo de las dos últimas placas de la concha (Fig. 5a). El corazón está formado -- por dos aurículas simétricas que se unen a un ventrículo tubular situado en la región media del cuerpo (Fig. 5b). El órgano se encuentra encerrado en una cavidad pericárdica llena de líquido proteico, incoloro que está limitada por una membrana pericárdica. Las cavidades auriculares se comunican independientemente con el ventrículo a través de un número variable de válvulas aurículoventriculares (de una a cuatro en las diferentes especies), y se comunican entre sí por detrás del extremo ciego ventricular. Las aurículas reciben lateralmente la hemolinfa que proviene del tejido paleal por medio de poros atriales o auriculares y la mandan al ventrículo, el cual finaliza en un fondo ciego hacia el extremo posterior. Este --

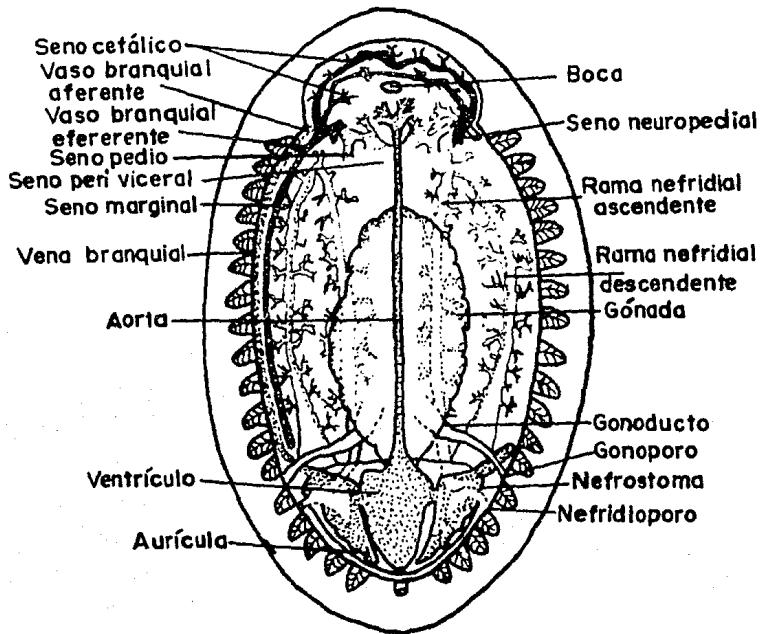


Fig. 5a. Anatomía de los Poliplacóforos. (organización interna sin representar el tubo digestivo).  
(Según Meglitsch op. cit.)

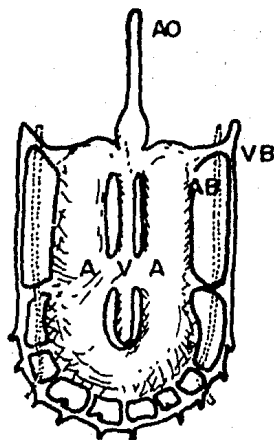


Fig. 5b. Corazón de *Acanthopleura echinata*, de Plate (1898). A, aurícula; AO, aorta; AB, arteria branquial; VB, vena branquial; V, ventrículo.

(Según Wilbur y Yonge op. cit.)

se encuentra adherido dorsalmente con el pericardio y origina una aorta dorsal hacia la región anterior que distribuye la hemolinfa hacia la circulación general (Wilbur y Yonge, op. cit. y Hyman, op. cit.).

#### 1.3.5. CLASE BIVALVIA O LAMELLIBRANCHIA

Los bivalvos presentan un corazón encerrado en una cavidad pericárdica llena de líquido y limitada por la membrana pericárdica, generalmente se localiza hacia la región posterior del cuerpo por debajo de la charnela, pero en algunas especies dicha localización puede haberse modificado. En la mayoría de los casos, el corazón junto con el pericardio rodea al intestino posterior (Fig. 6a), pero también puede estar situado dorsalmente al intestino (Nucula, Arca, etc.), (Fig. 6b), o bien estar situado ventralmente a dicha porción del tracto digestivo (Ostrea, Maleus, Pinctada) (Remane et al op. cit.).

El órgano presenta tres cavidades, dos aurículas de paredes delgadas y un ventrículo de pared gruesa. Las aurículas presentan comunicación independiente con el ventrículo a través de las válvulas aurículoventriculares. En ocasiones, si las aurículas no se encuentran fusionadas, presentan comunicación entre sí (Hyman, op. cit.).

En los protobranquios las aurículas son estrechas en la unión con los vasos branquiales eferentes y se van dila-



Fig. 6a. Corazón de una almeja. (Según Grassé op.cit.)  
 Se encuentra rodeando al intestino

- ao. aorta
- cp. cavidad pericárdica
- or. aurícula
- v. ventrículo
- vaf. vena aferente oblicua
- r. intestino

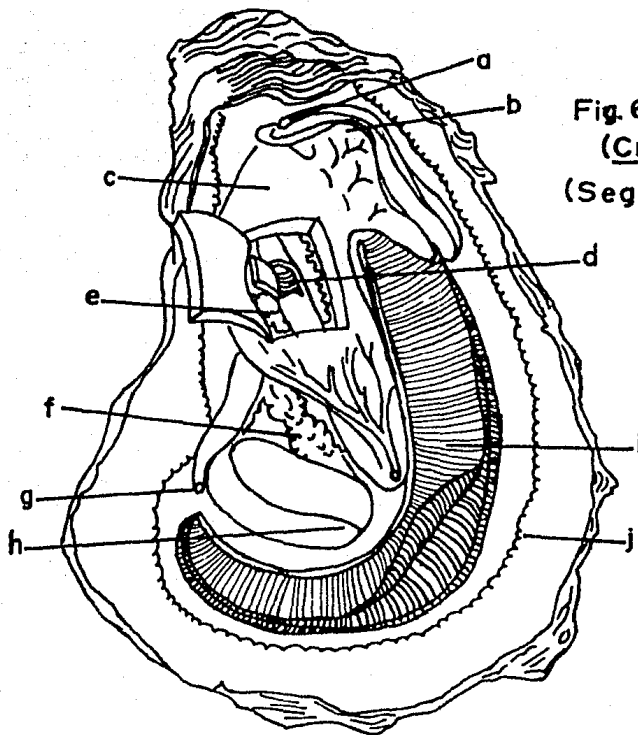
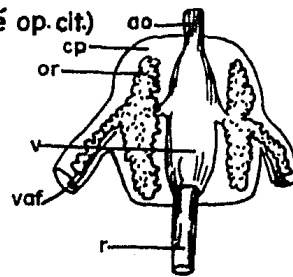


Fig. 6b. Anatomía interna de  
 (Crassostrea virginica).  
 (Según Hofstetler, 1959.)

- a. boca
- b. palpos
- c. gónadas
- d. estómago
- e. hepatopáncreas
- f. corazón
- g. ano
- h. músculo
- i. branquias
- j. manto

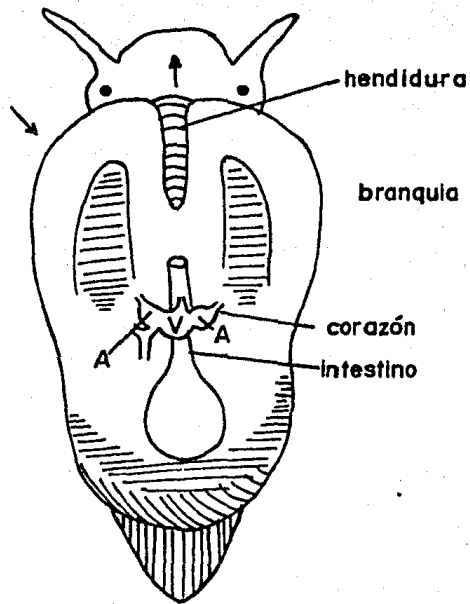
tando a medida que se aproximan al ventrículo. Sin embargo, en los filibranquios y eulamelibranquios, sus grandes branquias - alargadas carecen de vasos eferentes que comuniquen con las -- aurículas. Por consiguiente, la hemolinfa pasa directamente a las aurículas desde la porción media de las branquias. Esta -- modificación produce un cambio en la forma de la aurícula; haciéndolas más anchas hacia la región branquial que hacia el -- punto de unión con el ventrículo (Meglitsch, op. cit.).

Hacia el extremo ventricular opuesto a la región de las aurículas se originan un par de gruesos vasos denominados aorta anterior y aorta posterior, los cuales se encargan de -- distribuir la hemolinfa que procede del ventrículo. En la mayoría de los lamelibranquios esta cavidad envuelve al intestino de manera que da la impresión que esta porción del tracto -- digestivo atraviesa la luz ventricular (Grassé, op. cit.).

#### 1.3.6. CLASE GASTROPODA.

El corazón se encuentra incluido en un saco pericárdico y cubierto por una delgada membrana, la membrana pericárdica, a través de la cual puede observarse por transparencia. -- Dicho saco pericárdico se localiza dorsalmente hacia la por -- ción posterior de la cavidad del manto o al principio de la ma sa visceral (Remane et al, op. cit.).

En los prosobranquios el corazón consiste de dos aurículas y un ventrículo por lo cual a estos organismos se les-



**Fig. 7** Corazón de un organismo incluído en el orden Diotocardia. A(aurícula); V(ventrículo).  
(Según Meglitsch op. cit.)

incluye en el orden Diotocardia (Fig. 7) En las familias Pleurotomidae, Fissurellidae, Halliotidae y Scissurellidae, el tamaño de la aurícula derecha es semejante al de la aurícula izquierda, sin embargo, en las familias Trochidae, Turbinidae y Nerididae, la aurícula derecha es de menor tamaño que la izquierda. En casi todos estos organismos excepto en la familia Heliciniidae el recto atraviesa el ventrículo pasando a través del saco pericárdico tal como sucede en la mayoría de los bivalvos. --- (Hyman, op. cit.).

En los prosobranquios incluidos en el orden Monotocardia el corazón presenta una aurícula y un ventrículo (Hyman, op. cit. y Remane et al, op. cit.).

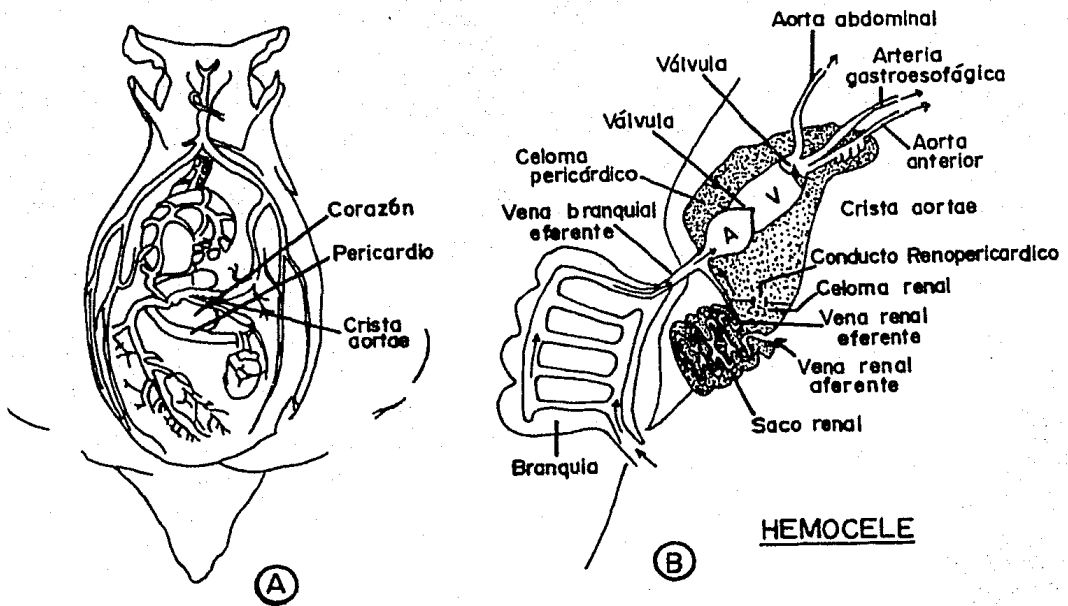
En todos los prosobranquios se puede observar que del ventrículo se origina un tronco aórtico que luego se bifurca en una aorta anterior y otra posterior, o bien, dichas aortas pueden originarse directamente del ventrículo (Hyman, op. cit.).

En los opistobranquios el corazón también se encuentra incluido en un saco pericárdico limitado por una delgada membrana, excepto en Rodophe y Alderia en los cuales el corazón y el pericardio no existen. En aquellos organismos que presentan una cavidad en el manto, el saco pericárdico se localiza hacia su base. El corazón conserva estrecha proximidad con las branquias y los nefridios y está constituido por una auri-

cula y un ventrículo; normalmente éste último se encuentra en una posición anterior a la cavidad auricular. Sin embargo, en los Cephalaspidae la disposición de la aurícula y el ventrículo está invertida. En Aplysia (Figs. 8a y 8b), la aurícula recibe la hemolinfa del seno renal eferente y seno branquial-eferente, la conduce hacia el ventrículo por medio de una válvula aurículo ventricular y éste último la manda a través de las aortas anterior y posterior al resto del organismo (Hyman, (Hyman, op. cit.)). En los pulmonados el corazón está encerrado en un saco pericárdico lleno de líquido y cubierto por la membrana pericárdica. El saco pericárdico se localiza en el techo del saco pulmonar. El corazón está formado por una aurícula y un ventrículo ( Fig. 9 ). La aurícula es anterior al ventrículo, excepto en Testacella en el cual esta cavidad es posterior. En la unión aurículo ventricular existe una válvula que evita el reflujo sanguíneo, a menudo se encuentra otra similar en el inicio de la aorta, la cual se origina del ventrículo y se divide en una aorta anterior y otra posterior -- (cefálica y visceral respectivamente) (Hyman, op. cit.).

#### 1.3.7. CLASE CEPHALOPODA

En los cefalópodos, tanto los corazones branquiales como el corazón sistémico, se encuentran en la cavidad visceral. En los Decabanchia existe una cavidad pericárdica am -



**Fig.8 La Circulación de Aplysia.**

**Fig.8 A.-** Corazón y sistema arterial de Aplysia californica basada sobre la perfusión con colorantes de Vinilo.

**Fig.8 B.-** Diagrama del flujo de circulación a través de las branquias, riñón y corazón en Aplysia (de (Kandel, 1976 ; despues Mayerl et al., 1974)

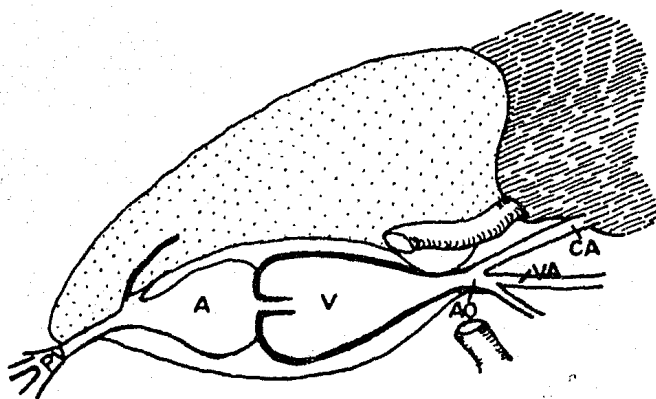


Fig.9 Corazón de Helix pomatia. (Según Wilbur y Yonge, op.cit.)

A — aurícula

V — ventrículo

AO — aorta

VA — aorta anterior

CA — aorta posterior

plia (Remane et al op. cit.).

El corazón sistémico presenta un ventrículo de pared muscular gruesa y un número variable de aurículas.

Normalmente cada branquia desemboca en una aurícula, de tal manera que Nautilus posee cuatro aurículas y el resto de los cefalópodos sólo dos (Fig. 10a). Del extremo ventricular se desprenden la aorta anterior y la aorta posterior. Esta última es más delgada (Fig. 10b). Ambas arterias distribuyen la hemolinfa a todo el cuerpo del organismo (Meglitsch, op. cit.; Wilbur y Yonge, op. cit.).

#### 1.4 ANTECEDENTES

En los trabajos relacionados con la histología del corazón de los moluscos, se advierte la diversidad de resultados obtenidos por los investigadores al estudiar el órgano en diferentes especies del Phylum.

##### 1. 4.1. EPICARDIO

Según Takatsuki (1934), el epicardio de Ostrea edulis está formado por una capa de células epiteliales simples aplanadas con núcleos muy aparentes. Del mismo modo Schipp y Schaffer (1969), estudiando la ultraestructura del corazón de Sepia officinalis, encuentran un epicardio ventricular, integrado por una capa de células epiteliales cúbicas con microvellosidades en la región apical dirigidas hacia la cavidad peri



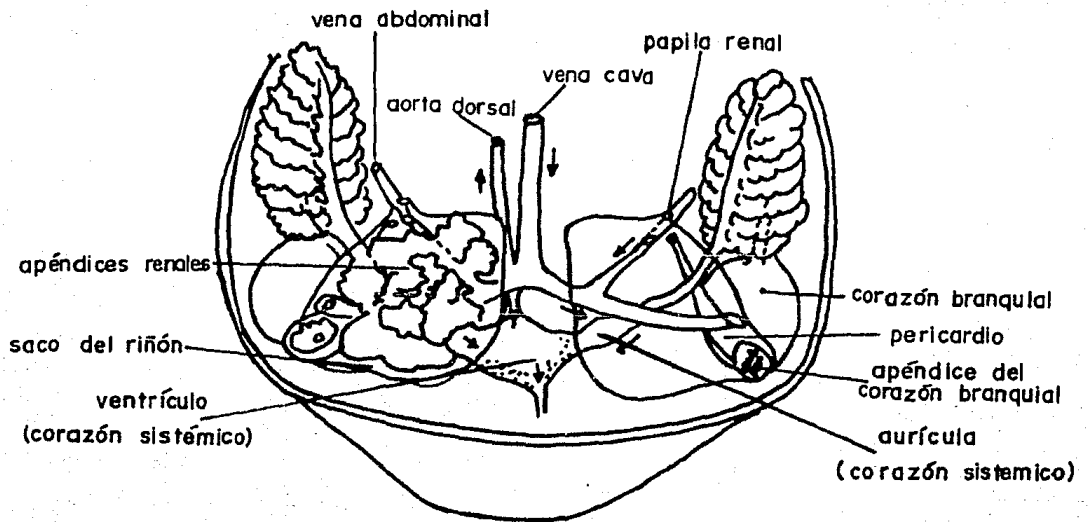


Fig. 10a. Diagrama del Sistema Vascular Central del pulpo.  
(Según Wells , op. cit.)

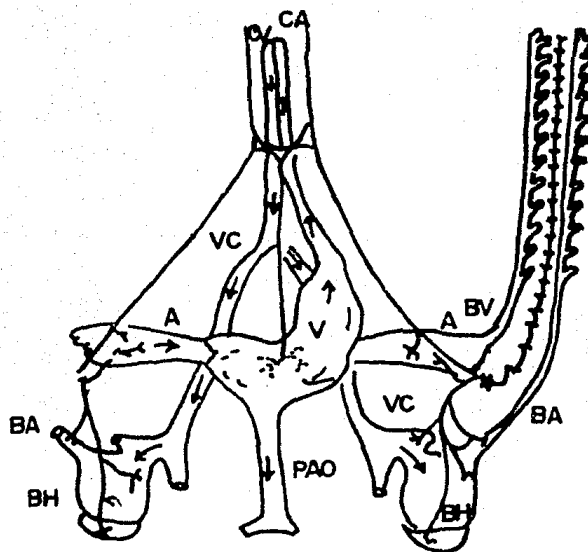


Fig. 10b. Corazones de *Sepia officinalis*. A (aurícula); BA (arteria branquial); BH (Corazón branquial); BV (vena branquial); CA (arteria cefálica), CV (vena cefálica); PAO (arteria aorta posterior); VC (vena cava). (Según Wilbur y Yonge, op. cit.)

cárdica, abundantes mitocondrias alargadas e invaginaciones de la membrana plasmática en la porción basal. Estos autores describen además, una membrana basal continua por debajo de la -- capa de células epicárdicas. Aparte de encontrar especializaciones celulares similares en el epicardio ventricular del cefalópodo Rossia macrosoma, Jensen y Tjønneland (1977), mencionan que los núcleos de las células epiteliales están localizados hacia la región apical.

Recientemente, Hawkins, ( 1980 ) y Cifuentes ( 1982 ) al estudiar la ultraestructura del corazón de Crassostrea virginica, confirman la presencia de un epicardio integrado por -- células epiteliales cúbicas con grandes núcleos centrales, escasas microvellosidades apicales proyectadas hacia la cavidad celómica, una membrana basal continua por debajo de la capa de células epicárdicas con la cual se unen las células por me -- dio de hemidesmosomas. Hacia la región apical estas células -- epiteliales se encuentran unidas entre sí mediante uniones laterales del tipo de los fasciae adherens y de las uniones septadas.

En un estudio ultraestructural hecho sobre la aurícula de Viviparus viviparus Boer y colaboradores ( 1973 ), no mencionan la presencia de microvellosidades en las células epicárdicas, pero encuentran entre otras estructuras, una membrana--

basal continua sobre la que se encuentran las células epicárdicas.

#### 1.4.2. MIOCARDIO

De acuerdo con Marceau (1904); Hyman (op. cit.); Hill y Welsh (1966); Takatsuki (op. cit.); Hawkins (op. cit.) y Cifuentes (op. cit.), las fibras miocárdicas del corazón de los moluscos están organizadas de manera que constituyen paquetes-celulares de dimensiones variables con ramificaciones y trabéculas anastomosadas dispuestas en forma de una red compleja. Las trabéculas son más abundantes en los gasterópodos que en los bivalvos, (Brunet y Jullien, 1936 y 1937). Hill y Welsh (op. cit.), observan que los paquetes de células musculares se ordenan con las trabéculas mayores dirigidas hacia la luz del órgano, formando un enrejado abierto y las trabéculas pequeñas dirigidas hacia la periferia, estructurando un enrejado cerrado al estar muy próximas entre sí. Algunas trabéculas radían como una especie de abanico longitudinal desde la base hasta lo alto del ventrículo, otras están constituídas por paquetes de fibras circulares. En la aurícula, los paquetes musculares son más delicados y no se encuentran tan bien orientados. Las trabéculas frecuentemente atraviesan la luz auricular dando una apariencia de esponja y se han observado ramificaciones en las fibras musculares de esta cámara, pero no anastomosis ---

(Krijgsman y Divaris. 1955).

La musculatura del corazón de Murex y Aplysia es muy similar a la de los pulmonados (Krijgsman y Divaris, op. cit.) mientras que en pelecípodos (Ostrea, Anodonta, Venus, Pecten, Gryphaea), la disposición del músculo parece ser menos ordenada; en la mayoría de los casos existe un arreglo reticular, -- que es más denso en el ventrículo (Krijgsman y Divaris, op. --- cit.).

En el corazón sistémico de los moluscos cefalópodos, el tejido muscular es más compacto (Alexandrowicz, 1960). -- Schipp y Schaffer (op. cit.) y Jensen y Tjønneland (op. cit.)- describen tres capas de fibras musculares en el ventrículo de Sepia officinalis y Rossia macrosoma respectivamente. De --- acuerdo con ellos, la capa muscular externa y la interna son-- delgadas y longitudinales, mientras que la capa muscular inter media es más gruesa y presenta una disposición circular. Estos autores al igual que Marceau (op. cit.), Hill y Welsh (op. -- cit) y Alexandrowicz (op. cit.) mencionan la presencia de es pacios sanguíneos distribuidos entre las células musculares -- del miocardio, en R. macrosoma, tales espacios son más eviden tes en la capa longitudinal externa y entre esta capa de múscu lo y la capa de tejido conectivo que la recubre.

Las delgadas paredes que normalmente constituyen las aurículas del corazón de los moluscos, poseen menor canti --

dad de paquetes musculares que la pared ventrícula, sin embargo, tanto las aurículas como el ventrículo de los moluscos histológicamente son muy similares (Hyman, op. cit).

Las descripciones publicadas sobre la morfología -- de las fibras miocárdicas son contradictorias (Hill y Welsh, op. cit.), y parece no haber un acuerdo en cuanto al tipo de fibras musculares que constituyen el corazón de los moluscos (Krijgsman y Divaris, op. cit.). Por ejemplo, en diferentes especies de lamelibranquios, gasterópodos y cefalópodos, Marceau (op. cit.) describe fibras musculares ramificadas con una morfología similar a la que presentan las fibras musculares de vertebrados inferiores o bien a la de embriones de vertebrados superiores. Según el autor, dichas células musculares son fibras constituidas por una columna sarcoplásmica con finas granulaciones regularmente distribuidas y rodeadas por una corteza contráctil de miofibrillas.

Clarck (1927), por otro lado, señala que todos los corazones de los moluscos poseen fibras lisas. Ramsom (1883), sin embargo, había descrito fibras con estriaciones transversales en el corazón de Pterotrachea y Octopus. Morin y Ju -- llien (1930, 1932) encuentran fibras estriadas en el corazón de Murex mientras que Baecker (1932), Marceau (1905 ) y -- Plenk (1923, 1925 ), en el corazón de Helix. Según Motley --- (1933) y Cate (1929), el corazón de los pelecípodos de agua --

dulce (Unionidae) está constituido de fibras lisas, sin embargo, Takatsuki (op. cit.) describió fibras con estriaciones -- transversales en el corazón de Ostrea edulis.

Esser (1934) encuentra fibras ramificadas en el ventrículo de Anodonta cygnea caracterizadas por presentar un -- eje sarcoplásmico de 5 a 30  $\mu$ m. de diámetro y un núcleo rodeado por una corteza contráctil de fibrillas paralelas que -- pasan hasta las ramificaciones. La aurícula de A. cygnea posee fibras terminadas en punta, parecidas a las fibras alargadas en forma de huso no anastomosadas y con núcleo central -- descritas como fibras musculares típicas del corazón de los -- moluscos. Posteriormente Kirpichnekova (1955) confirma la estructura básica de un centro sarcoplásmico rodeado por una -- capa de fibrillas paralelas a lo largo del eje de la fibra, -- pero agrega que también existen anillos contráctiles rodeando a las fibras miocárdicas (Hill y Welsh, op. cit.).

Los estudios recientes sobre la ultraestructura de las fibras miocárdicas de diferentes especies de moluscos, -- han aclarado un poco más esta situación contradictoria.

North (1963), describió dos tipos de miofilamentos, delgados y gruesos, de 50 a 70  $\text{\AA}$  y de 200  $\text{\AA}$  respectivamente -- bandas Z compuestas de material fragmentario con el aspecto -- de pequeñas miofibrillas un sistema sarcotubular bien desarrollado asociado con el material de la banda Z y el sarcole-

ma. En ocasiones dicho sistema es paralelo y se encuentra además entre las miofibrillas, sin embargo, también puede correr perpendicular a la fibra muscular a nivel de la banda Z. Así mismo, este autor describe abundantes sarcosomas entre el material contráctil y en el citoplasma periférico, al igual que un núcleo localizado centralmente y un aparato de Golgi.

En Sepia officinalis, Rossia macrosoma, Loligo pealei y Loginucula brevis, Schipp y Schaffer (op. cit), Jensen y Tjønneland (op. cit.) y Dickens y Magnum (1979), describieron fibras musculares con estriaciones bien diferenciadas, las cuales es posible distinguirlas claramente con microscopía óptica. En sus trabajos, los autores mencionan sarcómeros con dos tipos de filamentos, bandas Z, A e I y subdivisiones de la línea Z, además, pudieron demostrar la presencia de un sistema sarcotubular longitudinal y transverso, así como un sistema T comunicado con el exterior, a nivel de la línea Z, discos intercalares y células distribuidas entre las fibras musculares con una posible función endocrina. En Loligo pealei y en Logiguncula brevis Dickens y Magnum (op. cit.), no pudieron observar los elementos sarcotubulares. El diámetro de los miofilamentos de Rossia macrosoma se encontró entre 300 y 400 Å con longitud de 1.7 a 3.9  $\mu$ m y los filamentos delgados con un diámetro aproximado de 85 Å. La relación de los filamentos gruesos con los delgados fue en proporción de 1 a 11.

En las fibras musculares estriadas del corazón de -  
Achatina fulica Nisbeth y Plummer (1966) encuentran "sarcóme-  
ras" cortas de 1.14  $\mu$ m "bandas A" muy cerca de cuerpos den--  
sos y mitocondrias en la zona periférica y en el centro de la  
fibra.

Observan también que los filamentos delgados se des-  
prenden de los cuerpos densos asociados con sarcotúbulos --  
transversos y el diámetro de dichos filamentos fue de 48 a --  
55 Å; respecto al diámetro de los filamentos gruesos estos --  
poseen de 120 a 190 Å. En cuanto a las uniones entre las fi -  
bras, se encontraron reminiscencias de discos intercalares, -  
denominadas así por no presentar una estructura similar a la  
observada en vertebrados. En cortes oblicuos, las unidades --  
contráctiles se observan menos regulares, debido a ello los -  
autores indican que éstas pueden tener un arreglo en espiral.

Kelly y Hayes (1967), al estudiar la ultraestructu-  
ra del músculo cardíaco de la almeja Venus mercenaria, señalan  
que las células miocárdicas contienen en su parte central un-  
núcleo ovoide, mitocondrias redondeadas, rosetas de alfa glucó  
geno y miofilamentos gruesos y delgados dispuestos hacia la -  
periferia.

Hawkins y colaboradores (op. cit.) y Cifuentes (op.  
cit.), en las fibras musculares cardíacas de Crassostrea vir-  
ginica observan estriaciones representadas por estructuras --



semejantes a la línea Z de los vertebrados; a pesar de que los miofilamentos no tienen un arreglo tan específico como el observado en las células miocárdicas de organismos superiores.-- Así mismo, proponen que la organización de los miofilamentos es más regular que en otros bivalvos, encontrándose 12 filamentos delgados rodeando a un filamento central grueso. Por último, señalan que en el interior de las fibras musculares es posible distinguir un núcleo excéntrico situado por debajo del sarcolema y rodeado por acumulaciones de glucógeno y mitocondrias.

#### 1.4.3. ENDOCARDIO.

La mayoría de los autores que han estudiado la microanatomía del corazón de moluscos coinciden en que no poseen una capa de células endocárdicas. Así Takatsuki (op. cit.) comunica la ausencia de endocardio en el corazón de Ostrea edulis, señalando que las fibras musculares de la aurícula y del ventrículo están en relación directa con el fluido circulatorio. Del mismo modo Motley (op. cit.), no encuentra dicho revestimiento endocárdico en el mejillón de agua dulce, y propone que el corazón es estimulado directamente por las sustancias que van disueltas en el fluido circulatorio. De acuerdo con Boer y colaboradores (op. cit.), Sanger (1979) y Hawkins y colaboradores (op. cit.) hay amibocitos del líquido circula-

torio que se adhieren a la membrana de las células miocárdicas. Sin embargo Schipp y Schaffer (op. cit.) y Cifuentes (op. cit.) estudiando Sepia officinalis y Crassostrea virginica respectivamente demuestran la presencia de células endoteliales de forma irregular con núcleo redondo revistiendo a las fibras musculares. Según Schipp y Schaffer (op. cit.), las células endoteliales se interrumpen en diferentes sitios y su citoplasma contiene grandes vacuolas y retículo endoplásmico granuloso. En dichas células no se observa tanta actividad pinocítica como la de los endotelios de los vertebrados. Los autores, encuentran una membrana basal entre las células endocárdicas y las células musculares, la cual tiene contacto con fibras de colágena. Marceau (op. cit.), afirma haber observado en algunas especies de lamelibranquios y gasterópodos una capa de células endoteliales delgadas cuyos núcleos forman hileras poco apreciables.

#### 1.4.4 TEJIDO CONECTIVO

Normalmente se encuentran células del tejido conectivo y fibras de colágena, rodeando a las trabéculas musculares y entre las fibras musculares que constituyen el miocardio del corazón de los moluscos Marceau (op. cit.) comunican la presencia de células con núcleos redondos y fibras del tejido conectivo en el miocardio de cefalópodos. Estos elementos normalmente se distribuyen entre los fascículos de fibras

musculares. En Sepia officinalis y Rossia macrosoma Schipp y-Schaffer y Jensen y Tjønneland (op. cit.) describen la presencia de capas de tejido conectivo integradas por fibrillas de colágena, células conectivas esparcidas y algunas células musculares pequeñas. Takatsuki (op. cit.) también menciona la presencia de tejido conectivo por debajo de las células epicárdicas de la aurícula y del ventrículo de Ostrea edulis así como una capa fina de fibras conectivas rodeando a los paquetes musculares.

Haigler (1964) Ruddell y Wellings (1971) y Hawkins y colaboradores (op. cit.) encuentran células ovoides de tejido conectivo adheridas a las células musculares del miocardio de Crassostrea gigas y C. virginica, también observan fibrillas de colágena entre las células musculares.

#### 1.4.5 TEJIDO NERVIOSO.

Hasta el momento no se ha establecido claramente la presencia de ganglios y células nerviosas en los corazones de moluscos (Hill y Welsh, op. cit.). Nalepa (1883), Ransom (op. cit.), Pompilian (1900) y Argaud y Mougeot (1935) comunican la presencia de células nerviosas en caracoles, al igual que Dogiel (1887, 1894), en la unión aurículoventricular y esparcidas, además, entre el tejido muscular del corazón de Helix. Sin embargo, Beyne (1905), Foster (1872), Foster and Dew-Smith ---

(1977), Morin and Jullien (op. cit) y Zubkov (1934) no pudieron confirmar tales observaciones.

Haller (1884) describió la presencia de una red de células nerviosas tripolares y células ganglionares tetrapolares entre las fibras musculares de la aurícula de los gasterópodos prosobranquios Fissurella costaria y Turbo rugosus. -- Carlson (1905) por otra parte, mencionó la presencia de un ganglio en la unión aórtico ventricular del corazón de otro prosobranquio Busycon canaliculatum; Morin and Jullien (op. cit.), también encuentran un ganglio de tres células en el corazón de Murex trunculus. Sin embargo, Spillman (1905) sólo encontró células de tejido conectivo entre las fibras musculares de Haliotis tuberculata y Trochus cinerarius.

La información bibliográfica sobre la presencia o ausencia de células nerviosas en los corazones de otros gasterópodos y en los corazones de bivalvos también es contradictoria, (Hill y Welsh, op. cit.).

En las paredes de las aurículas de Sepia officinalis, Alexandrowicz (op. cit.) encontró un promedio de 50 células nerviosas unipolares parecidas a las del ganglio cardíaco de la misma especie.

En comunicaciones recientes, Schipp y Schaffer (op. cit.), Nisbeth y Plummer (op. cit.) y Sanger (op. cit.), estudiando el corazón de Sepia officinalis, Achatina fulica y Busycon canaliculatum respectivamente, describen terminacio -

nerviosas granulosas con vesículas de 1200 Å y terminaciones nerviosas sin granulaciones, las últimas formando uniones sinápticas con las células musculares.

North (1963) y Sanger (op. cit.) trabajando con el corazón de los gasterópodos Helix aspersa y Strophocheilus oblongus, informó la presencia de fibras nerviosas inhibidoras y estimuladoras en la pared cardíaca. Los dos tipos de fibras musculares se describieron en base a métodos histoquímicos, así como la presencia de una gran neurona bipolar localizada en el tejido conectivo común al pericardio y a la aurícula, muy cerca de la entrada de la vena pulmonar.

Además de los elementos nerviosos, hay comunicaciones que discuten la presencia de fibras musculares modificadas (Krijgsman y Divaris, op. cit.). Morin y Jullien (1930, 1932) encuentran que el tejido de la aurícula y del ventrículo de Murex contiene un tipo de tejido sincicial con miofibrillas pobremente desarrolladas. Respecto a este tipo de tejido, los autores sugieren la posibilidad de que sea tejido para conducir la excitación. De igual forma Schipp y Schaffer (op. cit.) describieron en su estudio ultraestructural sobre el corazón de Sepia officinalis, un tipo de células musculares especiales las cuales contenían abundantes mitocondrias y pocos elementos contráctiles. Sin embargo, en este caso no mencionan si dichas células desempeñan la función de transmitir los impulsos nerviosos.

#### 1.4.6 DIFERENTES TIPOS DE CELULAS ENCONTRADAS EN EL CORAZON DE LOS MOLUSCOS.

Estudiando el corazón de Ostrea edulis, Takatsuki (op. cit.) describe células excretoras en la pared auricular del órgano. Según el autor, estas células son responsables -- del color pardo de las aurículas y están localizadas por debajo del epicardio entre el tejido conectivo y las células musculares, son amiboides y están llenas de granulaciones pardas de diferentes tamaños teniendo gran afinidad por el rojo neutro y azul de metileno, mientras que en material fijado, se tñen débilmente con la eosina pero sucede lo contrario al -- tratarlas con hematoxilina. Por lo general el núcleo de dichas células es excéntrico.

Recientemente Haigler (1964), Rudell y Wellings (op. cit.) y Hawkins y colaboradores (op. cit.) han observado en el tejido de la aurícula de Crassostrea gigas y C. virginica, células ovoides de 12 a 20 ~~mm~~ adheridas a las células musculares, denominándolas células cafés. Tales células se -- caracterizan por contener grandes gránulos y mitocondrias tubulares, núcleo excéntrico y membrana plasmática con numerosas fenestraciones. Haigler (op. cit.) señaló que tales células pueden desempeñar un papel excretor y que pueden estar relacionadas con la osmoregulación del organismo.

Por otro lado Schipp y Schaffer (op. cit.) encon --

traron en el tejido conectivo del músculo cardíaco de Sepia officinalis células redondas con núcleos ovoides y citoplasma lleno de vacuolas con un contenido electron denso, gran cantidad de ribosomas y ergastroplasma perinuclear. Estas células son irrigadas directamente por el fluido circulatorio y se encuentran en estrecho contacto con las células musculares y según ellos, tienen alguna función secretora.

Volkmer-Ribeiro ( 1979 ) histoquímicamente pudo demostrar la presencia de células enterocromafines en la aurícula y el ventrículo de Helix aspersa y Strophocheilus oblongus. Tales células son redondas y normalmente están en relación directa con terminaciones nerviosas, presentan un diámetro aproximado de 11.3 a 77.8  $\mu\text{m}$ , un gran núcleo más o menos conspicuo dependiendo de la cantidad de gránulos presentes en el citoplasma.

También menciona que dichas células corresponden a tejido glandular y normalmente desempeñan una función hormonal.

El corazón de algunos moluscos ha sido comprometido con la ultrafiltración del fluido circulatorio, Andrews y Little (1971), proponen que en Poteria varians y P. lineata la ultrafiltración se lleva a cabo a nivel de la pared ventricular. Lo anterior se ha establecido en base a la presencia de podocitos entre las células epicárdicas, a nivel de la mem --

brana basal. Sin embargo, Boer y colaboradores (op. cit.) en el prosobranquio de agua dulce Viviparus viviparus encuentran únicamente dichos podocitos en la pared auricular. Esta observación concuerda con los resultados obtenidos por Hawkins y colaboradores (op. cit.) en el ostión americano Crassostrea virginica.

### 1.5 OBJETIVOS

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo son: estudiar mediante la microscopía de luz el corazón de especímenes pertenecientes a varias clases del Phylum Mollusca para contribuir, por un lado, al conocimiento de la microanatomía de este órgano en este grupo de invertebrados de alto nivel de organización y por otro lado, para establecer comparaciones con la organización del corazón de un grupo filogenéticamente tan alejado y complejo como es el de los vertebrados.



## 2.0 MATERIAL Y METODO

### 2.1 COLECTA

Se colectaron corazones de: Chiton articulatus Owerby, 1838; Aplysia dactylomela Rang, 1828; Helix aspersa Müller, -- 1774; Limax maximus Linné, 1758; Crassostrea virginica Gmelin, -- 1791 y Octopus vulgaris Cuvier, 1797 en distintas localidades - del país y difentes épocas el año: Chiton articulatus y Octopus vulgaris, de la isla de Ixtapa, Gro. y de la Bahía de Zihuatanejo, Gro.; Aplysia dactylomela de la Isla Verde de Veracruz, Ver Helix Aspersa del vivero de Xochimilco, D. F.; Limax maximus -- del bosque del Desierto de los Leones, D.F. y Crassostrea virgí nica, de algunos establecimientos comerciales del Distrito Fede ral. (Mercado de la Viga)

### 2.2 FIJACION

Los ejemplares de las costas de Guerrero y Veracruz, - se diseccionaron directamente en los sitios de la colecta después - de ser anestesiados con nembutal disuelto en agua de mar, 1 cáps ula de 33 mg por cada litro de agua de mar. Sus corazones se - aislaron bajo una lupa de 5 aumentos.

Por otra parte, los organismos colectados en la Ciu-- dad de México y áreas cercanas se trasladaron vivos al labora torios. Se anestesiaron con anestésal disuelto en agua corrien

te a la concentración mencionada anteriormente, antes de la disección, excepto el bivalvo Crssostrea virginica. El corazón de estos moluscos se extrajo bajo el microscopio estereoscópico empleando instrumental quirúrgico de precisión.

El órgano se aisló cortando por un extremo los vasos-eferentes que están unidos a las aurículas; así como también -- las arterias que salen del ventrículo.

Después de la separación se colocaron de inmediato en los reactivos fijadores.

Ocasionalmente se hicieron fijaciones "in situ" por goteo directo y perfusión, con el fin de conservar intactos la membrana pericárdica y el órgano cardíaco los que se extrajeron en un gran bloque de tejido. En todos los casos se adoptaron medidas adecuadas para evitar posibles daños mecánicos en el tejido cardíaco.

Las fórmulas de las soluciones que se emplearon en la fijación:

Formol al 10%

Formalina al 10%.....1000 ml.  
Fosfato monobásico de sodio monohidratado.....4g.  
Fosfato dibásico de sodio anhidro .....6.5g.

Bouin

Acido Pícrico (sol. acuosa saturada) ..... 75 ml.  
Formaldehído ..... 25 ml.

Acido acético glacial ..... 5 ml.

Susa

Cloruro de mercurio saturado en 0.6%de NaCl ..... 50 ml.  
Acido tricloroacético ..... 2 g.  
Acido Acético glacial ..... 4 ml.  
Formaldehído ..... 20 ml.  
Agua destilada ..... 30 ml.

Zenker

Dicromato de potasio ..... 2.5g  
Cloruro de mercurio ..... 4.0g  
Agua destilada ..... 100 ml.  
Acido acético glacial ..... 5. ml.

Helly

Dicromato de potasio ..... 2g  
Cloruro de mercurio ..... 4g  
Cloruro de sodio ..... 0.5g  
Agua destilada ..... 100 ml.  
Formaldehído (Agregar antes de usar) ..... 5 ml.

Karnovsky

Paraformaldehído al 3.5%  
Glutaraldehído al 1.5%  
Cacodilato de sodio 0.098M, pH 7.4  
En frio.

En algunas soluciones fijadoras se hicieron cambios, - los que consistieron en modificar la proporción de las sales; -- así como en adicionar taurina 0.01 M y dimetil sulfóxido (DMSO) al 10% tratando de mejorar las condiciones de fijación.

En la Tabla I se presentan los fijadores y tiempos em pleados en cada especie de molusco.

Transcurrido el período de fijación, los corazones se

TABLA I. SOLUCIONES FIJADORAS Y TIEMPOS DE FIJACION.

ORGANISMO FIJADOR	<u>Chiton</u> <u>articulatus</u>	<u>Aplysia</u> <u>dactylovela</u>	<u>Helix</u> <u>aspersa</u>	<u>Limax</u> <u>maximus</u>	<u>Crassostrea</u> <u>virginica</u>	<u>Octopus</u> <u>vulgaris</u>
Bouin	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas
Bouin + DMSO + Taurina 10 %			8 horas			
Formol 10 %		8 horas			8 horas	
Karnovsky	2 horas			2 horas	2 horas	2 horas
Susa	24 horas	24 horas	24 horas	24 horas	24 horas	24 horas
Susa + Taurina 0.1 M			8 horas		8 horas	
Susa+DMSO 10 %			8 horas		8 horas	
Susa + Taurina 0.1 M + DMSO 10 %			8 horas		8 horas	
Zenker			8 horas		8 horas	
Zenker + Taurina 0.1 M			8 horas		8 horas	
Zenker+ DMSO 10 %			8 horas		8 horas	
Zenker + Taurina 0.1 M + DMSO 10 %			8 horas		8 horas	
Helly			8 horas			

lavaron dependiendo del fijador, utilizado en:

alcohol al 70%, agua corriente o amortiguador de cacodilato de sodio 0.95M. Los órganos siempre se mordentaron con Zenker más- taurina al 1% durante 12 horas a temperatura ambiente. El exce- so se eliminó con agua corriente.

### 2.3 DESHIDRATACION E INCLUSION.

Se hizo una deshidratación gradual pasando los corazo- nes sucesivamente por:

alcohol 30%	.....	30 min.	(3 cambios).
alcohol 40%	.....	30 min.	(3 cambios).
alcohol 50%	.....	30 min.	(3 cambios).
alcohol 60%	.....	30 min.	(3 cambios).
alcohol 70%	.....	30 min.	(3 cambios).
alcohol 80%	.....	30 min.	(3 cambios).
alcohol 95%	.....	30 min.	(3 cambios).
alcohol absoluto	.....	30 min.	(3 cambios).

Las piezas se pusieron en xilol durante 30 min. reno- vándolo cada 10 min. Posteriormente se hizo una preinclusión en parafina fundida a 54°C durante 30 min. y finalmente se incluye- ron en parafina de bajo punto de fusión, con una orientación -- previamente determinada.

### 2.4 CORTES

Se realizaron cortes transversales y longitudinales - de 3 a 5 <sup>mm.</sup> con un microtomo Spencer, los cuales se montaron- en portaobjetos limpios del número 1 y se desparafinaron antes-

de rehidratarlos en la forma convencional.

## 2.5 TINCION

Una vez rehidratados los tejidos se tiñeron con la --  
técnica de Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory descrita a --  
continuación:

Solución de Zenker ..... 2 horas a 50°C  
Agua destilada ..... tres cambios  
Solución de lugol ..... 10 min.  
Agua destilada ..... tres cambios  
Hiposulfito de sodio ..... tratar durante 5 min.  
al 2.5 %  
Agua corriente ..... tres cambios  
Solución de Permanganato de Potasio al 2.5% ..... tratar --  
durante 10 min.  
Agua corriente ..... Lavar continuamente 5 min.-  
Teñir en Hematoxilina de Mallory ..... 2 horas a 50°C ó 12 -  
horas a temperatura ambiente.  
Agua corriente ..... tres cambios  
Virofijación en alcohol 70% ..... De 30 a 60 min.

Los cortes se deshidrataron, se aclararon y se monta-  
ron en bálsamo de Canada.

Todas las observaciones microscópicas y las microfo--  
tografías se realizaron con equipo óptico Carl Zeiss. Para tal-  
fin se emplearon el fotomicroscopio III así como el microscopio

Axiomat, ambos equipados con objetivos planapocromáticos y con sistemas ópticos de campo claro y luz plolarizada.

### 3.0 CARACTERES GENERALES

#### 3.1 DIAGNOSIS DEL PHYLUM MOLLUSCA

El Phylum Mollusca incluye metazoarios celomados protostomados de simetría bilateral: la cual se pierde en los gasterópodos; cuerpo blando sin segmentación, en el que se distinguen tres grandes regiones : la cabeza, el pie, y la masa visceral, la cual está envuelta por el manto que secreta una concha calcárea. Poseen además una cavidad paleal donde se localizan las branquias.

Su celoma se origina a partir de dos pares de vesículas: las cavidades pericárdicas y las cavidades genitales. -- la disposición de dichas cavidades celómicas varía mucho de una clase a otra.

Tiene una cadena ganglionar ventral y un collar periesofágico. Su segmentación es espiral y poseen estados larvarios

En la mayoría la hemolinfa contiene hemocianina. (Grassé. op. cit.

#### 3.2 DIAGNOSIS DE LOS ORGANISMOS ESTUDIADOS

Chiton articulatus Owerby. 1838 presenta una concha--

compuesta por ocho valvas imbricadas entre sí, de forma ovalada, con sus áreas radiales de color gris a café y finas líneas oscuras. Hacia el centro de la concha se encuentran ornamentaciones de bandas anchas negras y longitudinales, la superficie lisa de la concha carece de ornamentaciones. El cuerpo es ovalado y aplanado dorsoventralmente, posee un pie muscular situado en posición ventral, hacia adelante se encuentra la boca y hacia la región posterior el ano. El manto envuelve dorsalmente al cuerpo. Presenta osfradios asociados a las branquias. Los adultos miden de 50 a 100 mm. (Grassé, op. cit. y Myra Keen, 1971).

APLYSIA dactyломela Rang, 1828

Carece de protección cefálica, generalmente conocida como liebre de mar debido a que posee dos rinoforos que parecen orejas pequeñas y también porque tiene la forma de un conejo. Su concha se localiza internamente, tiene forma de hoja de aspecto membranoso y es aplanada. Su cuerpo es grande y voluminoso, aproximadamente de 400mm de longitud. De piel lisa, sin filamentos, de colores que van desde el café oscuro hasta el verde. Rádula bien desarrollada. Su manto posee glándulas secretoras de una substancia color púrpura. Presenta un pie musculoso, bien desarrollado con parapodios laterales, Tiene dos tentáculos anteriores (rinoforos) y dos posteriores en cuya base se locali--



zan los ojos. Es un organismo herbívoro. (Grassé, op. cit. y Myra Keen, op. cit.).

Helix aspersa Muller, 1774

Cabeza perfectamente diferenciada en la que existen órganos sensoriales representados por cuatro tentáculos. Los ojos están situados en los dos tentáculos más grandes. En la parte ventral e inferior de la cabeza se encuentra la boca, la cual posee a cada lado un par de cortas prolongaciones. Presenta rádula. El pie musculoso se continúa anteriormente con la cabeza y hacia atrás finaliza en punta, en su totalidad presenta un aspecto rugoso. Atrás del tentáculo superior derecho se abre el orificio genital. Este organismo es hermafrodita. Su masa visceral está arrollada en espiral y protegida por una concha caliza dispuesta en la misma forma, es de color abigarrado, dominando en ella los tonos pardos y amarillentos. Hacia la parte inferior la concha presenta una apertura por donde sale el animal, que se encuentra insertado en la concha por el músculo columelar. Cerca de la concha se encuentra un orificio llamado neumostoma mediante el cual el órgano respiratorio se comunica al exterior. (Grassé, op. cit.).

Limax maximus Linné, 1758

Concha vestigial, cubierta completamente por el manto, presenta dos pares de tentáculos, el segundo de los cuales lleva los

ojos en la punta. La cavidad del manto está convertida en un -- pulmon el cual se comunica al exterior por un neumostoma, situa do en el borde inferior del manto que está dispuesto en forma - de silla de montar. (Barnes, 1974).

Crassostrea virginica Gmelin, 1791.

Organismos con dos valvas moderadamente gruesas de 5- a 15 cm. de largo, de color gris pardo, de forma irregular y va riable, desde orbicular a francamente alargada. La superficie - es rugosa con escamaciones y los márgenes son rectos u ondula-- dos. El umbo es largo y curvado. La valva superior o derecha es pequeña y aplanada, más lisa que la inferior izquierda. La con-- cha se encuentra cementada al sustrato mediante un biso calcifi-- cado. En la parte inferior se encuentra la impresión muscular - que es subcentral y de color púrpura oscuro. En el interior se-- encuentra el organismo liso, no presenta sifones, ni cabeza, só-- lo se advierte la región anterior debido a que existen dos órga-- nos laminares a uno y otro lado de la boca que son los palpos - labiales. El pie está atrofiado. El manto es extenso y presenta un lóbulo a cada lado que tapiza la concha cerca de su borde. - Entre el manto y el cuerpo existe la cavidad paleal con dos --- branquias a cada lado de forma laminar. Este organismo posee un periostraco erosionado, es filtrador y forma parte de la epifau-- na cementante (García Cubas, 1981 y Rioja et al., 1972).

Octopus vulgaris Cuvier, 1797

Presenta una corona de tentáculos situada en la cabeza, la cual está diferenciada del resto del cuerpo. En ella encuentran los ojos y la boca provista de mandíbula y rádula. -- Posee un cuerpo redondeado de piel lisa, sin aletas, ocho brazos largos sobre los que se encuentran hileras de ventosas sésiles. En los machos el brazo derecho está modificado en una estructura (Hectocótilo) que interviene en la reproducción. -- Los brazos son cuatro veces más largos que el manto. El índice de la lígula es por debajo de 2.5. Placas branquiales de 7 a 9- (Rioja et al, op. cit. y García Cubas, op. cit.).

3.3 TAXONOMIA

Según Myra-Keen, 1971.

Phyllum: Mollusca

Clase: Poliplacophora

Orden: Neoloricata

Suborden: Ischnochitonina

Familia: Chitonidae

Género: Chiton

Especie: Chiton articulatus Owerby, 1838

Phyllum: Mollusca

Clase: Gastropoda

Subclase: Opisthobranchia

Orden: Anaspidea

Familia: Aplysidae

Superfamilia: Aplysiacea

Género: Aplysia

especie: Aplysia dactylomela Rang, 1828

Según Grzimek, 1974.

Phyllum: Mollusca

Clase: Gastropoda  
Subclase: Pulmonata  
Orden: Stylommatophora  
Suborden: Sigmurethra  
Superfamilia: Zonitacea  
Familia: Limacidae  
Género: Limax  
especie: Limax maximus Linné, 1758

Phyllum: Mollusca  
Clase: Gastropoda  
Subclase: Pulmonata  
Orden: Stylomatophora  
Suborden: Sigmurethra  
Superfamilia: Helicacea  
Familia: Helicidae  
Género: Helix  
especie: Helix aspersa Muller, 1774

Según García-Cubas, 1981.  
Phyllum: Mollusca  
Clase: Lamellibranchia  
Orden: Filibranchia  
Familia: Ostreidae  
Género: Crassostrea  
especie: Crassostrea virginica Gmelin, 1971.

Phyllum: Mollusca  
Clase: Cephalopoda  
Suclase: Dibranchiata  
Orden: Octobranchia  
Suborden: Incirrata  
Superfamilia: Octopodea  
Familia: Octopodidae  
Género: Octopus  
especie: Octopus vulgaris Cuvier, 1797.

#### 4.0 RESULTADOS

De las diferentes fijaciones practicadas, las que proporcionaron mejores resultados fueron las de Susa, en Chiton articulatus, Aplysia dactylomela, Helix aspersa y Crassostrea virginica y las de Karnovsky en Chiton articulatus, Limax maximus y Octopus vulgaris.

#### 4.1 CORAZON DE Chiton articulatus

##### ANATOMIA

El corazón se encuentra hacia la región dorsal posterior del cuerpo en una cavidad pericárdica llena de líquido, limitada por una membrana pericárdica de tejido conjuntivo, la cual se localiza por debajo de las dos últimas placas de la concha. El órgano consta de un par de aurículas laterales y de un ventrículo central, más o menos tubular que se une a la pared del cuerpo a todo lo largo de su región media dorsal (Lámina I, 1). Las aurículas se comunican con el ventrículo a través de largas válvulas auriculo-ventriculares musculares y de forma tubular. Las válvulas se proyectan en el interior de la cavidad ventricular llegando hasta el primer tercio de la cavidad. Las aurículas reciben la hemolinfa de poros auriculares y la envían al ventrículo, el cual se encarga de distribuirla al resto del organismo vía una aorta anterior.

## AURICULAS

Las aurículas presentan los mismos elementos histológicos que constituyen el ventrículo; sin embargo, sus paredes son mucho más delgadas que la pared ventricular. La superficie está cubierta por una capa continua de células epiteliales epicárdicas con núcleos ovoides relativamente pequeños, los cuales generalmente se localizan hacia la región basal, en estrecho contacto con la membrana celular que se une a la membrana basal. Estas células epicárdicas, se caracterizan porque poseen un citoplasma globoso y pálido, en el cual sólo se distingue la membrana citoplásmica que lo limita (Lámina I, 2). Las células se unen directamente a una delicada membrana basal subyacente, por debajo de la cual se implantan las células musculares y el tejido conectivo laxo, que en conjunto constituyen el miocardio de la aurícula. En esta cavidad el miocardio está constituido por escasas fibras y los paquetes musculares que constituyen el miocardio auricular. Estos últimos son compactos y están integrados por fibras musculares paralelas, rodeadas por una delgada capa continua de tejido conjuntivo que las mantiene unidas entre sí formando los paquetes (Lámina I, 3).

Las fibras musculares de la aurícula, son largas-células cilíndricas con paquetes de miofilamentos contráctiles que corren a lo largo del interior del citoplasma formando una

banda central de miofibrillas paralelas dispuestas de manera - que constituyen estriaciones transversales representadas por - bandas claras y oscuras alternas. El núcleo de la fibra es ovoi - de y se localiza en el centro del sarcoplasma.

Sobre el tejido conectivo que rodea a las fibras - se encuentran células aplanadas con núcleo ovoide, las cuales - parecen formar un revestimiento continuo sobre los paquetes mus - culares, de tal forma que sobre estas células se encuentran - adheridas las células amiboides de la hemolinfa.

#### VENTRICULO

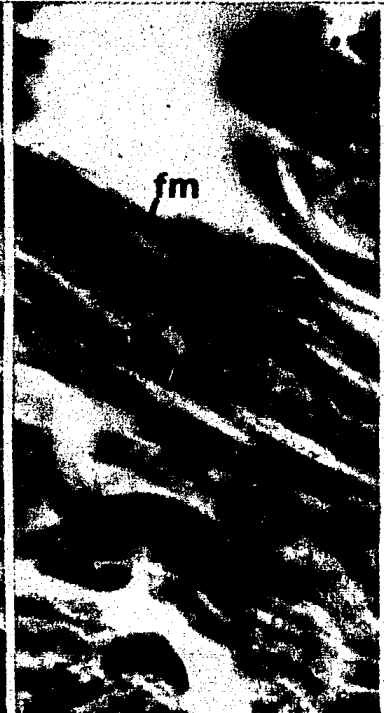
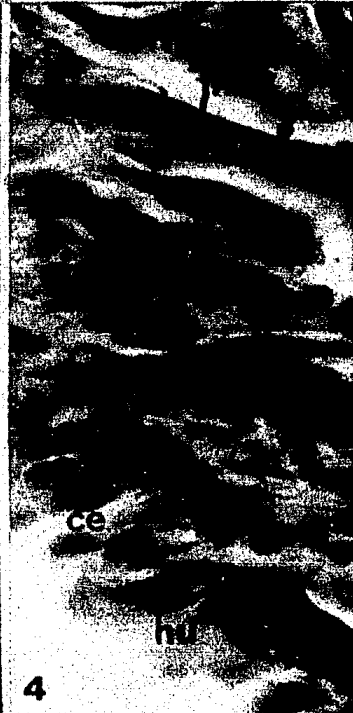
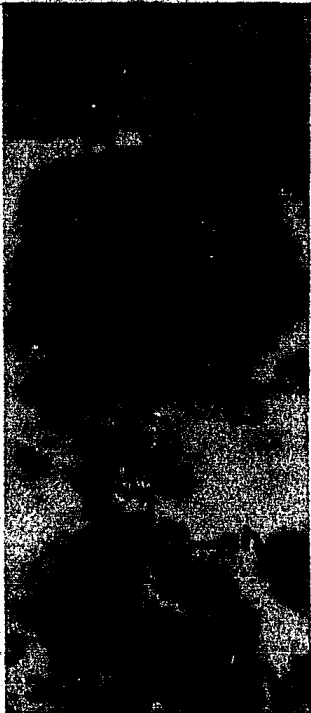
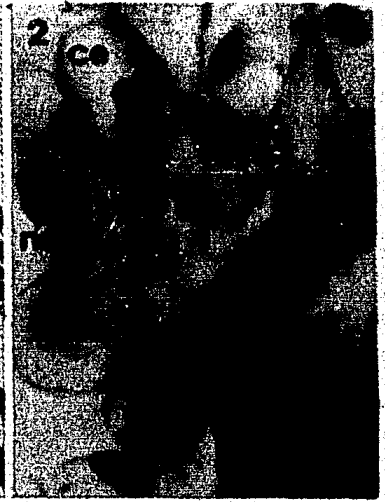
A diferencia de la aurícula en el ventriculo hay una capa continua de células epicárdicas, aplanadas, con núcleo - ovoide el cual resalta en el borde libre apical de la célula - formando una protuberancia (Lámina I, 4). El citoplasma se tife homogéneamente y no presenta granulaciones visibles. La capa -- de células epicárdicas, se apoya sobre una delgada membrana ba - sal continua, por debajo de la cual se localizan abundantes fi - bras musculares estriadas, con núcleo central ovoide las cuales constituyen el tejido miocárdico, formado por una masa esponjo - sa de paquetes musculares anastomosados que se asocian con teji - do conjuntivo (Lámina I, 5).

Las fibras musculares son más gruesas que las de - la aurícula y por consiguiente, la banda estriada de miofilamen

LAMINA I = Corazón de Chiton articulatus

- 1) Corazón de Chiton articulatus constituido por un par de aurículas (a) y de un ventrículo (v) de forma tubular. Entre dichas cavidades existe comunicación a través de válvulas aurículo-ventriculares (va-v). 65.44 x.
- 2) Pared auricular constituida por una capa de células epiteliales (ce) que poseen un núcleo (nu) ovoide hacia la región basal. Esta capa descansa sobre una membrana (mb), debajo de la cual se distinguen elementos del tejido conectivo (tc) y fibras musculares (fm). 1636 x.
- 3) Paquete muscular auricular cortado transversalmente donde se observan las fibras musculares (fm) que lo constituyen. Alrededor del paquete se distingue una delgada capa continua de tejido conectivo (tc) que mantiene unidas a las células musculares y adheridas a esta capa las células aplanadas (ca) que parecen formar un revestimiento continuo. Asimismo se distinguen algunos elementos libres de la hemolinfa (ch). 1636 x.
- 4) Pared ventricular. Se aprecia el epicardio constituido por células epicárdicas aplanadas (ce) con núcleo ovoide (nu) apical. Desde la pared se desprenden fibras musculares donde se aprecia la estriación (∧) dada por las bandas claras y oscuras que alternan a todo lo largo de la fibra. 1636 x.
- 5) Fibras musculares (fm) estriadas del ventrículo con núcleo (nu) central ovoide. 1636 x.





tos contráctiles es más ancha que la de las fibras de la aurícula.

Normalmente las fibras musculares, están rodeadas de células y fibras del tejido conectivo, así como, por células libres de la hemolinfa.

#### 4.2 CORAZON DE Aplysia dactylomela

##### ANATOMIA

El corazón de Aplysia dactylomela consta de dos cámaras, una aurícula y un ventrículo (Lámina II, 1) se localiza del lado derecho del animal, hacia la región dorsal anterior cerca de la branquia. Se aloja en una cavidad pericárdica llena de líquido, limitada por una membrana pericárdica de tejido conectivo.

La aurícula recibe la hemolinfa de la branquia a través de la vena branquial eferente y la descarga en el ventrículo mediante una válvula aurículo-ventricular musculosa de forma tubular. Esta válvula se proyecta aproximadamente hasta el primer tercio de la longitud del ventrículo y su función consiste en impedir el regreso del fluido circulatorio.

##### AURICULA

La aurícula es una cámara pequeña comparada con el ventrículo. Esta cubierta por una capa simple de células epicárdicas epiteliales cúbicas, con núcleos basales muy próximos en-

tre si (Lámina II, 2). El citoplasma es granuloso y el núcleo de forma redonda, presenta cromatina condensada dispersa y ceñida a la membrana. El epicardio se une directamente a una membrana basal continua que puede distinguirse con relativa facilidad.

Inmediatamente por debajo de la membrana basal y adheridas a ella, se observan células musculares y tejido conjuntivo laxo, las cuales constituyen el tejido miocárdico.

Las células musculares rodeadas de tejido conectivo, se reúnen paralelamente, de manera que forman paquetes muy compactos. La mayoría de estos paquetes musculares, permanecen adheridos a la superficie interna de la pared, mediante tejido conectivo. Algunos se desprenden cruzando la luz auricular y anastomosándose con otros de manera que forman una especie de enrejado abierto en la cavidad.

El tejido conjuntivo, forma una delgada cubierta sobre cada célula muscular. De igual forma, hay fibras que rodean al conjunto de células musculares, que forman los paquetes. Sobre esta cubierta de fibras conectivas, se encuentran células aplanadas que forman una especie de revestimiento endotelial continuo; estas células tienen un citoplasma delgado con núcleo ovoide y aplanado (Lámina II, 3).

Las fibras musculares de la aurícula son cilíndricas y alargadas con núcleo central alargado, el cual presenta acu-

mulaciones de cromatina condensada, distribuídas en la cario--  
linfa y adheridas a la membrana nuclear. En el centro de las -  
fibras, orientados a todo lo largo de su eje mayor, se encuen-  
tran paquetes de miofilamentos contráctiles con bandas oscuras,  
y bandas claras alternas. De esta manera los miofilamentos, -  
dan un aspecto estriado a las células musculares.

Frecuentemente se observan células libres de la hemo-  
linfa, adheridas a las células aplanadas que revisten a las fi-  
bras y paquetes musculares.

#### VENTRICULO

Esta cámara es dos o tres veces más grande que la -  
aurícula, pero histológicamente ambas son muy similares. Está-  
recubierta por un epicardio constituido por células epitelia--  
les cúbicas, con núcleos redondos localizados en el centro de la  
célula. El citoplasma se tiñe discretamente. En cortes perpen-  
diculares a la superficie del órgano, el borde libre de las cé-  
lulas epiteliales es convexo y presenta delicadas irregularida-  
des. Basalmente, el epicardio se une a una membrana basal con-  
tínua. Por debajo de la cual se unen las células y paquetes -  
musculares con fibras y células del tejido conectivo laxo, -  
constituyendo propiamente la pared del ventrículo. El ventrí-  
culo presenta un mayor número de paquetes musculares, que se -  
desprenden hacia la cavidad ventricular (Lámina II,4). Estos -

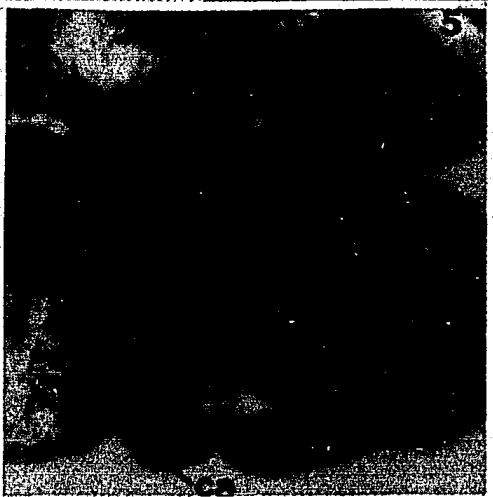
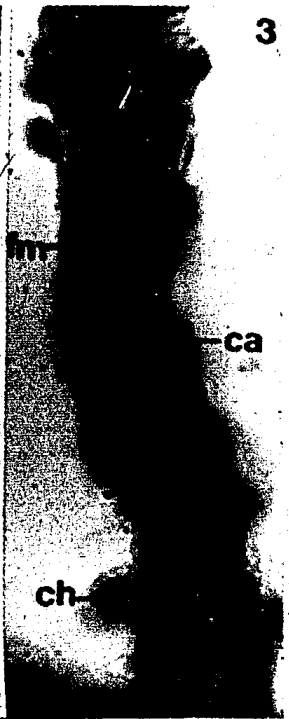
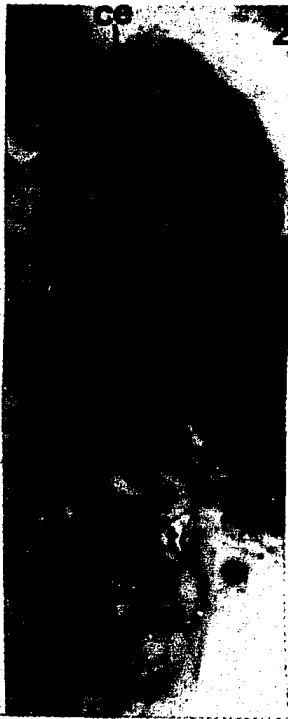
paquetes musculares son menos compactos que los de la aurícula y sus trayectorias toman distintas direcciones se ramifican y anastomosan entre ellos, de tal manera, que constituyen una red de trabéculas que dan el aspecto de una masa esponjosa de tejido.

Rodeando a las fibras musculares, se puede apreciar una delicada cubierta de tejido conjuntivo, más delgada que la que se encuentra en las fibras de la aurícula. Los paquetes musculares del ventrículo, también están revestidos de células planas parecidas a células endoteliales y adheridas a éstas, se encuentran células libres de la hemolinfa (Lámina II, 5).

Las fibras musculares del ventrículo también son estriadas, pero más gruesas que las de la aurícula. En un corte transversal, se observa una delgada capa de citoplasma y más al centro una corteza de miofilamentos contráctiles con estriaciones transversales que rodean al núcleo de forma ovoide, con gránulos de cromatina esparcidos en la cariolinfa y también adheridos a la membrana nuclear. Rodeando al núcleo y a todo lo largo del centro de la fibra se observan abundantes granu-- laciones esparcidas a lo largo del sarcoplasma que pueden co-- rresponder a los sargosomas de las células (Lámina II, 5).

LAMINA II = Corazón de Aplysia dactylomela

- 1) Imágen panorámica del órgano cardíaco de Aplysia dactylomela. Consta de una sola aurícula (a) y un ventrículo (v) comunicados a través de una válvula auriculo-ventricular (va-v) de forma tubular que se introduce una distancia considerable en la cavidad ventricular. 16.36 x.
- 2) Pared auricular donde se distingue la capa epicárdica formada por células epiteliales cúbicas (ce). Por debajo de esta capa se observa una membrana basal (mb) continua de la que se desprenden células musculares (fm) rodeadas por tejido conjuntivo (tc) laxo. 1636 x.
- 3) Paquetes de fibras musculares (fm). Los elementos que lo constituyen se encuentran paralelos entre sí, Así mismo, sobre la periferia del paquete están adheridas células aplanadas, (ca) que forman un revestimiento endotelial continuo y algunas células de la hemolinfa (ch). 1636 x.
- 4) Fibras musculares (fm) del ventrículo donde se aprecia claramente su estriación (Ψ). Su grosor es mayor que el de las fibras auriculares. En su citoplasma (ci) se distingue un núcleo (nu) ovoide y abundantes granulaciones que podrían ser sarcosomas (s), 1636 x.
- 5) Entre las fibras musculares (fm) del ventrículo es frecuente observar células conectivas (cc). Hacia su periferia es posible distinguir células aplanadas (ca) semejantes a las que forman el revestimiento endotelial de los paquetes musculares de la aurícula. En esta imágen se distingue una fibra muscular cortada en forma oblicua con su núcleo (nu) central, ovoide y su citoplasma (ci) granuloso. 1636 x.



### 4.3 CORAZON DE Helix aspersa

#### ANATOMIA

El corazón está superficialmente hacia la región dorsal, por detrás del aparato respiratorio. Se aloja en un saco lleno de líquido que está limitado por una membrana de tejido conjuntivo translúcida, la membrana pericárdica. Consta de una aurícula y un ventrículo. La aurícula recibe la hemolinfa oxigenada proveniente del aparato respiratorio y la manda a través de una válvula auriculoventricular, tubular y muscular hacia el ventrículo (Lámina III, 1). Este a su vez, envía dicho fluido a las diferentes partes del cuerpo, mediante la aorta.

#### AURICULA

La aurícula es la menor de las cámaras, presenta una pared, más delgada con escasos y delgados paquetes musculares que constituyen el miocardio difuso. Estos paquetes se desprenden en distintas direcciones ramificándose y anastomosándose al atravesar la cavidad. Los paquetes musculares, están constituidos por un número variable de fibras orientadas paralelamente.

Entre las células musculares, aparecen células conectivas y fibras conectivas que parecen rodear cada fibra muscular. El epicardio de la aurícula está constituido por una sola capa continua de células epiteliales cúbicas regulares con nú-



cleos ovoides orientados con el eje principal en sentido de la región apical y basal de la célula. Estos núcleos son grandes y ocupan gran parte del citoplasma y presentan abundantes gránulos de cromatina condensada. En el borde libre de las células que da hacia la cavidad pericárdica se observan pequeñas y finas irregularidades. (Lámina III, 2).

Las células epicárdicas están unidas a una lámina basal continua y por debajo de ésta se adhieren células y fibras del tejido conectivo laxo; así como fibras y paquetes musculares que constituyen el miocardio de la aurícula. Muy próximas a las células musculares entre el tejido conjuntivo, se observan células redondas de diferente tamaño, con el citoplasma lleno de grandes granulaciones, las cuales no permiten observar adecuadamente al núcleo que comunmente se encuentra desplazado hacia la periferia cerca de la membrana (Lámina III, 4).

Las fibras musculares son cilíndricas y largas y contienen paquetes de miofilamentos contráctiles, con bandas oscuras y claras alternas, sin líneas Z. (Lámina III, 3). Los paquetes de miofilamentos están rodeados por una capa de sarcoplasma lleno de granulaciones y hacia el centro de la fibra se encuentra el mismo tipo de granulaciones esparcidas en esta región.

El núcleo es excéntrico de forma ovoide con gránulos compactos de cromatina distribuidos en su interior. Las fibras

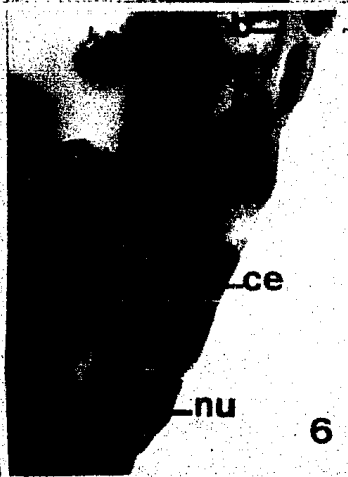
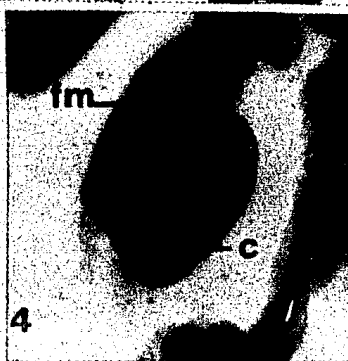
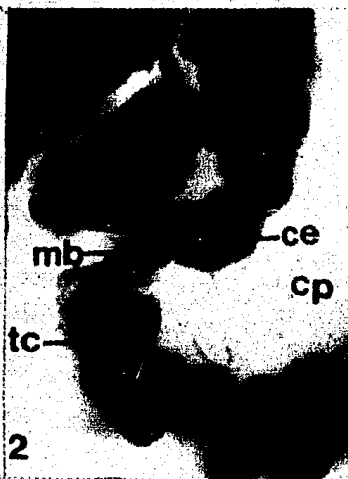
musculares carecen de un revestimiento de fibras conectivas - (al menos visible con el microscopio óptico), pero es frecuente encontrar células conectivas entre las fibras de los paquetes; así como en las fibras musculares aisladas. Algunas células li bres de la hemolinfa pueden encontrarse adheridas a las célu-- las miocárdicas.

#### VENTRICULO

El ventrículo es de mayor tamaño que la aurícula su- pared y el miocardio es más grueso que en la aurícula. El epi- cardio presenta básicamente las mismas características morfoló- gicas, que el epicardio auricular. Esta capa se adhiere a una- membrana basal menos aparente (Lámina III, 6). Por debajo de - esta lámina, se observan células y fibras de tejido conectivo- laxo; así como fibras y paquetes musculares. Como es de supo-- ner estos elementos dan diferente grosor a la pared, dependien- do de la cantidad de los mismos que se encuentre adherida a la membrana basal. De la pared se desprenden numerosos paquetes - musculares de distinto grosor que atraviesan la luz ventricu-- lar en diferentes direcciones. Las fibras musculares del ven-- trículo son más gruesas que las de la aurícula y presentan ade- más, mayor cantidad de miofilamentos contráctiles con estria-- ciones transversales simples. En estas fibras musculares tampo- co fue posible observar alguna capa de fibrillas del tejido -

LAMINA III = Corazón de Helix aspersa

- 1) Organo cardíaco del caracol Helix aspersa. Constituido por una aurícula (a) y un ventrículo (v). Entre ambos existe una válvula aurículo-ventricular (va-v) 16.36 x.
- 2) Limitando con la cavidad pericárdica (cp) se encuentra el epicardio auricular constituido por una capa de células epiteliales (ce) cúbicas. El epicardio descansa sobre una membrana basal (mb) por debajo de la cual existen fibras de tejido conjuntivo (tc) laxo. 1636 x.
- 3) Fibras musculares (fm) de la aurícula. Son largas y delgadas, presentan estriaciones en toda su longitud (>>). Hacia su periferia, se pueden adherir algunas células libres de la hemolinfa (ch). 1636 x.
- 4) Paquete de fibras musculares (fm) de la pared auricular en el que se observa una célula redonda granulosa (c) cuyo núcleo no se distingue. 1636. x.
- 5) Células musculares (fm) del ventrículo que atraviesan la luz de dicha cavidad. Son más anchas que las auriculares y además poseen una cantidad mayor de filamentos contráctiles (↑). Obsérvese que entre ellas no existen fibras de tejido conjuntivo. Hacia su periferia hay células libres de la hemolinfa (ch). 1636 x.
- 6) Epicardio ventricular constituido por células epiteliales (ce) un tanto aplanadas. Estas células presentan un núcleo ovoide (nu) que ocupa gran parte del citoplasma. La membrana basal (mb) sobre la que descansa el epicardio no es tan aparente como en la aurícula. 1636 x.



conjuntivo. Sin embargo algunas células conectivas se encontraron en el interior de los paquetes. Se observaron también células libres de la hemolinfa, adheridas a las fibras y paquetes musculares, encontrándose también en ocasiones células aplanadas que parecen revestir la superficie de los paquetes (Lámina III, 5).

#### 4.4 CORAZON DE Limax maximus

##### ANATOMIA

El corazón se localiza en la región dorsal dentro de un saco pericárdico lleno de líquido y limitado por una membrana pericárdica. Esta cavidad pericárdica está localizada al lado del riñón. El órgano está constituido por dos cavidades, una aurícula y un ventrículo (Lámina IV, 1). La aurícula recibe el fluido circulatorio oxigenado que proviene del saco pulmonar mediante un vaso eferente y la manda al ventrículo a través de la válvula aurículo-ventricular compuesta de células musculares, éste a su vez la envía hacia el resto del organismo por medio de un vaso aórtico. El tamaño del corazón depende de las proporciones del animal, sin embargo, el corazón de esta especie de pulmonados es de menor tamaño que el encontrado en Helix aspersa.

##### AURICULA

La aurícula es de menor dimensión que el ventrículo-

y posee una estructura más delicada que aquél. Consta de un epicardio integrado por una capa de células epiteliales cúbicas, - las cuales adquieren una apariencia de células aplanadas cuando el órgano se ha fijado en estado distendido (Lámina IV, 2). Las células epicárdicas presentan una región apical con un borde libre que da hacia la cavidad pericárdica y una región basal por donde las células se unen directamente a una membrana basal --- subyacente. Las células poseen un núcleo voluminoso y ovalado - ocupando gran parte del citoplasma y produciendo una especie de protuberancia hacia el borde libre dirigido hacia la cavidad pericárdica.

El núcleo presenta numerosas condensaciones de cromatina - reunidas en el centro y adheridas a la membrana nuclear. El citoplasma es pálido y no se observan granulaciones.

Hacia el lado interno de la membrana basal se adhieren --- células y fibrillas del tejido conectivo, así como las células- musculares que juntos constituyen la capa de tejido miocárdico. El miocardio está formado por fibras musculares sueltas y paquetes de células musculares que se distribuyen en la cavidad. Las fibras musculares son cilíndricas y alargadas, poseen núcleos - centrales rodeados por sarcoplasma. El centro de la célula está ocupado por paquetes de miofilamentos contráctiles orientados a todo lo largo. Los cuales están acomodados de manera que constituyen bandas claras y oscuras alternas que dan a las fibras as-

pecto de fibras musculares estriadas. Las únicas bandas que se observan se parecen a las A e I de los vertebrados. Más hacia el centro de la fibra se observa una masa sarcoplásmica con abundantes granulaciones distribuidas regularmente a todo lo largo de las fibras miocárdicas. Los paquetes musculares no están muy compactos ya que existen visibles entre las células. Estas parecen estar unidas entre sí únicamente a través de sus membranas ya que no se observan fibras de tejido conjuntivo rodeando a las fibras musculares, sin embargo, existen algunas células conjuntivas dispersas entre las fibras. Frecuentemente se distinguen en la superficie de los paquetes musculares células amiboides libres de la hemolinfa.

#### VENTRICULO

Histológicamente el ventrículo es muy similar a la aurícula, pero difiere de ésta en algunos detalles.

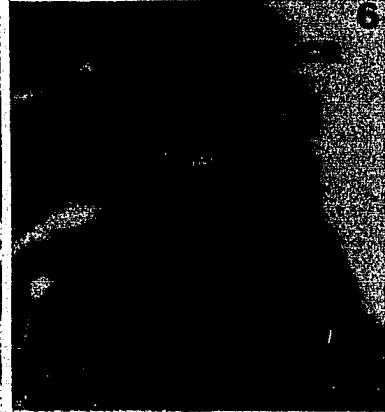
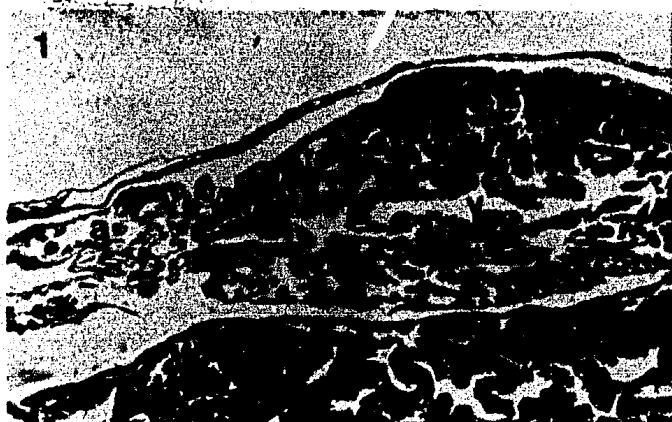
Las células epicárdicas son más aplanadas (Lámina IV, 6); la membrana basal es menos aparente y existe un mayor número de fibras y paquetes musculares constituyendo el miocardio (Lámina IV, 3) por consiguiente, la pared de la cámara es más gruesa y más musculosa. Las fibras musculares de esta cámara son más anchas que las de la aurícula, así como los paquetes de miofibrillas, que contienen. En estas fibras se observaron bandas A e I y líneas Z. (Lámina IV, 4).

Una característica del número alargado de estas fibras --

LAMINA IV = Corazón de Limax maximus

- 1) Corazón de Limax maximus constituido por una aurícula (a) y un ventrículo (v) comunicados entre si a través de una válvula aurículo-ventricular (va-v). 65.44 x.
- 2) Pared auricular donde se distingue la capa de células epicárdicas (ce) y delgadas fibras musculares (fm) estriadas - así como células de tejido conectivo (cc). 1636 x.
- 3) Fibras musculares (fm) del ventrículo. Son de mayor grosor que las auriculares. Se parecían claramente las estriaciones transversales. 1636 x.
- 4) En el interior de esta fibra muscular se distinguen los paquetes de miofilamentos formando bandas claras y oscuras A (A). Así mismo, se puede observar una banda Z (z). 1636 x.
- 5) Paquetes de fibras musculares del ventrículo en donde se distingue el núcleo con su nucleolo (nu) central redondo. - 1636 x.
- 6) pared ventricular con células epicárdicas (ce) y fibras musculares (fm) que se desprenden atravesando la luz de la cavidad.





es que presenta un nucleolo central redondo de considerables dimensiones (Lámina IV, 5).

Al igual que los paquetes musculares de la aurícula los paquetes de fibras miocárdicas ventriculares tampoco están cubiertas de fibras conectivas, sólo algunas células conectivas se observan entre las células musculares, así como algunas células de la hemolinfa.

#### 4.5 CORAZON DE Crassostrea virginica

##### ANATOMIA

El corazón de Crassostrea virginica, se encuentra en una cavidad pericárdica llena de líquido, limitada por una delicada membrana de tejido conectivo a un lado del músculo aductor. El órgano presenta dos aurículas pequeñas de color café y un ventrículo grande y blanquecino (Lámina V, 1). Las aurículas reciben directamente la hemolinfa de las branquias y se comunican independientemente con el ventrículo, a través de válvulas aurículo-ventriculares, constituidas de células musculares compactas las válvulas impiden el regreso del fluido circulatorio hacia las aurículas. A diferencia de la mayoría de los lamelibranquios, el corazón de C. virginica no se encuentra atravesado por el recto.

##### AURICULA

La pared de las aurículas es delgada y de color café, debido a la presencia de abundantes células granulosas que le confieren tal color. Hacia la luz auricular se encuentran

fibras musculares que corren en diferente dirección a lo largo de las paredes y también se encuentran paquetes de fibras musculares, que atraviesan la luz de la cavidad, dándole un aspecto esponjoso.

En la superficie de las aurículas, se encuentra una capa continua de células epiteliales cúbicas, que limitan la cavidad pericárdica. El núcleo de las células epiteliales, se localiza hacia la región central, es esférico con gránulos de cromatina adheridos a la membrana nuclear y distribuidos en la cariolinfa. El citoplasma es pálido y no presenta granulaciones visibles al microscopio óptico.

El extremo apical, dirigido hacia la cavidad pericárdica es convexo, puesto que el núcleo forma una prominencia en el citoplasma que lo rodea. En algunos cortes se observaron pequeñas y finas irregularidades en el borde de la región apical (Lámina V, 2).

El epicardio se une directamente en la lámina basal, la cual es continua y puede distinguirse perfectamente. Cuando se hizo la fijación en estado de contracción la capa de células epicárdicas se plegó formando una serie de ondulaciones sobre la superficie. Hacia la luz del órgano y adheridas a la membrana basal, se encuentran las fibras musculares que constituyen el miocardio, también se encuentra tejido conjuntivo laxo, que normalmente rodea a las fibras y a los paquetes musculares.

Las células granulosas cafés de la aurícula tienen aspecto amiboide, y están distribuídas entre las fibras musculares y el tejido conectivo. Presentan grandes gránulos esféricos que ocupan prácticamente todo el citoplasma, aunque algunas poseen una región central densa. El resto son traslúcidos y de distintos tamaños. El núcleo de estas células, normalmente está desplazado hacia la periferia (Lámina V,3).

En el centro de las fibras musculares de la aurícula se observan paquetes de miofilamentos distribuídos a lo largo de la fibra, dando el aspecto de ser células musculares estriadas con bandas oscuras y bandas claras alternas.

Rodeando a los paquetes de miofilamentos se distingue una cubierta citoplásmica con granulaciones parecidas a sarcosomas. En estas fibras, el núcleo es periférico de forma ovoide y contiene gránulos de cromatina adheridos a la membrana y distribuídos en la cariolinfa.

#### VENTRICULO.

La pared ventricular es gruesa, pero al mismo tiempo algo translúcida durante la diástole. En el interior, pueden observarse abundantes paquetes de fibras musculares que se ramifican y anastomosa, atravesando en dis-

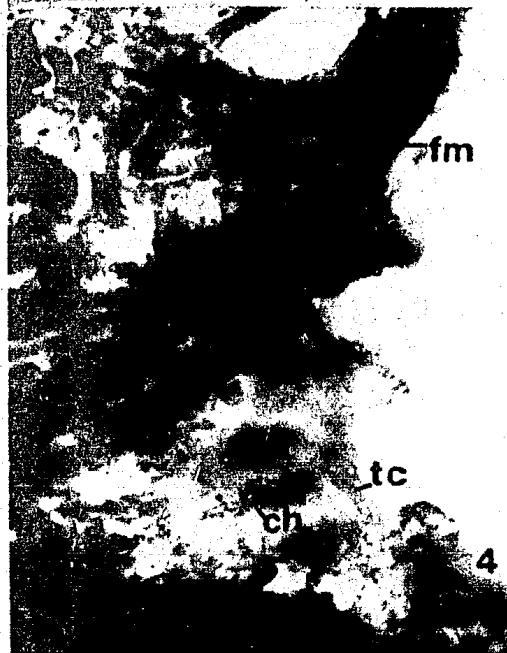
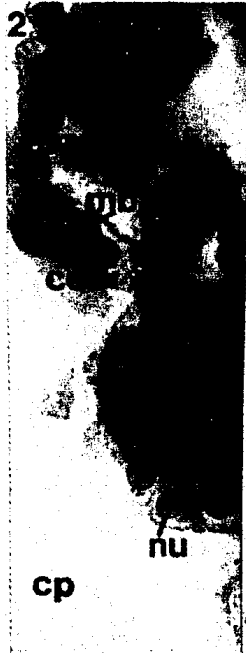
tintas direcciones la luz ventricular. Los paquetes musculares dejan espacios libres hacia el sitio donde drenan las válvulas aurículo ventriculares, permitiendo de esta forma, que la hemolinfa tome una dirección definida.

Al igual que en la aurícula, se encuentra una capa simple de células epiteliales de forma transicional, entre células cúbicas y planas. Las células poseen las mismas características estructurales, que las de la aurícula y también se encuentran adheridas directamente a la membrana basal subyacente. El miocardio ventricular es más musculoso que el de la aurícula, pues posee mayor número de fibras y paquetes musculares. Hay fibras aisladas que corren adheridas a la pared del ventrículo, por debajo de la lámina basal. Estas fibras forman una capa casi continua. Sin embargo, la mayor parte de ellas se reúnen y se desprenden, formando paquetes que atraviesan la luz de la cavidad, dando el aspecto de una masa trabecular. Entre las fibras de los paquetes, se observan células y fibras de tejido conectivo que mantienen unidas a las células musculares. También se presenta una capa aparentemente continua de células aplanadas, rodeando a las fibras musculares (Lamina V, 4).

Las células miocárdicas del ventrículo son más gruesas que las de las aurículas y presentan núcleo perifé-

LAMINA V = Corazón de Crassostrea virginica

- 1) Imagen panorámica del corazón del ostión americano Crassostrea virginica, el cual está constituido por dos aurículas (a) y un ventrículo (v) 16.36x
- 2) Pared auricular del corazón. Se distingue la capa simple de células epiteliales cúbicas (ce) que limitan la cavidad pericárdica (cp). Su núcleo (nu) es esférico y central. Dicha capa está unida a una membrana basal (mb) continua. 1636x.
- 3) Entre las fibras musculares (fm) que constituyen los paquetes musculares de las aurículas se observan unas células -- granulosas (cg), responsables de la coloración café de las mismas. Estas poseen abundantes granulaciones. 1636x.
- 4) Paquete de fibras musculares (fm) del ventrículo en el cual los elementos que lo constituyen se ramifican y anastomosisan. Rodeando a algunas fibras musculares se distinguen células aplanadas, elementos del tejido conectivo (tc) y algunas células libres de la hemolinfa (ch). 1636x.
- 5) Fibras musculares (fm) del ventrículo. Se aprecia claramente el mayor grosor de estas células miocárdicas y las bandas claras (∨) y oscuras (↑) de los miofilamentos que -- alternan en toda su longitud. 1636x.



rico de forma ovoide con una delgada capa uniforme de cromatina condensada; así como pequeños depósitos compactos - dispersos. Frecuentemente el núcleo está rodeado por sarcoplasma granuloso. Los paquetes de miofilamentos que corren por dentro de la fibra, a lo largo de su eje mayor, presentan bandas oscuras A y bandas claras I alternas. Los paquetes de miofilamentos son más gruesos que los que presentan las fibras musculares de las aurículas (Lámina V, 5).

Las células musculares de los paquetes, parecen unirse entre sí, mediante uniones especializadas de la membrana. Existen elementos libres de la hemolinfa que se adhieren a la capa de células aplanadas que rodean a las fibras musculares. Estas células libres, parecen corresponder a los leucocitos de la hemolinfa.

#### 4.6 CORAZON DE Octopus vulgaris

##### ANATOMIA

El corazón sistémico de Octopus vulgaris se localiza dentro de la cavidad del manto, hacia la región posterior de la misma. Anatómicamente organizado por dos aurículas (Lámina VI, 1) tubulares que reciben la sangre oxigenada de las branquias a través de los vasos branquiales eferentes y por un ventrículo de gruesas paredes musculares encargado de distribuir la sangre hacia el resto del -



organismo por medio de una aorta. (Lámina VII, 1).

#### AURICULAS

Las paredes compactas de las aurículas están cubiertas externamente por una capa simple de células epiteliales cúbicas con abundantes microvellosidades en el borde libre de las células. (Lámina VI, 2). Las células poseen núcleos redondos localizados en el centro del citoplasma. Esta capa de células epicárdicas se apoya directamente sobre una membrana basal continua. Por debajo de ésta se encuentran tres capas de paquetes musculares distribuidas en el tejido conectivo laxo que constituye gran parte del grosor de la pared. En el centro de la pared se distinguen espacios sanguíneos limitados por un delicado revestimiento de células endoteliales. Así mismo la luz de las aurículas está limitada por un revestimiento endocárdico constituido por células aplanadas con núcleos ovoides. (Lámina VI, 5) - La capa muscular externa está constituida por una serie de paquetes musculares separados entre sí por tejido conectivo, los cuales tienen una orientación circular y están formados por un tipo especial de fibras musculares lisas,

En corte transversal estas células muestran un centro sarcoplásmico claro, rodeado por sarcoplasma ocupado

LAMINA VI = Aurícula cardíaca de Octopus vulgaris

- 1) Imágen panorámica de una de las aurículas del corazón de -- Octopus vulgaris. Se distingue el epicardio (e), el miocardio (m) y el endocardio (en), así como un vaso sanguíneo -- (vs) localizado entre la aurícula y el ventrículo. 16.36x
- 2) Epicardio auricular constituido por células epicárdicas (ce) cúbicas con microvellosidades (mi) dirigidas hacia la cavidad celómica. Observese el núcleo (nu) de estas células y la membrana basal (mb) sobre la que descansan. 1636x.
- 3) Capa muscular externa de la aurícula constituida por paquetes de fibras musculares lisas (fml) y con orientación circular. Así mismo, se distinguen elementos del tejido conectivo laxo (tc) y algunos espacios sanguíneos (es). 1636x.
- 4) Capa muscular media constituida por paquetes de fibras es - triadas (fme). Se observan elementos de tejido conectivo -- (tc). 1636x.
- 5) Luz auricular (la) donde se observa el revestimiento endo - cárdico constituido por células aplanadas (ca) con núcleos - (nu) ovoides. 1636x.



por líneas desnas radiales de manera que se unen al sarco-  
lema. En corte longitudinal se observa que las líneas ra--  
diales corresponden a paquetes de miofilamentos contrácti-  
les distribuídos paralelamente en el eje mayor de las cé--  
lulas en forma helicoidal. El núcleo de estas células es -  
ovodide y se localiza hacia el centro del sarcoplasma. (Lá-  
mina VI,3).

La capa intermedia de paquetes musculares tam- -  
bién presenta una orientación circular pero la capa inter-  
na está orientada longitudinalmente. Estas dos capas muscu-  
lares constan de fibras con estriación transversal simple.  
(Lámina VI, 4).

#### VENTRICULO.

La pared ventricular de Octopus vulgaris está in-  
tegrada por una masa compacta de tejido miocárdico la cual  
está separada de la capa de células aplanadas que constituyen  
el epicardio, por una capa de tejido conectivo laxo (Lámi-  
na VII,2) Debajo de las células epicárdicas no fue posi--  
ble observar la lámina basal como en la aurícula. En la  
capa de tejido conectivo laxo se observaron abundantes fi-  
bras de tejido conjuntivo y células conectivas esparcidas-  
entre las fibras. El miocardio consistía de numerosas ca--  
pas de células musculares dispuestas alternativamente en -

sentido longitudinal y circular. Se observaron numerosos - espacios sanguíneos de diferente diámetro distribuídos entre las capas de músculo así como entre las mismas fibras-musculares. Los espacios sanguíneos revestidos por una capa de células aplanadas se encontraron principalmente en el límite de la capa de tejido conjuntivo laxo y el miocardio (Lámina VII, 3).

Las fibras del miocardio ventricular son células con grandes núcleos centrales de forma ovoide los cuales contienen gránulos de cromatina dispersos. Rodeando los núcleos se observan finas granulaciones distribuídas - regularmente a lo largo de las fibras, así como una corteza más o menos compacta de miofilamentos contráctiles a todo lo largo de las células. Se pueden distinguir bandas oscuras y claras y en éstas últimas se observan estructuras-similares a las líneas Z (Lámina VII, 5).

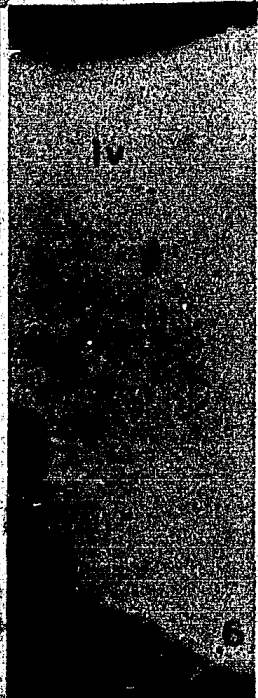
Entre las fibras musculares orientadas paralelamente se encuentran fibras conectivas y células del tejido conectivo así como algunas fibras más gruesas atravesando sobre las fibras musculares describiendo trayectorias ondulantes (Lámina VII, 4) y parecidas a fibras nerviosas.

Hacia la luz ventricular se localizó un revesti-

miento bien constituido de células endocárdicas planas, con núcleos ovoide que bordean el límite interno de la pared (Lámina-VII, 6).

LAMINA VII= Ventrículo cardíaco de Octopus vulgaris

- 1) Imágen panorámica del ventrículo cardíaco de Octopus vulgaris. Se observan sus elementos constituyentes: epicardio (e), miocardio (m) y capa endotelial (en). 16.36x
- 2) Por debajo del epicardio (e) se observa una capa de tejido-conectivo (tc) laxo constituido por fibras y células conectivas (cc). Se distingue también la capa muscular del ventrículo. 1636x.
- 3) Paquetes musculares (fm) del ventrículo en sentido longitudinal y transversal. En la parte superior se distingue un espacio sanguíneo (es) con su revestimiento endotelial (en). 1636x.
- 4) Fibras musculares (fm) estriadas paralelas que describen -- una trayectoria ondulatoria. Entre ellas se distinguen elementos del tejido conectivo (tc). 1636x.
- 5) En esta fibra muscular se aprecia claramente la estriación. Así mismo, es posible observar bandas claras ( $\wedge$ ), bandas-oscursas ( $\uparrow$ ), una línea Z (z) y la sarcómera correspondiente (s). 1636x.
- 6) Luz ventricular (lv) con la que limita un revestimiento endocárdico, formado por células aplanadas (ca). 1636x.





## 5.0 DISCUSION.

Los hallazgos del presente trabajo indican que en los moluscos no existe una evolución progresiva en cuanto a la complejidad morfológica del corazón, tal como se observa en el corazón de los vertebrados (Hyman, op. cit). Sin embargo, en todos los corazones estudiados se encontraron una o dos cámaras de pared fina, la(s) aurícula(s) a coplada(s) a un compartiendo bombeador de pared gruesa, el ventrículo, los cuales se comunican mediante dispositivos valvulares. Según Hoar (op. cit.) es esta organización es característica de corazones cavitarios como los de los moluscos y vertebrados.

La presencia de válvulas en el corazón de estos grupos filogenéticamente separados, indica que tales estructuras son importantes para el adecuado funcionamiento de un órgano bombeador de fluidos circulatorios, ya que impiden el reflujo del mismo.

Es importante resaltar que las delgadas paredes de los corazones localizados en una cavidad celómica y llena de fluido estaban constituídas únicamente por una capa simple de células epicárdicas, una membrana basal continua y una finísima capa de células y tejido conjuntivo laxo donde podían encontrarse implantadas algunas fibras musculares aisladas y paquetes musculares.

El hecho de presentar paredes de grosor reducido, asociado a que la cavidad pericárdica se comunica directamente con la cavidad renal mediante un canal renopericárdico (Grassé, op. cit., Barnes op. cit. y García Cubas, op. cit.). Sugiere la posibilidad de que en esas especies las paredes cardíacas están desempeñando alguna actividad relacionada con la función excretora. Varios autores han propuesto que en el corazón de los moluscos se lleva a cabo la ultrafiltración del fluido circulatorio y se han aportado evidencias morfológicas y fisiológicas que apoyan tales ideas (Martin y Harrison, 1966).

Los corazones estudiados en el presente trabajo se encuentran constituidos histológicamente por los mismos elementos; una capa simple de células epiteliales cúbicas directamente unida a una membrana basal continua, por debajo de la cual se encuentra el tejido miocárdico integrado por fibras aisladas y paquetes musculares de diferentes grosor que cruzan la luz de las cavidades en distintas direcciones, dando el aspecto de una masa de tejido esponjoso. Rodeando a las fibras musculares casi siempre se observó una delgada capa de fibras y células de tejido conyuntivo asociadas con células aplanadas similares a las descritas por Cifuentes (1982) en el ventrículo de Crassostrea virginica, también se encontraron células amiboides de la hemolinfa adheridas a la superficie del tejido miocárdico. Es importante señalar que en cada capa de tejido. se observaron ciertas

diferencias morfológicas interespecíficas, que podrían tener relación con alguna función adicional desempeñada por el mismo órgano, como la propuesta para la ultrafiltración.

Frecuentemente se encontró que las células epicárdicas de la aurícula y del ventrículo de Aplysia dactylomena, Limax maximus, Helix aspersa y Crassostrea virginica presentaron una forma que variaba de plana a cúbica, como si se tratara de un tipo de epitelio de transición similar al de la vejiga urinaria de vertebrados (Blomm y Fwsett, 1975). Este cambio en la forma podría deberse a que en el momento de llenarse las cavidades de hemolinfa, durante la relajación cardiaca se incrementa al diámetro de las minas, mientras que en la contracción dicho diámetro disminuye. De esta forma durante la contracción tanto la capa de células epicárdicas como el tejido conjuntivo-subyacente, que debe ser más o menos elástico, asumen una disposición en pliegues permitiendo que las células puedan adoptar una forma cúbica o hasta cierto punto esférica mientras que en la relajación del órgano, las paredes se distienden junto con las células epicárdicas provocando que éstas adquieran una forma plana.

Las células epicárdicas globosas como las observadas en las delgadas aurículas de Chiton articulatus no han sido descritas en otros corazones, por lo tanto es posible que el aspecto de dichas células claras sea el resultado de artefactos pro-

vocados durante el proceso técnico del tejido. Sin embargo, debido a las características morfológicas que presenta el órgano cardiaco en estos organismos dichas células podrían ser células especiales de la aurícula con alguna función específica -- desconocida.

Las descripciones de Shipo y Schaffer (op. cit.) y de Jensen y Tnneland (Op. cit). Sobre las células epicárdicas de Sepia officinalis y Rossia macrosoma respectivamente, coinciden con las características observadas en las células epicárdicas que se encontraron en la aurícula de Octopus vulgaris. De acuerdo con los primeros autores el tipo de especializaciones citoplásmicas de tales células epicárdicas indica que además de que éstas desempeñan una función mecánica, pueden funcionar transportando sustancias a través del citoplasma en forma análoga a como lo hacen las células de las glándulas rectales en el tiburón o las células glándulares de la sal en las gaviotas.

Hawkins y colaboradores (op. cit.), observaron pequeñas microvellosidades en el epicardio de Crassostrea virginica. Ese tipo de especializaciones citoplásmicas es posible que correspondan a las pequeñas irregularidades observadas en el borde libre del epicardio del C. virginica, Aplysia dactulomela, Helix aspersa y Limax maximus.

Se ha discutido mucho sobre la morfología que poseen

las fibras miocárdicas de los moluscos y parece existir cierta confusión al respecto. Tan situación pudo haberse suscitado debido a que el tejido cardiaco de los moluscos presenta dificultades para ser adecuadamente fijado, ya que los fijadores comunmente empleados lo dañan con relativa facilidad (Nisbeth y Plummer, op. cit.). Un factor que también pudo haber contribuido a ello es el hecho de que siempre se ha tratado de establecer una morfología típica de las fibras cardiacas de los moluscos (Hill y Welsh, op. cit.).

En el presente trabajo se emplearon diferentes métodos y soluciones para la fijación de los órganos, tratando de encontrar un procedimiento adecuado para su preservación. Sin embargo, no se encontró un fijador adecuado al corazón de las distintas especies estudiadas.

Las fibras musculares de la aurícula son más delgadas que las del ventrículo, en esta última cavidad, el número de fibras y paquetes musculares es superior. Esser (op. cit.) ha hecho observaciones similares. Según Hoar (op. cit.), este arreglo es característico de los corazones cavitarios de los moluscos y vertebrados.

Por otro lado se encontró que en las fibras musculares de las aurículas, el arreglo de las miofibrillas es más consistente que el de las fibras ventriculares, esto se dedujo de la facilidad con que se podía demostrar la presencia de estria-

ciones transversales en las fibras de la aurícula.

Por otra parte se ha visto que existen ciertas diferencias relacionadas con la disposición de los elementos contráctiles en las fibras miocárdicas de los moluscos. Por ejemplo, Esser (op. cit.), Motley (op. cit.), Kelly y Hayes (op. cit.), encontraron en los corazones de Anodonta cygnea, Venus mercenaria y Elliptio complanatus respectivamente, fibras musculares lisas.

En el presente trabajo únicamente en el corazón de Octopus vulgaris se encontró un tipo especial de fibras musculares lisas con mifibrillas dispuestas en un arreglo helicoidal. Según Hansom y Lwy (1957) dicho arreglo ha sido considerado erróneamente como una "doble estriación oblicua". Así mismo, Nisbeth y Plummer (op. cit.) propusieron que las unidades contráctiles de las fibras miocárdicas estriadas de Achatina Fulica también presentan un arreglo helicoidal.

Algunos autores como Marceau (op. cit.), Plenk (op. cit.), y Takatsuki (op. cit.) han demostrado la presencia de fibras musculares con estriaciones transversales simples en el co

razón de diferentes moluscos, las cuales están integradas únicamente por bandas oscuras y claras alternas, como las encontradas en los corazones de Chiton articulatus, Aplysia dactylomela, Crassostrea virginica y Helix aspersa.

Fibras con estriaciones transversales aún más marcadas formadas por Bandas Z, A e I, perfectamente visibles, se encontraron en el ventrículo de Limax maximus y de Octopus vulgaris al igual que en Archachatina marginata (Nisbeth y Plummer, 1969), en Sepia Officinalis (Schipp y Schaffer, op. cit.), en Rossia macrosoma (Jensen y Tjønneland, op. cit.) y en un bivalvo estudiado por Sanger (op. cit.).

Las fibras musculares encontradas en los diferentes corazones siempre presentaban dos regiones sarcoplásmicas con abundantes granulaciones que posiblemente correspondían a sarcosomas, una delgada zona periférica localizada entre el sarcolema y los paquetes de miofibrillas y una columna masiva central-distribuída entre las miofibrillas.

En Archachatina marginata (Nisbeth y Plummer, op. cit.) encontraron regiones sarcoplásmicas igualmente distribuídas y con las mismas características.

Células granulosas distribuídas entre las fibras musculares iguales a las células de las aurículas de Crassostrea virginica se observaron en la aurícula de Ostra edulis (Takatsuki, op. cit.) De acuerdo con este autor son células amiboides -

que desempeñan una función secretora. Rudell y Wellings (1971), las han estudiado en C. gigas y las describen como células de tejido conjuntivo con función incierta, pero dadas sus características morfológicas ultraestructurales, las involucran en el procesamiento de fluidos.

También se encontraron entre las fibras musculares de la aurícula de Helix aspersa. Según Volkmer Ribeiro (op. cit.) en Helix aspersa y Strophocheilus oblongus, están distribuidas en el corazón, manto y ganglio subesofágico y según sus estudios histoquímicos, los gránulos de tales células son enterocromafines por lo cual sugiere que dichas celas, son glandulares con función hormonal.

La mayoría de los autores que han trabajado corazones de moluscos, niegan la existencia del endocardio (Marceau, op. cit., Takatsuki, op. cit., Krigsman y Divaris, op. cit. Hawkins y colaboradores op. cit. y Sanger op. cit.). Del mismo modo, -- Motley (op. cit.) ha señalado que tal situación permite el acceso directo de la hemolinfa a todas las fibras ocasionando que el corazón sea fácilmente afectado por las sustancias disueltas en el fluido circulatorio.

En contraste con lo establecido por los autores antes mencionados, en el presente estudio se observaron con cierta -- frecuencia, células aplanadas como las descritas por Cifuentes (op. cit.), en el ventrículo cardíaco de Crassostrea virginica --



rodeando los paquetes de fibras musculares y limitando la luz - de las cavidades correspondientes en forma de un revestimiento endocárdico. Es posible que la falta de estas células en algunas superficies del tejido miocárdico pueda deberse a problemas técnicos de fijación. Sin embargo, para poder afirmar la existencia de una capa endocárdica continua, sería necesario realizar estudios más detallados de esta zona del corazón de los moluscos.

Es importante hacer notar, que el órgano cardíaco de los diferentes moluscos estudiados que presenta mayor grado de similitud con el corazón de los vertebrados fué el corazón de Octopus vulgaris, incluido dentro de la clase de los cefalópodos. Esto se deduce de que en ambos se presenta la estructura compacta de sus gruesas paredes musculares, además de que las fibras miocárdicas que los componen son fibras con estriaciones altamente diferenciadas y también por presentar un revestimiento continuo perfectamente demostrable de células endocárdicas aplanadas. Según Clarck (op. cit.) los cefalópodos tienen corazones tan complejos y eficientes como los peces y anfibios. Este hecho posiblemente se debe al cierto grado de convergencia evolutiva que se ha desarrollado en el tipo de aparato circulatorio de moluscos y vertebrados, fenómeno que también es posible observar a diferentes niveles de organización entre el corazón de ambos grupos filogenéticos.

## 6.0 CONCLUSIONES

-El corazón de los moluscos es un órgano cavitario -- constituido por dos tipos de cámaras, una de pequeñas dimensiones y paredes delgadas, la aurícula, y la otra de mayores proporciones con gruesas paredes musculares, el ventrículo.

-Histológicamente el corazón consta de epicardio, miocardio y posiblemente endocardio.

-La morfología de las células epicárdicas pueden cambiar de acuerdo con el estado de actividad en el que se encuentra el órgano.

-Existen diferencias morfológicas entre las células epicárdicas de las especies estudiadas.

-El tipo de fibras musculares y el grado de estriación de las mismas puede variar en las distintas clase de moluscos y por lo tanto no es posible establecer el tipo característico.

-En el corazón de Octopus vulgaris se encontró el máximo grado de diferenciación orgánica ya que sus gruesas paredes están constituidas por epicardio, miocardio y endocardio.- También sus fibras musculares muestran un alto grado de diferenciación pues son fibras musculares con estriaciones perfectamente diferenciadas con bandas Z, I, y A. En conjunto su organización morfológica es muy parecida a la que presenta el corazón -

de los vertebrados.

-El tejido cardíaco presenta dificultades para ser --  
adecuadamente fijado ya que no se encontró un fijador que propor--  
cione buenos resultados en los diferentes corazones estudiados.

-En general las fibras auriculares son menos altera -  
das por los diferentes fijadores que las ventriculares.

- Los fijadores que proporcionaron mejores resultados  
fueron el Susa y el Karnovsky.

## 7.0 BIBLIOGRAFIA

- Alexandrowicz, J.S. 1960. Innervation of the hearts of - Sepia officinalis. Acta Zool. 41, 65-100.
- Andrews, E. y Little, C., 1971. Ultrafiltration in gas--  
trod heart. Nature 234, 411-412
- Argaud, R. y A. Mougeot. 1935. Jadis considéré comme pré  
paration purement musculaire, le ventricule isolé de l'  
escargot représenté en réalité un myoneurone. Arch. Mal -  
Coeur, 28, 226.
- Baecker, R. 1932. Die Mikromorphologie von Helix pomatia-  
und einigen anderen Stylommatophoren. Z. ges. anat. Erge-  
bn, Anat. EntwGesch. 29, 449.
- Barnes, R. 1974. Zoología de los Invertebrados. Ed. Inte-  
ramerica. 3a. Ed. México. 307-419.
- Beklemishev, N.W. 1969. Priciples of Comparative Anatomy-  
of Invertebrates. II. Univ. Chicago Press. 529 p.p.
- Bertetti, C. 1956. Contributo a la conoscenza del sistema  
vascolare nei cefalopodi. Rend. accad. nazl. XL (4) 6-7,3  
-60.
- Beyne, J. 1905. Recherches sur l'origine musculaire ou --  
nerveuse de quelques réactions du coeur aux variations de  
temperature. J. Physiol. Pat. gén. 7. 973.
- Boer, H.H. et al. 1973. Ultrastructure of possible sites  
of ultrafiltration in some gastropoda, with particular -  
referente to the auricle of the fresh-water prosobranch -  
Viviparus viviparus. L.Z. Zellforsch Mikrosk. Anat. 143, -  
329-341.
- Brunet, R. y A. Jullien. 1936. De l'architecture du coeur  
chez l'huitre portugaise Gryphaea angulata Lmk et le Mu-  
rex trunculus L. Bull. Soc. Zool. Tr. 59, 302-307.
- Brunet, R. y A. Jullien. 1937. De l'architecture comparée  
du coeur chez quelques mollusques gastéropodes et lame--  
llibranches. Arch. zool. exptl. et gén. 78, 375-409

Carlson, A.J. The rythm produced in the resting heart of mollusks by the stimulation of the cardio-accelerator nerves. Amer. J. Physiol. 12, 55.

Cate, J. 1929. Beitrage zur Physiologie des Muschelherzens. Z. Vergl. Physiol. 10, 309.

Cifuentes, M.C. 1982. Ultraestructura del ventrículo cardíaco del bivalvo *C. virginica*. Gmelin, 1971. Tesis Profesional. Facultad Ciencias UNAM. México.

Clarck, A.J. 1927. Comparative Physiology of the Heart. - Cambridge University Press. Londres.

D odson, E.O. 1963. Evolución Proceso y Resultado. Ediciones Omega, s.a. Barcelona.

D ogiel, J. 1887. Die Muskeln und Nerven des Herzens bei einigen Mollusken. Arch. mikr. Anat. 14, 59.

Dogiel, J. 1894. Beitrag zur vergleichenden Anatomie und-Physiologie der Herzens. Arch. mikr. Anat. 43, 223.

Dyckens, J.A. y C.P. Magnum. 1979. The design of cardiac-muscle and the mode of metabolism in molluscs. Comp. Biochem. Physiol. 62 A, 549-554.

Esser, W. 1934. Recherches sur la structure des fibres musculaires cardiaques et sur l'innervation intrinseque du coeur de l'Anodonte. Arch. biol. Paris 45, 377-390.

Foster, M. 1872. Über einen besonderen Fall von Hemmungswirkung. Pflüg Arch. ges. Physiol. 5, 191.

Foster, M. y A.G. Dew-Smith. 1877. Die muskeln und nerven des Herzens bei einigen Mollusken. Arch. mikr. Anat. 14, 317.

García-Cubas, A. 1981. Moluscos de un sistema lagunar tropical en el sur del Golfo de México. (Laguna de Téminos, Campeche). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Publicaciones especiales 5: 1-182.

Gassé, P.P. 1961. Zoologie I. Invertebrés. Masson et Cie. Editeurs. París. 406-402.

Grzimek, B. 1974. Grzimek's Animal Life Encyclopedia III. - V. Nostrand Reinhold Co. Nueva York. 457-499.

Haigler, S .A., 1964. A histochemical and cytological - - study of the brown cells found in auricular pericardial - gland and other tissues of the oyster. Tesis de Maestría. Univ. Delaware.

Haller, B. 1894. Studien uber docoglosse und rhipidoglosse prosobranchier. Leipzig. Hanson, J. y J. Lowy. 1957 Structure of smooth muscles. Nature 130: 906-909

Hawkins, W.E. et al. 1980. Ultrastructure of the heart of the oyster C. virginica Gmelin. J. Submicroscopic Cytol. 12 (3), 359-374.

Hill, R.B. y J.H. Welsh. 1966. Heart. circulation and - blood cells. In Physiology of Mollusca. Vol. II. Academic Press. Nueva York. 125-174.

Hill. W.R. 1980. Fisiología Animal Comparada. Ed. Reverté s.a. Madrid. 901 p.p.

Hoar, W.S. 1978. Fisiología General y Comparada. Ediciones Omega, s.a. Barcelona. 855 p.p.

Hofstetler, R.P., 1959. The Texas Oyster Fishery Bull. Tex. Game and Fish. Commission 40:, 39. U.S.A.

Hyman. L.H. 1942. The Invertebrates. Vol. I. Mc. Graw Hill, New York.

Hyman, L.H. 1967. The Invertebrates. Vol. 6. Mc. Graw Hill, New York.

Jensen, H. y A. Tjonneland. 1977. Ultrastructure of the - heart muscle cells of the cuttle fish Rossia macrosoma - - (Delle Chiaje) (Mollusca Cephalopoda). Cell. Tiss. Res. - - 185, 159-173.

Johansen, K y A. Martin. 1965. Comparative Aspects of Cardiovascular Function in Vertebrates. Handbook of Physiology. (Am. Physiol. Soc.) Sect, 2,3 2583-2614.

Kelly, R.F. y R.L. Hayes. 1967. The ultrastructure of - - smooth cardiac muscle in the clam Venus mercenaria. J. -- morphol. 127, 163-176.

Kirpichenekova, E.S. 1955. Ringlike elements in the muscle fibres of the heart of Anodonta. Doklady Akad. Nauk.-104, 919-921.

Krijgsman, B.J. y G.A. Divaris. 1955. Mechanisms of the heart of mollusks. Contractile and Pacemaker. Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 30: 1-39.

Lemche H. y K.G. Wingstrand. 1959. The Anatomy of Neopili na galathea Lemche (1957). Galathea Rept. 3, 9-71, 56 pl.

Marceau, M.F. 1904. Histology of Molluscan Hearts. Acad.-Sci. Pa rís. 138, 1177-1178.

Marceau, F. 1905. Recherches sur la structure du coeur - - chez les mollusques. Arch. Abat. Microscop. 7, 495-588.

Martin. A.W.yK. Johansen, 1965. Adaptation de the circulation in invertebrate animals. Handbook of Physiology. (Am. Physiol. Soc.) Sect, 2, 3=2545 2581.

Meglitsch. P.A. 1972 Invertebrate Zoology. 2nd. Ed. Oxford. P. New Yprk. 834 p.p.

Morin, G. y A. Jullien 1930. Sur la structure du coeur - - chez Murex trunculus. C.R. Soc. Biol. París 103, 263.

Morin, G. y A. Jullien. 1932. Recherches sur l'automatisme du coeur isolé de Murex trunculus Arch. int. Physiol. 35, 143.

Motley, H.L. 1933. Histology of the fresh-water mussel - - heart with reference to its physiological reactions. J. mor phol. 54, 415-427.

Myra-Keen, A. 1971. Sea shells of Tropical West America. - - Stanford University Press. 2a. Ed. California.

Nalepa. A. 1883. Beitrage sur anatomie der Stylomatophoren. S.B. Akad. Wiss. Wien., Math. naturw. Kl., 87, 237.

- Nisbeth, R.H. y J.M. Plummer. 1966. Further studies on - the fine structure of the heart of Achatinidae. Proc. - Malacol. Soc. London. 37, 199-208.
- North, R.J. 1963. The fine structure of the myofibers in heart of the snail Helix aspersa. J. trastruct. Res. 8, - 206-216.
- Plenk, H. 1923. Die Muskelfasern der Scheneken. Zuglen ei ne kritische Studie die sogenannte Scharagstreifung. Z. --- wiss. Zool. 122.
- Plenk H. 1925. Zum Bau der Muskelfasern von Anodonta. Z. wiss. Zool. 124.
- Pompilian, M. 1900. Cellules nerveuses du coeur de l'es-- cargot. C.R. Soc. Biol., Paris, 52, 185.
- Prosser, C.L. 1968. Comparative Animal Physiology. Ed. - Saunders. Philadelphia. 688 p.p.
- Purchon, R.D. 1968. The Biology of the Mollusca. Pergamon Press. Chicago, 529 p.p.
- Ransom, W.B. 1883. On the cardiac rythm of invertebrata. J. Physiol. (London) 5, 261-341.
- Raven, P. 1958. Morphogenesis the analysis of molluscan - development II. Pergamon Press. London.
- Raven, P.C. 1975. Development. In Pulmonates (Fretter, J. y J. Peake eds.). Academic Press. Nueva York. 417 p.p.
- Remane, A. et al. 1980. Zoología Sistemática. Ed. Omega.- Barcelona. 121-169.
- Rudell, C.L. y S.R. Wellings. 1971. The oyster brown cell a cell with a fenestrated membrane. Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat. 120, 17-28.
- Rioja, E. et al. 1972 Tratado Elemental de Zoología. - - ECLALSA, 9a. Ed. México. 401-420.
- Sanger, J.W. 1979. Cardiac fine structure in selected arthropods and molluscs. A. Zool. 12, 9-27.



Schipp, R. y A. Schaffer. 1969. Vergleichende elektronenmikroskopische untersuchungen an den zentralen Herzorganen von Cephalopoden (Sepia officinalis). Die Feinstruktur der Herzens. Z. Zellforsch. 98, 576-593.

Simpson, G.G. 1951. The Meaning of Evolution. Yale Univ. Press. 319 pp.

Spillman, J. 1905. Zur anatomie und histologie des herzens und der Hauptarterien der diotocardier. Jena Z.naturw. 40, 537.

Takatsuki, S. 1934. On the nature and function of the amoebocytes of Ostrea edulis. Quart. J. Microscop. Sci. 73, 379-432.

- Villé C. 1974. Biología. Ed. Interamericana. México.

Volkmer-Ribeiro, C. 1970. Enterocromaffin properties of granular cells in the heart of the snails Helix aspersa y Strophocheilus oblongus. Comp. Bioche. Physiol. 37: - 481-492.

Warren A. 1959. Textbook of Comparative Histology. University Press. New York. 323 p.p.

Weiz, P. 1971. La Ciencia de la Zoología. Ed. Omega. Barcelona. 933 p.p.

Wells, J.M. 1978. Octopus. Ed. Chapman y Hall. Londres.- 417 p.p.

Wiggers, C.J. 1967. El Corazón. In Vertebrados Estructura y Función. Selecciones de Scientific American. H. Blume. Madrid. 103-120. American H. Blume. Madrid.

Wilbur, K.M. y C.M. Yonge (eds.) 1966. Physiology of Mollusca. Vol. II. Academic Press. New York. 645 p.p.

Zunkov, A.A. 1934. Studies on the comparative physiology of the heart. The pacemaker of the heart Helix pomatia. Probl. Comp. Physiol. P. 47.