



15  
24

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

---

---

Facultad de Ciencias  
Departamento de Biología

ESTUDIO ANATOMICO DEL SISTEMA VALVULAR  
AURICULO-VENTRICULAR EN LA TORTUGA MARINA  
*Lepidochelys olivacea* (Familia Cheloniidae) y  
*Dermochelys coriacea* (Familia Dermochelyidae)

T E S I S  
Que para obtener el Titulo de  
B I O L O G O  
p r e s e n t a

ANA REBECA BARRAGAN ROCHA

MEXICO, D. F.  
ENERO, 1992.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E .

RESUMEN -----	1
1. INTRODUCCION -----	4
1.1 Ubicación Taxonómica de las Tortugas Marinas -----	6
2. ANTECEDENTES -----	7
3. HIPOTESIS -----	11
4. OBJETIVOS -----	12
5. MATERIAL -----	
5.1 Cristalería -----	13
5.2 Instrumental Quirúrgico -----	14
5.3 Reactivos -----	14
5.4 Materiales Varios -----	16
6. METODO -----	
6.1 Estudio de Anatomía Macro y Microscópica -----	17
6.2 Disección de la Tortuga -----	17
6.3 Disección de los Corazones -----	18
6.4 Anatomía Microscópica -----	19
6.5 Estudios Histológicos de Corazones de Crías -----	20
7. RESULTADOS -----	
7.1 Anatomía Macro y Microscópica -----	21
7.1.1 Morfología Externa -----	21
7.1.2 Morfología Interna -----	22
7.2 Estudio Histológico -----	26
8. DISCUSION -----	30
9. CONCLUSIONES -----	36
FIGURAS -----	38
APENDICE -----	68
A. TECNICAS -----	
A.1 Técnica para preparar Muestras para Microscopía Electrónica de Barrido -----	68
A.2 Técnica para preparar Albúmina de Mayer -----	68
A.3 Técnica para preparar Cajas para Microdisecciones -----	69
A.4 Procesamiento para Inclusión en Parafina -----	69
A.5 Técnica Fotográfica para Corazones Adultos -----	70
A.6 Técnica Fotográfica para Corazones de Crías Recién Eclosionadas -----	71
A.7 Técnica Fotográfica para Cortes Histológicos ---	71
A.8 Técnica Fotográfica para Microscopía Electrónica de Barrido -----	72
A.9 Método Tricrómico de Masson -----	73
BIBLIOGRAFIA -----	74

**RESUMEN**

Con el objeto de estudiar la anatomía macroscópica y microscópica del sistema valvular aurículo-ventricular (A-V) en dos especies de tortugas marinas, *Lepidochelys olivacea* y *Dermochelys coriacea*, se utilizaron 14 corazones de crías recién nacidas de *L. olivacea*, 8 de crías recién nacidas de *D. coriacea* y 1 corazón de *L. olivacea* adulta, para observar las características externas del corazón, las distintas cavidades cardíacas, el sistema valvular A-V y las sigmoideas arteriales; así como los grandes vasos que emergen del corazón. Asimismo, se realizaron cortes histológicos seriados frontales, transversales y sagitales que se tiñeron con la Técnica Tricrómica de Masson.

Se observó que todos los especímenes presentaron tres grandes vasos emergiendo del corazón, Aorta derecha, Aorta izquierda y Arteria pulmonar; tabique interauricular intacto, la aurícula derecha de mayor tamaño que la izquierda, un anillo A-V único con dos orificios, uno derecho y otro izquierdo, cada uno de los cuales presentaba una valva septal con tres inserciones: una basal anterior, una basal posterior y una inserción septal; en ningún caso se presentaron cuerdas tendinosas ni músculos papilares.

El ventrículo fue dividido en tres porciones: porción de entrada, porción trabeculada y porción de salida por el lado derecho; y en dos porciones, de entrada y trabeculada

por el lado izquierdo, no encontrándose aquí porción de salida. Las porciones trabeculadas derecha e izquierda se continuaban sin línea de demarcación no existiendo septum entre ambas, constituyendo una cavidad común (cámara principal). La porción de salida del lado derecho estaba constituida por el piso sigmoideo de la aorta derecha, y el foramen intercameral (FIC) que comunicaba la cámara principal con una cámara accesoria de la cual emergen la aorta izquierda y la arteria pulmonar. Por delante del FIC y por debajo del piso sigmoideo de la aorta derecha destacaba una trabécula horizontal de gran tamaño que dividía parcialmente la porción trabeculada en su parte inferior.

El estudio histológico mostró que el septum interauricular es intacto en toda su extensión, constituido por una capa muscular cubierta de endocardio. El anillo A-V está constituido por una capa externa de fibras musculares estriadas y una capa interna de tejido conectivo recubierto de endotelio; las valvas septales están constituidas por tejido conjuntivo laxo, y a nivel de su inserción en la pared ventricular anterior y posterior no mostraron fibras musculares. El ventrículo está constituido por músculo cardíaco altamente trabeculado, no existiendo ninguna porción de tejido muscular o fibroso que dividiera la cámara principal.

No se observaron diferencias entre las dos especies estudiadas, tanto en morfología externa como en estructura interna e histología del corazón.

Con base en las observaciones anatómicas y a los valores de  $PO_2$  para cada una de las grandes arterias obtenidos en la literatura, se propone un modelo de flujos preferenciales intracardíacos que explica las diferencias en el contenido de  $O_2$  en la sangre de los grandes vasos. Se presume que este modelo funciona para ambas especies.

Se concluye que no existen diferencias anatómicas entre tortugas marinas y dulceacuícolas por la comparación con lo reportado en la literatura, y se propone que las diferencias descritas en algunas publicaciones son debidas a una diferente interpretación de las estructuras observadas y a la carencia de estudios más detallados de la anatomía cardíaca en tortugas dulceacuícolas. Se sugiere la realización de estudios integrales en tortugas dulceacuícolas y marinas, que incluyan observaciones ecocardiográficas y estudios hemodinámicos.

## 1. INTRODUCCION.

Las tortugas marinas son reptiles pertenecientes al Orden Testudines, caracterizado por la presencia de un caparazón óseo recubierto de tejido córneo, que protege el dorso y el vientre, y la disposición anápsida del cráneo (ausencia de orificios temporales) (1). En respuesta a una adaptación al medio marino, poseen miembros modificados en aletas, y son capaces de alcanzar gran tamaño en comparación con otros quelonios. Su cuello es corto y parcialmente retráctil en un caparazón reducido y de forma hidrodinámica. La mayoría posee escudos epidermales a excepción de *Dermochelys* (2). Los miembros de este grupo se encuentran circunscritos a zonas tropicales, pudiendo encontrarse en zonas templadas durante el verano (3).

Las tortugas marinas se distribuyen taxonómicamente en dos familias, la Familia Cheloniidae y la Dermochelyidae.

- Fam. Cheloniidae Gray, 1825.- Se caracteriza por poseer un caparazón de forma acorazonada, con fontanelas laterales de gran tamaño (2). El plastron es reducido y unido por medio de ligamentos al caparazón. Este siempre presenta escudos córneos en todos los miembros del grupo, y pueden presentar una o dos uñas según la especie. Esta familia incluye 4 géneros: *Lepidochelys*, *Eretmochelys*, *Chelonia*, y *Caretta*.

Estos organismos presentan una distribución pantropical y subtropical exclusivamente (3).

- Fam. Dermochelyidae Fitzinger, 1843.- Esta familia solamente incluye una especie viviente: *Dermochelys coriacea*. Estos organismos también poseen miembros modificados en aletas, sin embargo carecen completamente de uñas y escamas. El caparazón está hecho de numerosas placas óseas poligonales, y está cubierto por una piel coriácea completamente lisa. Presentan siete quillas en el caparazón y no poseen escudos córneos. Las costillas y vértebras, a diferencia de otras tortugas, no están unidas al caparazón. El plastron posee cinco quillas (2).

*Dermochelys coriacea*, conocida comúnmente como tortuga laúd, es la tortuga marina más ampliamente distribuida del mundo, pudiendo encontrarse tanto en zonas tropicales como en aguas templadas y frías cercanas a la Península del Labrador (3).



1.1 UBICACION TAXONOMICA DE LAS TORTUGAS MARINAS (2)

CLASE REPTILIA

SUBCLASE ANAPSIDA

ORDEN TESTUDINES

SUBORDEN CRYPTODIRA

SUPERFAMILIA CHELONIOIDEA

FAM. CHELONIIDAE

*Caretta* sp.

*Chelonia* sp.

*Eretmochelys* sp.

*Lepidochelys* sp.

FAM. DERMOCHELYIDAE

*Dermochelys* sp.

## 2. ANTECEDENTES.

La información que existe sobre las características anatómicas del corazón de las tortugas (Orden Testudines) es incompleta y en ocasiones contradictoria.

Respecto a las aurículas, Foxon (4) menciona:

"Un septo interauricular divide las aurículas en cámara derecha e izquierda, que reciben los torrentes sistémico y pulmonar."

Burggren (5), afirma que:

"Las aurículas retienen la condición de los anfibios anuros, siendo completamente separadas por una pared atrial medial común."

Asimismo, Ashley (6) refiere:

"La aurícula derecha recibe la sangre venosa del seno venoso y la vacía dentro del ventrículo por medio de una valva aurículo-ventricular derecha. La aurícula izquierda recibe la sangre arterial de las venas pulmonares de cada pulmón, y la vacía en el ventrículo por medio de una valva aurículo-ventricular (A-V) izquierda."

En relación a la anatomía ventricular, Burggren (5) refiere:

"El ventrículo es complejamente dividido interiormente en tres 'cava' más o menos distintos. El cavum arterioso está situado en una posición anterolateral cerca de la base del corazón. Este cavum recibe todo el flujo de sangre oxigenada de la aurícula izquierda. El cavum arterioso no tiene salida arterial directa, sin embargo, dirige toda la sangre dentro de un cavum cardíaco más grande, el cavum venoso. Este también recibe toda la sangre desoxigenada de la aurícula derecha. Durante la diástole y sístole atrial, alguna proporción de sangre del cavum venoso pasa a través de un anillo muscular dentro de un tercer cavum cardíaco, el cavum pulmonar. Este cavum pulmonar no recibe el flujo atrial directo, dependiendo enteramente de la sangre proveniente del cavum venoso para llenarse."

Holmes (7) menciona:

"En la mayoría de los textos se acostumbra mencionar que el corazón de los reptiles no cocodrilianos tiene un septum interventricular incompleto dividiendo la luz en lado derecho e izquierdo. Sin embargo, los hechos indican que el septum mayor divide la luz más cercanamente en compartimentos dorsal y ventral más que derecho e izquierdo."

Más aún, hay dos septa incompletos que son importantes desde el punto de vista funcional y subdividen la luz en tres cámaras."

White (8), de acuerdo con Mathur (9) afirma:

"(Mathur) reconoce dos subdivisiones ventriculares mayores: 1) La cavidad dorsal en la cual los orificios A-V se vacían y de la cual los arcos aórticos derecho e izquierdo emergen, siendo denominada cavum dorsal.

2) La cavidad ventral, delimitada por un anillo muscular a la derecha y de la cual se deriva la arteria pulmonar, ha sido denominada cavum ventral.

El cavum dorsal es posteriormente subdividido en cavum arterioso a la izquierda, en el cual se vacía el atrio izquierdo, y en el cavum venoso dorsolateral derecho, en el cual se vacía la aurícula derecha, y del cual se originan ambos arcos aórticos derecho e izquierdo. El cavum ventral puede ser sinonimizado con cavum pulmonar. White (10) reconoció la conexión entre el cavum venoso y el cavum arterioso como el canal interventricular. Este está delimitado anteriormente cerca de la base de los ventrículos por el origen membranoso de la monovalva derecha e izquierda de las válvulas A-V."

Crawford (11) menciona que:

"Ambos arcos aórticos derecho e izquierdo se originan del cavum venoso y conducen la sangre de la cavidad a la circulación sistémica del cuerpo. La circulación pulmonar se origina en el cavum pulmonar del cual se origina el tronco pulmonar, que transporta sangre a los pulmones por medio de las arterias pulmonares."

Con respecto a las tortugas marinas (Familias Cheloniidae y Dermochelyidae) en particular, no hemos encontrado en la literatura ningún trabajo referente a la morfología intracardiaca. Sin embargo, Greer (12), refiriéndose a la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), describe un sistema arterio-venoso de contracorriente para evitar la pérdida de calor, característica anatómica que no existe en ningún otro tipo de reptil y que hace a esta especie más similar a los homeotermos (aves y mamíferos) en su biología termal. Frair (13) también menciona este mecanismo de contracorriente y discute su importancia como adaptación que permite a la tortuga encontrarse en aguas templadas y frías. Eckert (14), refiriéndose también a *D. coriacea*, hace mención a las diferencias morfológicas y fisiológicas de esta especie con otras tortugas marinas; conclusiones similares son mencionadas por Rhodin (15). Estos hallazgos hacen a la tortuga laúd, única representante

viviente de la Familia Dermochelyidae, de particular interés para estudios anatómicos más detallados.

### 3. HIPOTESIS.

Los estudios de anatomía en la tortuga laúd *D. coriacea* (12) en lo que respecta al sistema circulatorio periférico, demuestran que existen diferencias anatómicas entre esta especie y otras especies de tortugas marinas, así como en otras características relacionadas con adaptaciones al medio marino (13, 14, 15). Esto nos hace suponer que pueden existir diferencias anatómicas a nivel del sistema valvular aurículo-ventricular entre esta especie (*D. coriacea*) y la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Fam. Cheloniidae), como también con las características anatómicas de este sistema en las tortugas dulceacuícolas reportadas en la literatura.

#### 4. OBJETIVOS

Estudiar la anatomía macroscópica y microscópica del sistema valvular A-V en dos especies de tortugas marinas, *Lepidochelys olivacea* y *Dermodochelys coriacea*, y establecer si existen diferencias anatómicas entre ambas; así como correlacionar nuestros hallazgos con los reportados en la literatura respecto al sistema valvular A-V en las tortugas dulceacuícolas.

## 5. MATERIAL.

### 5.1 CRISTALERIA.

- Cajas de Petri con diámetro de 5 cm Pyrex
- Cajas de Petri con diámetro de 15 cm Pyrex
- Pipetas Pasteur
- Pipetas graduadas de 0.1, 1.0, 5.0, y 10.0 ml Pyrex
- Matraces Erlenmayer de 250 ml Pyrex
- Probetas de 100 ml Pyrex
- Probetas de 1000 ml Pyrex
- Frascos transparentes de vidrio con tapón esmerilado de 1000 ml para alcoholes graduales
- Frascos transparentes de vidrio con tapón esmerilado de 250 ml para fijadores
- Frascos ámbar de vidrio con tapón esmerilado de 250 ml para colorantes
- Cajas de Tinción Coplin para 10 laminillas
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Vasos de Precipitado de 250, 500 y 1000 ml Pyrex



## 5.2 INSTRUMENTAL QUIRURGICO.

- Pinzas de punta recta sin dientes para estrabismo
- Pinzas de punta recta de relojero del No. 5
- Pinzas curvas para iris de 1.0 mm sin dientes
- Tijeras rectas para enucleación
- Agujas de disección de acero inoxidable
- Hojas de bisturí
- Tijeras rectas de Vannas
- Tijeras curvas de disección
- Tijeras curvas para iris

## 5.3 REACTIVOS.

- Acido Acético Glacial
- Acido Clorhídrico (HCl)
- Acido Fosfomolibdico
- Acido Fosfotungstico
- Acido Picrico
- Aceite de Cedro
- Agua destilada
- Albúmina de huevo
- Alcoholes graduales

- Azul de Anilina
- Bálsamo de Canadá
- Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) líquido
- Cacodilato de Sodio
- Cloruro Férrico
- Carbón activado
- Cátodo de oro
- Escarlata de Briebrich
- Fijador rápido Kodak
- Formol al 10%
- Fucsina ácida
- Glicerina pura
- Glutaraldehído al 25%
- Hematoxilina
- Parafina Histológica con punto de fusión de 58-60°C
- Revelador Kodak Dektol
- Revelador Kodak Ektaflo tipo I
- Revelador Kodak Microdol X
- Revelador Kodak HC-110
- Revelador Kodalith

**5.4 MATERIALES VARIOS.**

- Algodón
- Gasa
- Papel Filtro
- Película Kodak Plus X Pan ASA 125
- Película Ektachrome ASA 100
- Película T-max ASA 400
- Placas de película fotográfica Kodalith
- Papel Fotográfico Kodak Kodabromide F3 M
- Papel Fotográfico Kodak Kodabromide F2 M

## 6. METODO.

### 6.1 ESTUDIO DE ANATOMIA MACRO Y MICROSCOPICA.

Se estudiaron las características externas del corazón, las distintas cavidades cardíacas, los surcos A-V, la válvula aurículo-ventricular, las sigmoideas arteriales así como los vasos que emergen del corazón. Se utilizaron 11 corazones de crías recién nacidas de *L. olivacea*, 5 de crías recién nacidas de *D. coriacea* y 1 corazón adulto de *L. olivacea* fijados en formol al 10%.

### 6.2 DISECCION DE LA TORTUGA.

La disección de las crías se realizó mediante una sección de la parte media cartilaginosa del plastron. Seguidamente se reseco el pericardio parietal para poner al descubierto el corazón y las grandes arterias (Figs. 1 y 2).

Con el objeto de extraer el corazón se seccionaron las venas sistémicas y pulmonares, los arcos aórticos derecho e izquierdo y las arterias pulmonares derecha e izquierda lo más distalmente posible, así como el gubernaculum cordis (Fig. 3).

### 6.3 DISECCION DE LOS CORAZONES.

La aurícula derecha fue abierta haciendo una incisión en la pared lateral desde el techo hacia el surco A-V derecho (Fig. 4A), con el objeto de exponer y estudiar la cavidad auricular derecha, la superficie derecha del septum interauricular y el orificio A-V derecho (Fig. 4B).

Con el mismo propósito, la aurícula izquierda fue abierta mediante una incisión similar en la pared lateral de la misma desde el techo al surco A-V izquierdo.

Posteriormente, para estudiar el anillo A-V y los orificios A-V derecho e izquierdo, se quitaron las aurículas mediante un corte transversal de la pared de las mismas paralelo al anillo A-V, así como la sección del septum interauricular al mismo nivel. Los vasos que emergen del corazón fueron seccionados a nivel de los pisos sigmoideos con el objeto de estudiar su relación con el anillo A-V (Fig. 5).

El ventrículo fue abierto por una incisión paramedial en la cara lateral izquierda desde el anillo A-V hacia el apex (Fig. 5) y otra incisión paramedial por la cara lateral derecha desde el anillo hacia el apex.

De acuerdo con Anderson y Becker (16), dividimos al ventrículo en tres regiones:

- La porción de entrada, que contiene la válvula A-V
- La porción trabeculada
- La porción de salida.

Se hizo un estudio cuidadoso de la porción de entrada ventricular, las válvulas A-V derecha e izquierda y la porción de salida ventricular.

#### 6.4 ANATOMIA MICROSCOPICA.

Se estudió la anatomía microscópica del orificio A-V derecho e izquierdo, de la porción trabeculada y de la porción de salida de los corazones de crías que se observaron en el microscopio estereoscópico Olympus modelo SZ-STU2. Dos corazones de crías de *D. coriacea* y tres corazones de crías de *L. olivacea* se procesaron con técnica de microscopía electrónica de barrido y se observaron en un microscopio electrónico de Barrido marca JEOL modelo JMS-5300.

## 6.5 ESTUDIOS HISTOLOGICOS DE CORAZONES DE CRIAS.

Con el objeto de hacer un estudio histológico de los diferentes componentes del sistema valvular A-V, de la porción trabeculada ventricular y de la porción de salida, se utilizaron tres corazones de crías de *D. coriacea* y tres corazones de crías de *L. olivacea*. Se fijaron en líquido de Bouin, se incluyeron en parafina y se realizaron cortes histológicos seriados de 6  $\mu\text{m}$  de grosor. La orientación de los cortes fue diferente en cada uno de los tres especímenes de cada especie. En unos, las secciones fueron frontales desde las aurículas al apex; en otros, sagitales desde las aurículas al apex y en los dos últimos, transversales, y por consiguiente paralelos a los orificios A-V.

Los cortes histológicos se tiñeron con la técnica Tricrómica de Masson y se observaron en un microscopio óptico Olympus modelo BH2-RFCA.

## 7. RESULTADOS.

### 7.1 ANATOMIA MACRO Y MICROSCOPICA.

#### 7.1.1 MORFOLOGIA EXTERNA.

Todos los especímenes demostraron que el corazón está constituido por dos aurículas, una derecha y otra izquierda, y un ventrículo (Figs. 1, 2 y 3). La aurícula derecha es de mayor tamaño que la aurícula izquierda (Fig. 3). Ambas aurículas se encuentran en una posición superior con respecto al ventrículo, del cual están separadas por un surco aurículo-ventricular derecho e izquierdo respectivamente (Fig. 2 y 3).

De la parte antero-superior derecha del ventrículo, emergen tres vasos, uno a la izquierda y dos a la derecha (Fig. 3). El vaso ubicado a la izquierda, la arteria pulmonar, presenta una posición ligeramente más anterior que los ubicados a la derecha (Figs 3 y 5); se dirige oblicuamente hacia arriba y a la izquierda (Fig. 3) y da origen a la rama pulmonar derecha e izquierda respectivamente.

De los dos vasos ubicados a la derecha, uno es antero-derecho y el otro postero-izquierdo (Fig. 5). El vaso ubicado en posición anterior derecha, denominado aorta sistémica o aorta izquierda (11) se dirige oblicuamente hacia arriba y a la izquierda (Fig. 3), mientras que el vaso ubicado en posición postero-izquierda (Fig. 5), la aorta derecha o tronco braquiocéfálico (11) se dirige oblicuamente



hacia arriba y a la derecha (Fig. 3). En todos los corazones estuvo presente el gubernaculum cordis (Figs. 1 y 2), que se extendía desde el septum transverso al apex. En un caso, el gubernaculum cordis no se insertaba en el apex sino en las cercanías del mismo en la pared anterior del corazón a la izquierda (Fig. 3). No se observó ninguna diferencia a nivel de morfología externa del corazón entre *Lepidochelys olivacea* y *Dermochelys coriacea* (Figs. 1 y 2).

#### 7.1.2 MORFOLOGÍA INTERNA.

Al realizar los cortes de la pared auricular, la superficie interna de la aurícula derecha mostró trabeculaciones finas, no existiendo ninguna comunicación a nivel del septum interauricular con la aurícula izquierda (Fig. 4B). En su parte inferior, se encontró el orificio A-V derecho (Figs. 5 y 6).

La superficie interna de la aurícula izquierda fue similar a la de la aurícula derecha. En su parte inferior se encontró el orificio A-V izquierdo (Figs. 5 y 6).

La aorta derecha estaba relacionada con la porción antero-derecha del anillo A-V, existiendo discontinuidad fibrosa entre este anillo y el piso sigmoideo aórtico (Figs. 5 y 6).

Mediante el corte transversal de las paredes auriculares adyacente al surco A-V en los corazones de *L. olivacea*, se encontró un anillo único aurículo-ventricular que contenía dos orificios aurículo-ventriculares, el orificio A-V derecho y el orificio A-V izquierdo (Figs. 5A y 6). El mismo corte transversal de las paredes auriculares adyacente al surco A-V en corazones de crías de *D. coriacea*, mostraron los mismos hallazgos anatómicos (Fig. 5B).

El orificio A-V derecho contenía una válvula A-V derecha que estaba constituida por una gran valva medial adyacente al septum interauricular, llamada valva septal, y una valva lateral más pequeña adyacente al anillo A-V (Figs. 5 y 6).

El orificio A-V izquierdo, al igual que el derecho, mostró una válvula A-V izquierda que estaba constituida por una gran valva septal y una valva lateral pequeña (Figs. 5 y 6).

El corte de los vasos que emergen del corazón a nivel de los pisos sigmoideos, mostró que solamente la aorta derecha estaba relacionada con el orificio A-V derecho (Fig. 5), no existiendo continuidad fibrosa aórtico-aurículo-ventricular derecha (Figs. 5 y 6).

La incisión en la cara lateral derecha desde el anillo A-V derecho hasta el apex mostró una cavidad ventricular en la cual se reconocían una porción de entrada representada

por la válvula A-V derecha, una porción trabeculada y una porción de salida relacionada con la aorta derecha, no existiendo diferencias anatómicas entre ambas especies (Fig. 7).

La válvula A-V derecha mostró una gran valva septal constituida por una porción libre y una porción basal (Figs. 7 y 8). La porción basal se insertaba en su parte posterior directamente sin cuerdas tendinosas ni músculos papilares, en la pared ventricular posterior (Figs. 7 y 8). Lo mismo aconteció con la parte anterior que se insertaba directamente en la pared ventricular anterior (Figs. 7 y 8). Su parte superior, se insertaba directamente sin cuerdas tendinosas en el septum interauricular (Figs 6, 7 y 8).

La llamada valva lateral no constituyó una verdadera valva, estando representada solamente por un reborde endocárdico (Fig. 7).

La porción trabeculada estaba constituida por múltiples trabéculas de las cuales se destacaba una trabécula horizontal de mayor tamaño que dividía parcialmente la porción trabeculada en su parte inferior (Fig. 7). En la región de porción trabeculada por delante de la trabécula horizontal, se encontró en su pared anterior un orificio (Fig. 7A), ubicado en la pared anterior de la porción trabeculada. Este orificio comunicaba dicha porción con una cámara accesoria.

Por encima de la trabécula horizontal, existía una porción de pared ventricular lisa en cuyo techo se encontraba el piso sigmoideo de la aorta derecha, constituyendo esta porción la porción de salida ventricular (Figs. 7 y 9). La válvula aórtica derecha estaba constituida por tres sigmoideas (Fig. 9).

La cámara accesoria que se comunicaba con la cámara ventricular principal por el orificio ubicado en la pared anterior de la porción trabeculada de esta cámara (foramen intercameral) (Fig. 9B), era lisa en toda su extensión. De su extremo superior derecho emergía la aorta izquierda (Fig. 9B) y de su extremo superior izquierdo emergía la arteria pulmonar (Fig. 9A), estando ambos pisos sigmoideos separados por una pequeña porción de tejido conectivo: el septum aórtico-pulmonar (Fig. 9B). La válvula aórtica izquierda estaba constituida por tres sigmoideas (Fig. 9B). La válvula pulmonar era bivalva (Fig. 5A).

Esta cámara, por carecer de porción trabeculada, no puede definirse como un ventrículo (17), constituyendo solamente una cámara de salida de la cual emergen la aorta izquierda y la arteria pulmonar.

La incisión en la cara lateral izquierda desde el anillo A-V izquierdo hasta el apex mostró la misma cavidad ventricular principal, en la cual se reconocieron una

porción de entrada, representada por la válvula A-V izquierda, y una porción trabeculada, no existiendo porción de salida (Fig. 11).

La válvula A-V izquierda, al igual que la derecha, estaba constituida por una valva septal de menor tamaño que la derecha (compare Fig. 7 con Fig. 11), constituida por una porción libre y una porción basal (Figs. 11 y 12). Dicha porción basal, al igual que en la válvula derecha, se insertaba directamente sin cuerdas tendinosas ni músculos papilares en la pared posterior ventricular, la pared ventricular anterior y el septum interauricular.

La llamada valva lateral igualmente no era una valva verdadera sino un reborde de endocardio (Fig. 12).

La porción trabeculada se continuaba sin línea de demarcación con la porción trabeculada derecha, no existiendo septum entre ambas porciones trabeculadas, constituyendo por consiguiente una cavidad común (Figs. 11 y 12).

## 7.2 ESTUDIO HISTOLOGICO.

En los estudios histológicos con Técnica de Masson, los cortes transversales mostraron que el septum interauricular era intacto en toda su extensión (Fig. 13A) y que estaba constituido por una porción media compuesta de músculo

cardíaco recubierto por una sola capa de células endoteliales (endocardio) (Fig. 13).

Los cortes histológicos transversales a nivel del anillo A-V mostraron que dicho anillo está constituido por una capa externa de fibras musculares estriadas dispuestas circularmente, y una capa interna de tejido conectivo recubierta de endotelio (Fig. 14). A nivel de los bordes derecho e izquierdo del anillo, existía un marcado engrosamiento del endocardio, constituyendo el equivalente anatómico de una valva lateral (Fig. 14). La capa interna de este engrosamiento de endocardio estaba formada por tejido conectivo laxo. La capa externa estaba constituida por tejido conectivo denso, células con núcleos redondeados con aspecto de fibroblastos, algunas fibras elásticas entremezcladas y cubierta por una sola capa de células endoteliales (Fig. 14B).

El anillo A-V estaba dividido en la parte media por el septum interauricular al que se insertaban la valva septal derecha e izquierda (Fig. 14A). Los cortes frontales a nivel del anillo A-V mostraron los mismos hallazgos (Fig. 15A).

Las valvas septales estaban constituidas por tejido conjuntivo laxo con celularidad variable siendo ésta mayor en la parte media y cubiertas por una sola capa de células endoteliales (Fig. 15).

Los cortes sagitales de las valvas septales derecha e izquierda a nivel de su inserción en la pared ventricular anterior y posterior no mostraron fibras musculares a nivel del punto de inserción (Fig. 16). Tampoco se observaron fibras musculares a nivel de la inserción de la valva septal en el septum interauricular (Fig. 15B).

Los cortes transversales del ventrículo por debajo del plano de inserción de las válvulas A-V, mostraron que éste está constituido por músculo cardíaco altamente trabeculado, no existiendo ninguna porción de tejido muscular o fibroso que dividiera la cámara principal (Fig. 17). La cámara principal se comunicaba con la cámara accesoria ubicada anteriormente y a la derecha a través del foramen intercameral (Fig. 17).

El corte transversal del ventrículo cerca del apex, por debajo del borde inferior del foramen intercameral, mostró la cámara accesoria situada por delante y a la derecha, con su superficie totalmente lisa carente de trabéculas y separada de la cámara principal muy trabeculada por una porción de tejido muscular cardíaco (Fig. 18).

No se observaron a nivel histológico diferencias entre ambas especies estudiadas (Fig. 17).

Los cortes sagitales a nivel de las valvas A-V mostraron la cavidad principal con trabéculas de tamaño variable y ausencia de septación ventricular (Fig. 19). No

se observaron diferencias entre *L. olivacea* y *D. coriacea* (Fig. 19).

El corte frontal a nivel de la cámara accesoria mostró una cavidad de superficie lisa sin trabéculas en su interior de la cual emergía en su extremo izquierdo la arteria pulmonar (Fig. 20).

El mismo corte frontal a nivel del anillo A-V mostró una cavidad ventricular principal con trabéculas dispuestas radialmente y variables en forma y tamaño (Fig. 21).



## 8. DISCUSION.

Los hallazgos anatómicos con respecto a la presencia en las tortugas marinas de una aurícula derecha que recibe sangre venosa y una aurícula izquierda que recibe sangre arterial, separadas ambas por un septum interauricular intacto concuerdan con lo mencionado en la literatura referente a las tortugas dulceacuícolas (4-6). Lo mismo acontece con lo referido para tortugas dulceacuícolas respecto a la existencia de una válvula A-V derecha que comunica la aurícula derecha con la cavidad ventricular y la presencia de una válvula A-V izquierda que comunica la aurícula izquierda con la cavidad ventricular (6), característica anatómica también observada en las tortugas marinas de las especies *Lepidochelys olivacea* y *Dermochelys coriacea*.

En relación a la anatomía ventricular, nuestras observaciones en las tortugas marinas de las especies mencionadas, muestran la presencia de una cavidad principal posterior o dorsal y una cavidad accesoria o ventral, comunicadas ambas por el foramen intercameral (Figs. 17 y 18). La cavidad principal no tabicada recibe la sangre proveniente de la aurícula derecha así como de la aurícula izquierda (Fig. 21), emergiendo de su extremo derecho la aorta derecha (Fig. 7 y 9). La cámara accesoria o ventral no está relacionada con las válvulas A-V derecha e

izquierda (Figs. 9 y 10); de su extremo súpero-derecho surge la aorta derecha, y de su extremo anterior izquierdo surge la arteria pulmonar (Fig. 9).

Estos hallazgos niegan la existencia de un cavum arterioso y un cavum venoso referida por Burggren (5) (Fig. 22), así como también la presencia de un septum interventricular incompleto dividiendo la luz ventricular en un lado derecho e izquierdo como lo han mencionado Holmes (7) y Romer (1) (Figs. 23 y 24). Holmes (7) refiere la existencia de un septum mayor, que no ha sido corroborado en ninguna de las dos especies de tortugas marinas por nosotros estudiadas, que dividiría la luz ventricular en un compartimento dorsal y otro ventral. Romer (1) realiza una generalización para los llamados "reptiles modernos típicos" (Fig. 24) en los que describe un tabique interventricular incompleto dividiendo el ventrículo en lado derecho e izquierdo, lo que no corresponde con nuestras observaciones.

White (8), de acuerdo con Mathur (9), reconoce sobre las características anatómicas de los reptiles escamosos (Orden Squamata) y los quelonios en general (Orden Testudines), una subdivisión ventricular que incluye una cavidad ventral de la que se deriva la arteria pulmonar y una cavidad dorsal relacionada con los orificios A-V. Esta subdivisión ha sido corroborada en los corazones

estudiados de *L. olivacea* y *D. coriacea* (Figs 17 y 18). La emergencia de los arcos aórticos derecho e izquierdo de la cavidad dorsal o cavidad principal (8,9) es parcialmente correcta, ya que solamente emerge de esta cavidad principal la aorta izquierda (Fig 9), mientras que la aorta derecha se origina de la cavidad ventral o accesoria (Figs. 9 y 10).

Crawford (11) incurre también en un error al mencionar el origen de ambos arcos aórticos derecho e izquierdo del cavum venoso.

No se observaron diferencias en la anatomía extracardiaca (Fig. 2) ni en la intracardiaca (Figs. 5, 7, 8, 10, 12, 17 y 19) entre las especies *D. coriacea* y *L. olivacea*, a pesar de existir diferencias anatómicas en el sistema circulatorio periférico (12, 13), la presencia de grasa subepidérmica en *D. coriacea* (14), desarrollo esquelético similar al de mamíferos también en *D. coriacea* (15), así como también diferencias en características fisiológicas específicas como adaptaciones al buceo profundo (14).

No hemos encontrado en la literatura ningún trabajo referente a las características anatómicas e histológicas del anillo A-V ni de las válvulas A-V derecha e izquierda, por lo que nuestras observaciones contribuyen a ampliar el conocimiento sobre la morfología intracardiaca de los

quelonios, en especial de las tortugas marinas *D. coriacea* y *L. olivacea*, a la vez que tiende a corregir aseveraciones erróneas acuñadas en el pasado (9, 10) y que se han venido repitiendo en las diferentes citas de la literatura (5, 7, 8, 10, 11) sin haber realizado una comprobación anatómica precisa de dichas aseveraciones.

El conocimiento detallado de la anatomía intracardiaca de las tortugas marinas, en especial tratándose de una cavidad única sin tabicación (Figs. 17, 19 y 21) que recibe sangre venosa y sangre oxigenada, plantea la necesidad de estudiar en el futuro las diferentes corrientes de flujo sanguíneo que existen en una cavidad común de la que emerge un vaso (Fig. 9) que lleva la sangre al extremo cefálico del cuerpo, y el de una cavidad accesoria de la que emergen dos grandes vasos, uno arterial y otro venoso (Figs. 9 y 10).

La medición de la presión parcial de oxígeno ( $PO_2$ ) de la vena cava anterior, la vena pulmonar izquierda, la aorta derecha, la aorta izquierda y la arteria pulmonar realizadas en *Pseudemys scripta* (18) revela que la  $PO_2$  de la vena cava anterior y la de la arteria pulmonar son similares (Fig. 25). Este hecho demuestra que la sangre proveniente de la aurícula derecha no recibe un aporte significativo de sangre oxigenada, con la cual, de no existir un flujo preferencial, se mezclaría antes de acceder a la arteria pulmonar.

La  $PO_2$  de la vena pulmonar izquierda es ligeramente superior que la de la aorta derecha, que emerge de la cavidad principal, siendo ésta a su vez superior a la de la aorta izquierda que emerge de la cavidad accesoria (Fig. 25). Estas mediciones indican que existiría un flujo preferencial para la sangre oxigenada proveniente de la vena pulmonar izquierda desde la aurícula izquierda a la aorta derecha, y que la  $PO_2$  de la aorta izquierda indica una mezcla de sangre que podría atribuirse a que la emergencia de esta arteria ocurre entre los flujos preferenciales antes citados.

Basándonos en nuestras observaciones, en el hecho de que no existen diferencias anatómicas intracardíacas entre las tortugas marinas estudiadas y lo referido en la literatura con respecto a dulceacuícolas (4-11), y en los estudios oximétricos arriba mencionados (18), pensamos que existen elementos suficientes para suponer que existirían flujos preferenciales de sangre oxigenada, sangre venosa y sangre mixta en la cavidad principal ventricular, la cavidad accesoria y en las grandes arterias del corazón de la tortuga marina. La sangre venosa proveniente de la aurícula derecha que pasa a la cavidad principal a través de la válvula A-V derecha, se dirigiría directamente a la cavidad accesoria a través del foramen intercameral, para lo cual contribuiría la característica morfológica de la

válvula A-V derecha. Esta sangre venosa accedería posteriormente a la arteria pulmonar. La sangre oxigenada que ingresa a la cavidad principal a través de la válvula A-V izquierda se dirigiría directamente a la aorta derecha, interviniendo probablemente en la dirección del flujo la presencia de la trabécula horizontal (Figs. 7, 26B y 27). La sangre que emerge de la aorta izquierda sería sangre mezclada debido a que el piso sigmoideo de dicha arteria se encuentra entre el flujo de la sangre venosa hacia la arteria pulmonar y de la sangre oxigenada hacia la aorta derecha (Figs. 26C y 27). El flujo de sangre oxigenada a través de la aorta derecha garantiza el suministro de  $O_2$  al músculo cardíaco a través de las arterias coronarias que emergen de este vaso (Fig. 5A), así como al cerebro y resto de la cabeza (6, 11).

Estas observaciones anatómicas y la evidencia significativa de flujos preferenciales que existirían en la cavidad principal y en las arterias que emergen del corazón de las tortugas marinas, ameritan en el futuro el estudio cuidadoso hemodinámico y funcional del sistema circulatorio de las tortugas marinas, en especial en los períodos de respiración, como así también en los períodos de apnea en los cuales, como se ha referido en la literatura (18), el flujo sanguíneo pulmonar cae drásticamente. Esto sin duda contribuirá al mejor entendimiento de la morfología y

fisiología de los quelonios, en especial de las tortugas marinas, organismos que por estar en riesgo de extinción merecen nuestra mayor dedicación para un conocimiento integral de su biología.

#### 9. CONCLUSIONES.

Con base en las observaciones realizadas en el presente estudio, podemos concluir que no existen diferencias morfológicas importantes a nivel de anatomía cardíaca entre las especies *Dermochelys coriacea* y *Lepidochelys olivacea*, tanto en morfología externa como en estructura interna e histología. Asimismo, puede presumirse que la presencia de una morfología similar en ambas especies indica un funcionamiento similar, y que el modelo de flujos preferenciales propuesto en este trabajo (Figs. 26 y 27) es aplicable a ambas especies.

Comparando nuestros hallazgos con lo reportado en la literatura para tortugas dulceacuícolas (4-9, 11), afirmamos que no existen diferencias anatómicas entre éstas y las especies de tortugas marinas objeto de nuestro estudio a nivel de anatomía del corazón; y suponemos que las diferencias descritas en algunas publicaciones (5, 7, 8, 9, 18) (Figs. 22, 23 y 24) son debidas a una interpretación

errónea de las estructuras anatómicas, y a la falta de un enfoque integral del problema, encontrándonos con que no existen estudios histológicos ni de anatomía microscópica en corazones de tortugas dulceacuícolas. Sería necesario efectuar en el futuro un estudio detallado de la anatomía del corazón de tortugas dulceacuícolas para compararlo con los hallazgos descritos en el presente trabajo para tortugas marinas.

El modelo de flujos preferenciales propuesto en el presente estudio (Figs. 26 y 27) se basa tanto en el análisis de la estructura anatómica del corazón de las tortugas marinas estudiadas, como en los datos de  $PO_2$  obtenidos para las grandes arterias en *Pseudemys scripta* según Burggren (18). Sin embargo, para la adecuada comprobación de este modelo es necesario realizar otro tipo de estudios, como la obtención de las  $PO_2$  específicas para cada una de las arterias que emergen del corazón, tanto de *D. coriacea* como de *L. olivacea*, así como un estudio ecocardiográfico para observar el funcionamiento del sistema valvular aurículo-ventricular durante el ciclo cardíaco y complementar dichos hallazgos con un estudio hemodinámico (cateterismo cardíaco) para determinar la dirección del flujo sanguíneo.



**FIGURAS**



FIG. 1.- Disección de crías de tortuga marina. El plastron ha sido seccionado en su parte media cartilaginosa.

A) *Lepidochelys olivacea* B) *Dermochelys coriacea*



FIG. 2.- Disección de crías de tortuga marina, a las cuales se les resecó el pericardio parietal, mostrando el corazón y las grandes arterias.

A) *Lepidochelys olivacea* B) *Dermochelys coriacea*

AD: Aurícula derecha, AI: Aurícula izquierda, V: ventrículo GC: Gubernaculum cordis, AP: Arteria pulmonar, AoI: Aorta izquierda, AoD: Aorta derecha.

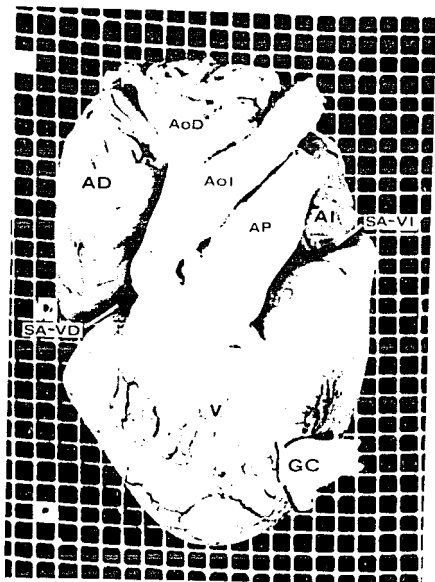


FIG. 3.- Vista externa frontal del corazón de *Lepidochelys olivacea* adulta.

AD: Aurícula derecha, AI: Aurícula izquierda, V: ventrículo, SA-VD: Surco aurículo-ventricular derecho, SA-VI: Surco aurículo-ventricular izquierdo, AP: Arteria pulmonar, Aod: Aorta derecha, Aoi: Aorta izquierda, GC: Gubernaculum cordis.

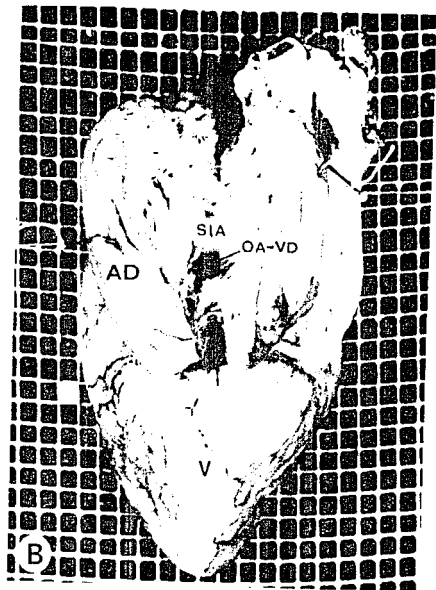
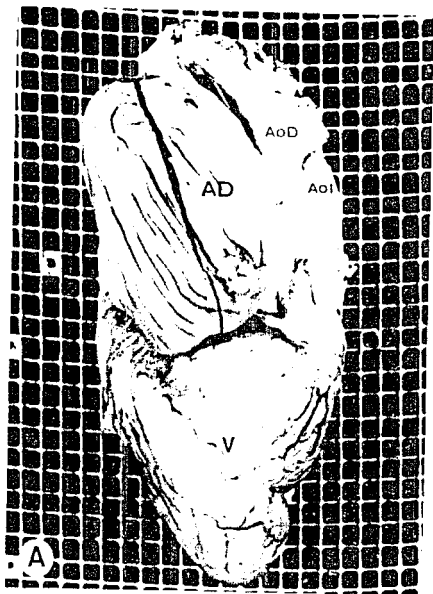


FIG. 4.- Corazón de tortuga *Lepidochelys olivacea* adulta.

A) Vista externa lateral derecha mostrando la incisión en la pared lateral de la aurícula derecha (AD).

B) Vista interna de la AD mostrando el septum interauricular (SIA) y el orificio aurículo-ventricular derecho (OA-VD).

V: Ventrículo, AoD: Aorta derecha, AoI: Aorta izquierda.

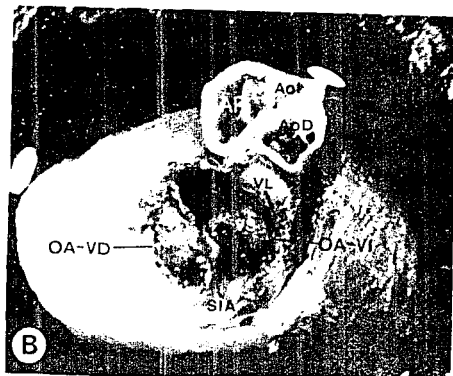
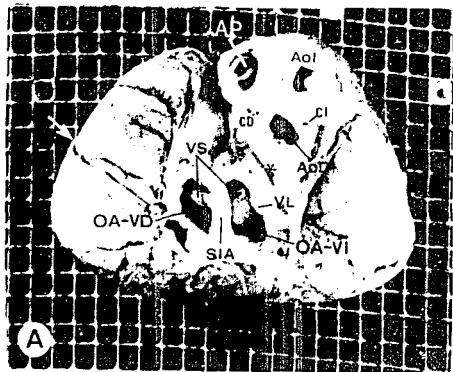


FIG. 5.- Corte transversal de corazón de tortuga marina a nivel del anillo A-V y de los pisos sigmoideos de las grandes arterias.

OA-VD: Orificio A-V derecho, OA-VI: Orificio A-V izquierdo, AP: Arteria pulmonar, Aod: Aorta derecha, Aoi: Aorta izquierda, VS: Valva septal, VL: Valva lateral, SIA: Septum interauricular.

A) Corazón de *L. olivacea* adulta. Observe la incisión paramedial (flecha) en la cara lateral izquierda ventricular y las arterias coronarias derecha (CD) e izquierda (CI) en la pared anterior de la Aorta derecha (Aod). El asterisco (\*) indica la discontinuidad aórtico-aurículo-ventricular derecha.

B) Corazón de cría recién nacida de *D. coriacea*.

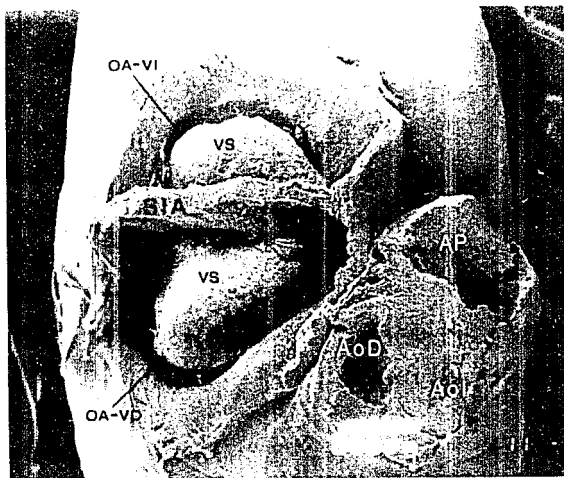


FIG. 6.- Microfotografía con microscopio electrónico de barrido del anillo A-V y de los pisos sigmoideos de las grandes arterias en corazón de cría de *Lepidochelys olivacea*. Magnificación 35X. Observe el orificio A-V derecho (OA-VD), el orificio A-V izquierdo (OA-VI) y el septum interauricular (SIA). AP: Arteria pulmonar, AoD: Aorta derecha, AoI: Aorta izquierda, VS: Valva septal.

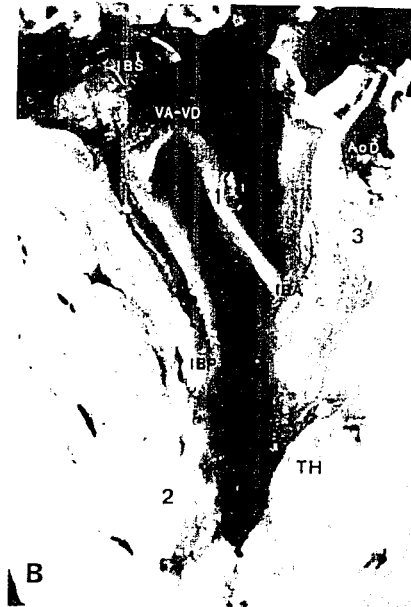


FIG. 7.- Vista interna del lado derecho de la cavidad ventricular, mostrando la porción de entrada (1), la porción trabeculada (2), y la porción de salida (3). Observe la valva septal A-V derecha y sus inserciones basal posterior (IBP), basal anterior (IBA) y basal superior (IBS).

A) *L. olivacea* B) *D. coriacea*

VA-VD: Válvula aurículo-ventricular derecha, AoD: Aorta derecha, TH: Trabécula horizontal, FIC: Foramen intercameral.



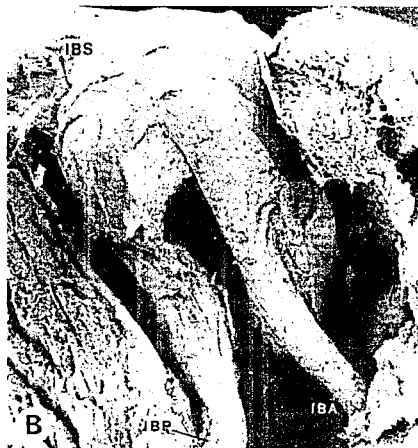
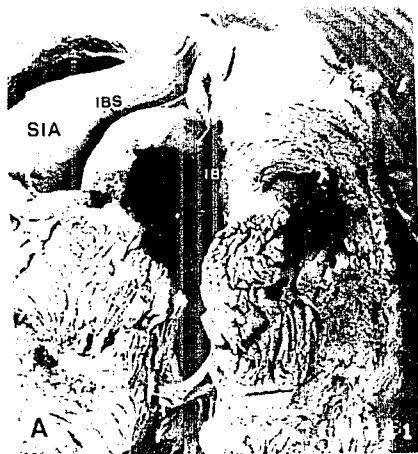


FIG. 8.- Microfotografía con microscopio electrónico de barrido del lado derecho de la cavidad ventricular de crías de tortuga marina (mag. 35X), mostrando la válvula A-V derecha, en corazones de crías recién nacidas. Observe las inserciones basales posterior (IBP), anterior (IBA), y superior (IBS).

A) *L. olivacea*

B) *D. coriacea*

SIA: Septum interauricular.

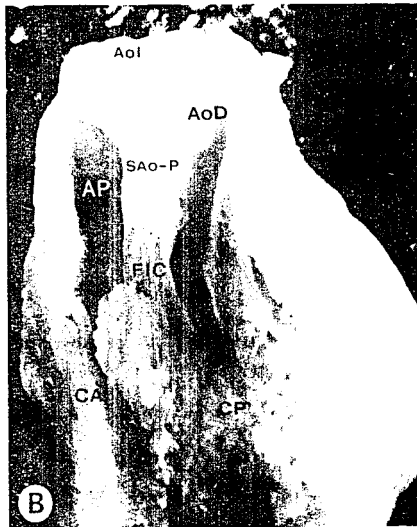
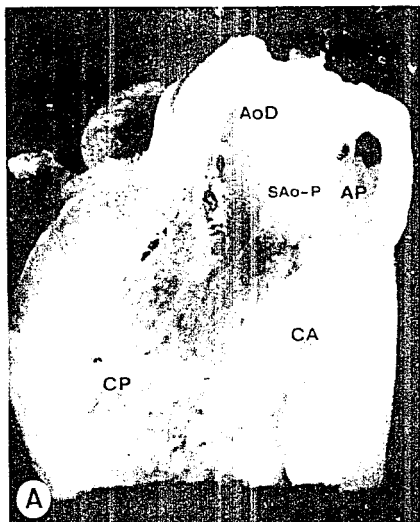


FIG. 9.- Vista interna del tracto de salida de la cámara ventricular principal y de los tractos de salida de la cámara accesoria, de un corazón de cría de *L. olivacea*.

A) Vista derecha

B) Vista izquierda

CP: Cámara ventricular principal, CA: Cámara accesoria, AoD: Aorta derecha, Aol: Aorta izquierda, AP: Arteria pulmonar, SAo-P: Septum aórtico-pulmonar, FIC: Foramen intercameral.

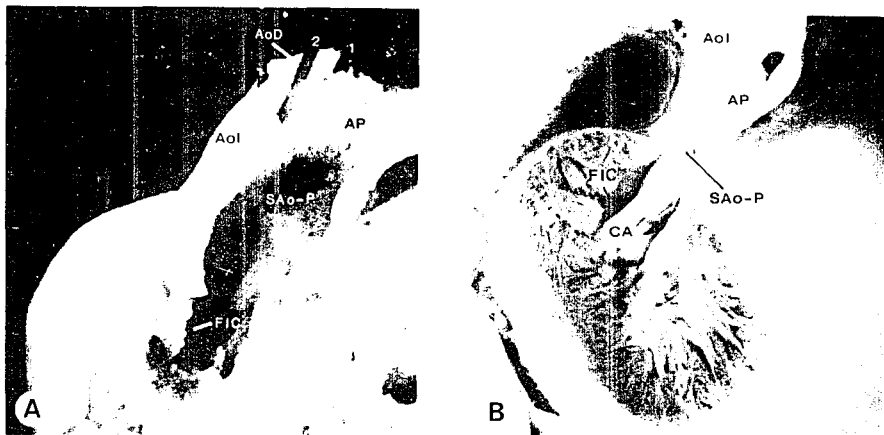


FIG. 10.- Vista interna de la cámara accesoria de corazones de crías de tortuga marina, a los que se les quitó la pared anterior de la cámara accesoria (CA) y de la arteria pulmonar (AP). La AP emerge de su extremo izquierdo y la aorta izquierda

(AoI) de su extremo derecho, separadas por el septum aórtico-pulmonar (SAo-P).

A) Corazón de *L. olivacea*. Observe la sonda anterior (1) dentro de la AoI y la sonda posterior (2) en la Aorta derecha (AoD).

B) Corazón de *D. coriacea*.

FIC: Foramen intercameral.



FIG. 11.- Vista interna del lado izquierdo de la cavidad ventricular de un corazón de cría de *D. coriacea* mostrando la porción de entrada (1) y la porción trabeculada (2). Observe la valva septal A-V izquierda y sus inserciones: basal posterior (IBP) basal anterior (IBA) y basal superior (IBS).  
VA-VI: Válvula A-V izquierda, SIA: Septum interauricular.

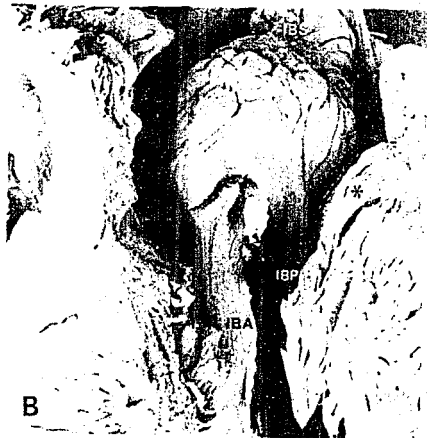
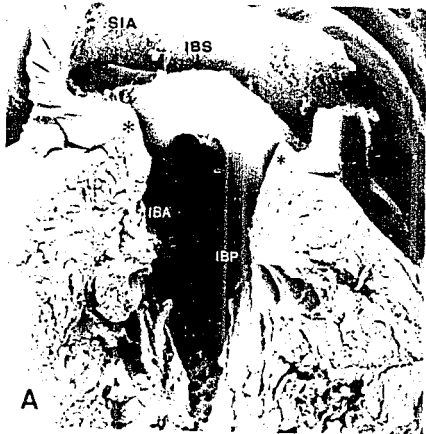


FIG. 12.- Microfotografía con microscopio electrónico de barrido del lado izquierdo de la cavidad ventricular de crías de tortuga marina (35X), mostrando la válvula A-V izquierda, en corazón de cría recién nacida. Observe las inserciones basales posterior (IBP), anterior (IBA) y superior (IBS).

A) *L. olivacea*      B) *D. coriacea*

SIA: Septum interauricular. Los asteriscos muestran el reborde de endocardio.

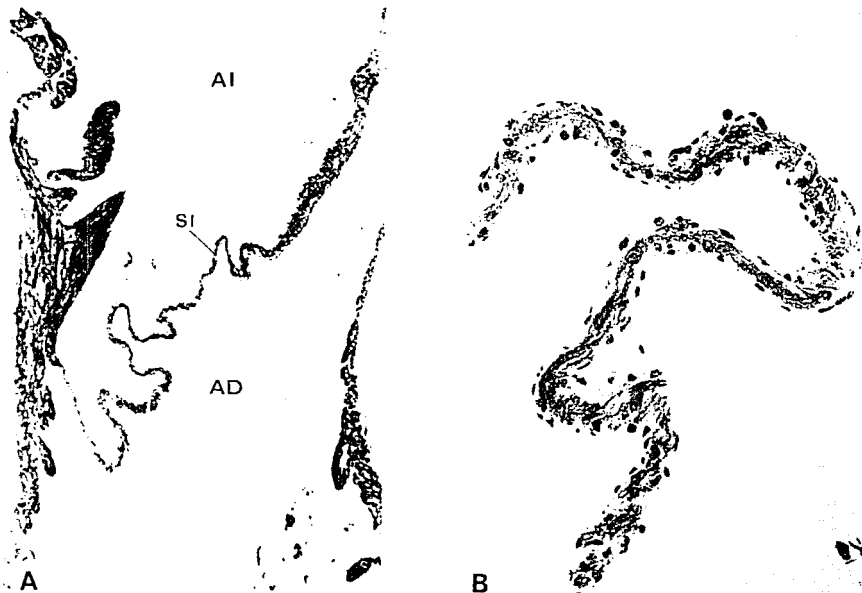


FIG. 13.- Corte histológico transversal con Técnica Tricrónica de Masson a nivel de las aurículas de cría de *L. olivacea*.

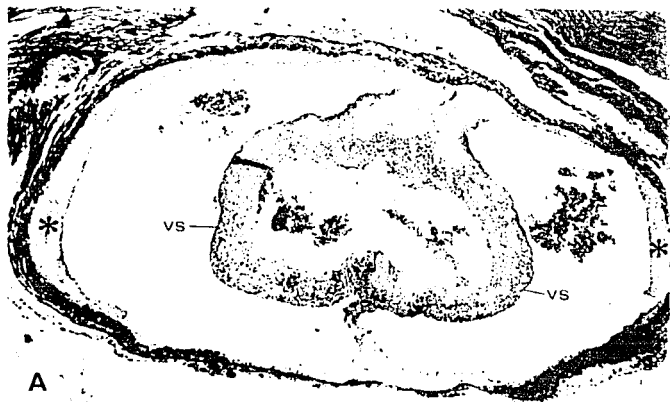
A) Septum interauricular intacto en toda su extensión (4X).

B) Acercamiento del septum interauricular (20X). Observe la capa de tejido muscular recubierta de endocardio.

**FIG. 14.-** Corte histológico transversal con Técnica Tricrómica de Masson de un corazón de cría de *L. olivacea* a nivel del anillo A-V.

A) Observe el anillo A-V único completo, las valvas septales (VS) y los engrosamientos (\*) (4X).

B) Acercamiento del anillo fibro-muscular (20X).



A



B



FIG. 15.- Corte histológico frontal con Técnica Tricrómica de Masson de un corazón de cría de *L. olivacea* a nivel del anillo A-V.

A) Sección del anillo A-V (4X). Observe la inserción de las valvas septales (VS) en el septum interauricular (IBS).

B) Acercamiento de la inserción de las valvas A-V al septum interauricular (20X). Observe la constitución histológica de las valvas.

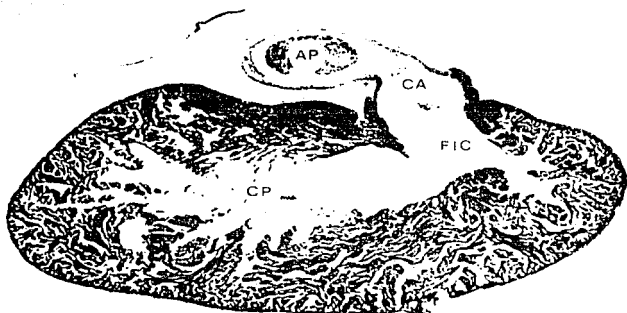


FIG. 16.- Corte histológico sagital con Técnica Tricrómica de Masson de corazón de cría de *D. coriacea* a nivel de la valva A-V derecha.

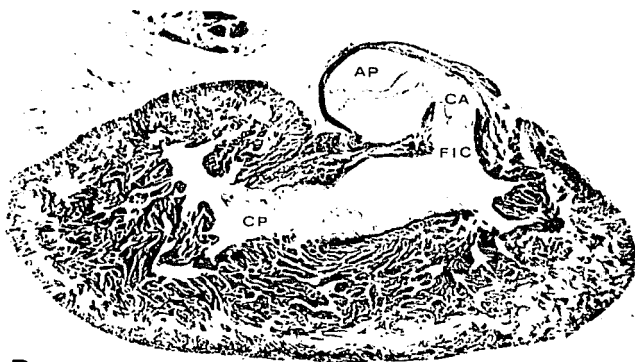
A) Observe las inserciones a nivel de la pared ventricular anterior (IBA) y posterior (IBP)(4X).

B) Acercamiento de la inserción de la valva A-V derecha a la pared ventricular posterior (20X). Observe la ausencia de fibras musculares en el punto de inserción de la valva en dicha pared.





A



B

FIG. 17.- Corte histológico transversal con Técnica Tricrómica de Masson, de corazón de cría de tortuga marina por debajo del plano de inserción de las válvulas A-V (3X). Observe la cámara principal (CP), el foramen intercameral (FIC) y la cámara accesoria (CA) de la que emerge la arteria pulmonar (AP).

A) *L. olivacea*B) *D. coriacea*.

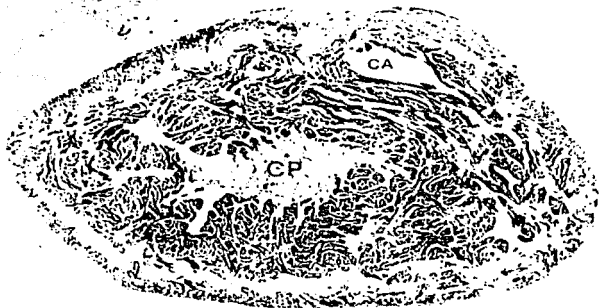


FIG. 18.- Corte histológico transversal apical con Técnica Tricrómica de Masson de un corazón de cría de *D. coriacea*, por debajo del borde inferior del foramen intercameral (3X). Observe la superficie interna lisa de la cámara accesoria (CA), y la superficie trabeculada de la cámara principal (CP) así como la disposición trabeculada del músculo cardíaco.

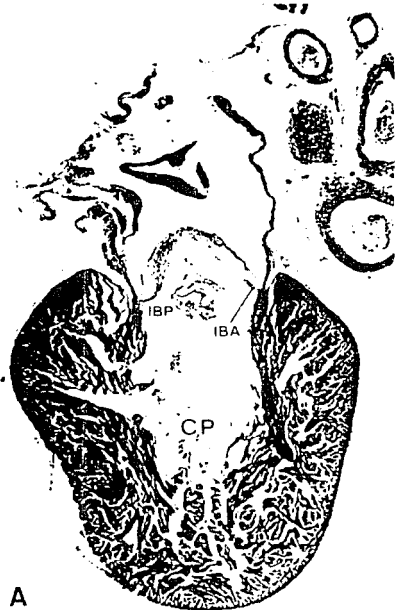


FIG. 19.- Corte histológico sagital con Técnica Tricrómica de Masson de corazones de crías de tortuga marina a nivel de la válvula A-V derecha. Observe la inserción de la válvula septal A-V derecha en la pared ventricular anterior (IBA) y posterior (IBP) (3X).

A) *L. olivacea*.

B) *D. coriacea*.

CP: Cámara Principal.

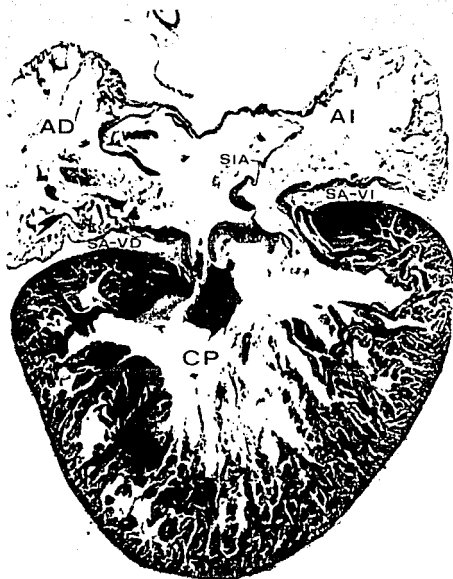


FIG. 21.- Corte histológico frontal con Técnica Tricrómica de Masson de un corazón de cría de *L. olivacea* a nivel del anillo A-V (3X). Observe la cavidad principal (CP) y la disposición radiada de las trabéculas. Observe el surco A-V derecho (SA-VD) en un plano más apical que el surco A-V izquierdo (SA-VI), el septum interauricular intacto (SIA) y la aurícula derecha (AD) de mayor tamaño que la aurícula izquierda (AI).





FIG. 20.- Corte histológico frontal con Técnica Tricrómica de Masson de un corazón de cría de *D. coriacea* a nivel de la cámara accesoria (CA) (3X). Observe la superficie interna y el tracto de salida de la arteria pulmonar (AP).

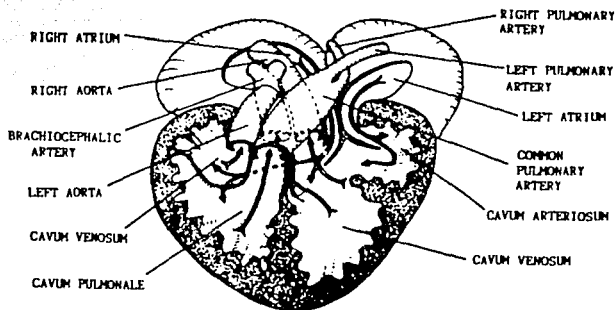


FIG. 22.- Diagrama del corazon de tortuga *Pseudomys scripta* (de Burggren<sup>5</sup>).

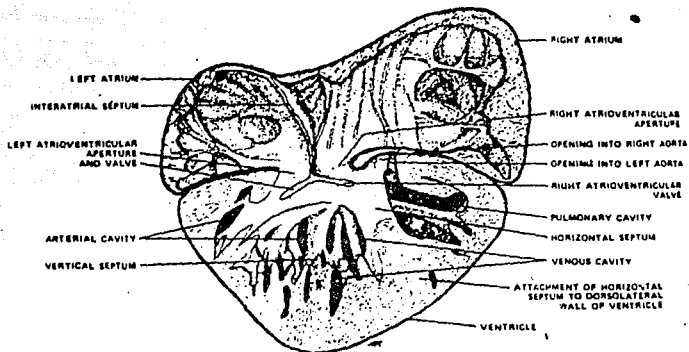


FIG. 23.- Diagrama de corazón de tortuga *Pseudemys scripta* (de Holmes').

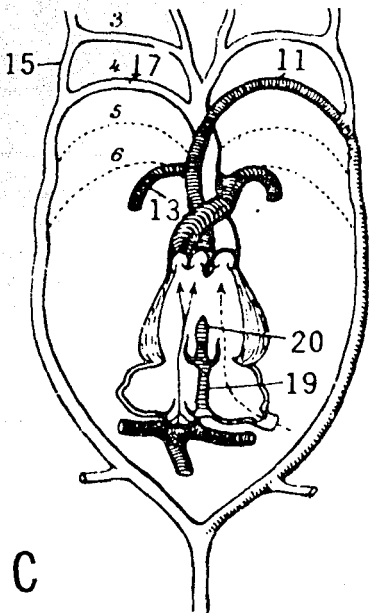


FIG. 24.- Esquema del corazón y los arcos aórticos de reptiles modernos típicos (de Romer y Parsons<sup>1</sup>).

"3 a 6: arcos aórticos, 11: arco sistémico izquierdo, 13: arteria pulmonar, 15: porción de la aorta lateral que queda abierta en ciertos reptiles, 17: arco sistémico derecho, 19: tabique interauricular, 20: tabique interventricular".

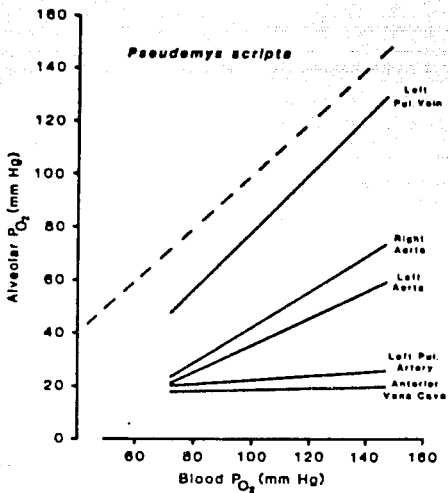


FIG. 25.- Gráfica de la relación entre la presión parcial de oxígeno ( $PO_2$ ) en sangre de arterias centrales y venas y la  $PO_2$  alveolar en *Pseudemys scripta* (de Burggren<sup>5</sup>).

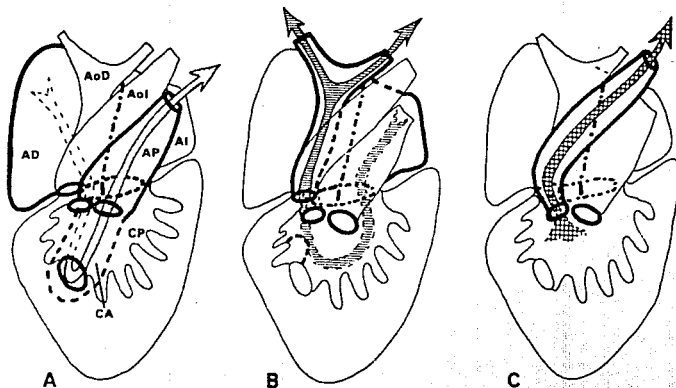


FIG. 26.- Esquema frontal de flujos preferenciales en cavidades cardíacas y grandes arterias del corazón de tortuga marina. Las flechas indican la dirección del flujo.

- A) Flujo de sangre venosa
- B) Flujo de sangre arterial
- C) Flujo de sangre mixta

AD: aurícula derecha, AI: aurícula izquierda, CP: cámara principal, CA: cámara accesoria, AP: arteria pulmonar, AoI: aorta izquierda, AoD: aorta derecha. Las estructuras marcadas con trazo grueso son las que participan en cada tipo de flujo.

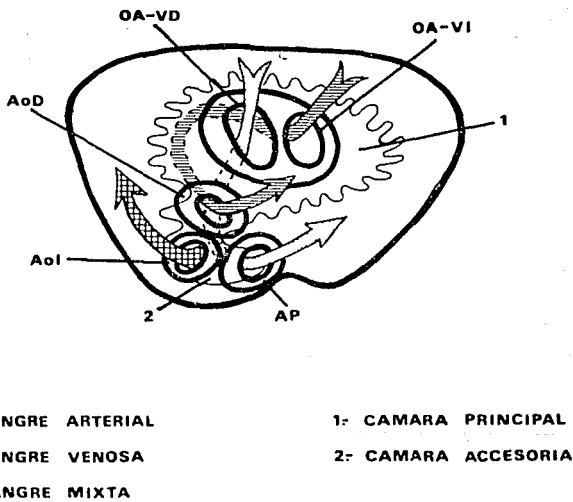


FIG. 27.- Esquema transversal de los flujos de sangre venosa, arterial y mixta a través de los orificios A-V derecho (OA-VD), A-V izquierdo (OA-VI), cámara principal (CP), cámara accesoria (CA), aorta izquierda (AoI), aorta derecha (AoD) y arteria pulmonar (AP).

A P E N D I C E .A. T E C N I C A S .A.1. T E C N I C A P A R A P R E P A R A R M U E S T R A S P A R A M I C R O S C O P I A  
E L E C T R O N I C A D E B A R R I D O .

- Amortiguador de Cacodilato 0.16 M pH 7.2 ----- 5 min
- Glutaraldehído 2.5% en Amortiguador de Cacodilato  
0.16 M pH 7.2 ----- 2 a 12 hrs
- Amortiguador de Cacodilato 0.16 M  
pH 7.2 ----- 2 cambios 15 min c/u
- Tetróxido de Osmio 1% en Amortiguador de  
Cacodilato 0.32 M pH 7.2 ----- 2 hrs
- Alcohol 70% ----- 15 min
- Alcohol 80% ----- 15 min
- Alcohol 96% ----- 30 min
- Alcohol 100% ----- 3 cambios 30 min c/u
- Desecar las muestras en el desecador por punto crítico.
- Montar las muestras en los portamuestras.
- Recubrir las muestras con una capa de oro de 30-50 nm en  
el evaporador de iones.

A.2. T E C N I C A P A R A P R E P A R A R A L B U M I N A D E M A Y E R .

- Se bate la albúmina cuidadosamente, y en el curso del batido se va incorporando lentamente la glicerina hasta completarse la mitad del volumen total de albúmina, se filtra con gasas y se agregan unos cristales de Timol para evitar que se contamine. Debe almacenarse en un frasco claro y su consistencia debe ser muy viscosa.



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

A.3. TECNICA PARA PREPARAR CAJAS PARA MICRODISECCIONES.

- La parafina de punto de fusión 58-60°C se coloca en un vaso de precipitado y se disuelve en el horno para parafina a una temperatura constante de 60°C. Se mezcla con carbón activado en una proporción 1:1, se vierte en una caja de Petri de 5 cm de diámetro y se deja solidificar a temperatura ambiente.

A.4. PROCESAMIENTO PARA INCLUSION EN PARAFINA.

- Lavar bien las muestras para quitar el exceso de fijador.
  - Deshidratar en alcoholes graduales de 50%, 70% y 96% 1 hr cada uno.
  - 2 cambios de alcohol absoluto de 12-24 hrs.
  - Aceite de cedro + Alcohol absoluto 1:1 ----- 1 hr
  - Aceite de cedro puro ----- 24 hrs
  - Aceite de cedro + cloroformo 1:1 ----- 1 hr
  - Cloroformo puro ----- 1 hr
  - Cloroformo + parafina 1:1 ----- 1 hr\*
  - Parafina pura ----- 1 hr\*
  - Parafina pura previamente filtrada --- 2 cambios 1 hr c/u\*
- \* En el horno a 60° C.

#### A.5. TECNICA FOTOGRAFICA PARA CORAZONES ADULTOS.

Las fotografías de disecciones de corazón adulto fueron tomadas con una cámara Nikon F-501, con apertura de diafragma 11 y 16 y tiempo de exposición de 1/2 y 1/4 de segundo.

Para fotografías en blanco y negro se utilizó película Plus X Pan ASA 125, que se procesó en un tanque Paterson con revelador Microdol X en una proporción 1:3 durante 13 minutos, y Fijador Rápido Kodak durante 5 minutos.

Para transparencias a color se utilizó película Ektachrome ASA 100 procesada en un laboratorio comercial.

Las impresiones en papel fueron hechas con una ampliadora marca Amplitat en papel Kodabromide F3 M y F2 M, revelados con revelador Dektol o Ektaflo diluido 2:1, y fijadas con Fijador Rápido Kodak.

**A.6. TECNICA FOTOGRAFICA PARA CORAZONES DE TORTUGAS RECIEN ECLOSIONADAS.**

Las fotografías de disecciones de corazones de tortugas recién eclosionadas fueron realizadas en un microscopio Nikon Multiphot con cámara fotográfica integrada. Se utilizó el objetivo de 65 mm, diafragma 4 y tiempo de exposición de 1 y 1/2 seg.

Las películas, el papel fotográfico y el proceso de revelado fueron similares a los descritos para las fotografías de corazones adultos.

**A.7. TECNICA FOTOGRAFICA PARA CORTES HISTOLOGICOS.**

Las fotografías de cortes histológicos de corazón de tortugas recién eclosionadas fueron tomadas con un fotomicroscopio Olympus PM-10 AD con cámara integrada, con aumentos de 4X, 10X y 40X, apertura de diafragma 4 y tiempo de exposición de 1/2 seg. Se utilizó película Kodak Ektachrome ASA 100 procesada en un laboratorio comercial.

**A.8. TECNICA FOTOGRAFICA PARA MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.**

Las imágenes de disecciones procesadas para microscopía electrónica de barrido fueron fotografiadas en un microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM-5300 con cámara fotográfica Pentax integrada. Se utilizó película T-max ASA 400 para fotografía en blanco y negro. El revelado e impresión en papel fueron similares a los descritos en las técnicas fotográficas anteriores.

**A.9. METODO TRICROMICO DE MASSON.**

- Desparafinar en Xilol.
- Hidratar en alcoholes graduales ----- 5 min en c/u.
- Colocar los cortes en una solución Bouin en el horno de parafina 1 hr a 56°C ó 24 hrs a temperatura ambiente.
- Lavar con agua corriente hasta desaparecer el color amarillo.
- Lavar con agua destilada.
- Teñir con Hematoxilina de Weigert ----- 15 min.
- Virar con agua corriente ----- 10 a 15 min.
- Lavar con agua destilada ----- 1 min.
- Teñir con Escarlata de Biebrich ----- 20 min.\*
- Lavar con agua destilada hasta quitar el exceso de colorante.
- Colocar en sol. Acido Fosfotúngstico-Fosfomolibdico 10 min
- Teñir con Azul de Anilina ----- 15 min.\*
- Lavar con agua destilada
- Deshidratar en alcoholes 70%, 96% y absoluto.
- Transparentar en Xilol.
- Montar en Bálsamo de Canadá.

\* Previamente calentados en el horno de parafina a 56°C.

**BIBLIOGRAFIA.**

- 1.- Romer, A. S., y Parsons, T. S. (1981). Anatomía Comparada. Ed. Interamericana, México, D. F. 5a. ed. 428 pp.
- 2.- Dowling, H.G. and Duellman, W.E. (1978). Systematic Herpetology: A Synopsis of Families and Higher Categories. Hiss Publications, New York USA. 180 pp.
- 3.- Benabib, M. y Cruz, L. (1981). Las Tortugas Marinas en México. Naturaleza 3(81) 157-166.
- 4.- Foxon, G. E. H. (1955). Problems of the Double Circulation in Vertebrates. Biol. Rev. 39: 196-228.
- 5.- Burggren, W. W. (1988). Cardiac Design in Lower Vertebrates: What can Phylogeny reveal about Ontogeny?. Experientia. 44: 919-929.
- 6.- Ashley, L. M. Laboratory Anatomy of the Turtle. Cap. V. W. M. C. Brown Company Publ. Iowa, USA 1a. ed. 24-36.
- 7.- Holmes, E. B. (1976). A Reconsideration of the Phylogeny of the Tetrapod Heart. J. Morph. 147: 209-228.
- 8.- White, F. N. (1968). Functional Anatomy of the Heart of Reptiles. Am. Zool. 8: 211-219.
- 9.- Mathur, P. N. (1944). The Anatomy of the Reptilian Heart. Part 1. Proc. Indian Acad. Sci. B, 20: 1-29.
- 10.- White, F. N. (1959). Circulation in the Reptilian Heart (Squamata). Anat. Rec. 135: 129-134.
- 11.- Crawford, G. J. (1979). Cardiovascular System. En: Turtles: Perspectives and Research. Harless, Marion and Henry Morlock (eds.) John Wiley & Sons, New York, USA 155-164.

- 12.- Greer, A. E., Lazell, J. D. and Wright, R. M. (1973). Anatomical Evidence for a Countercurrent Heat Exchanger in the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*). Nature (London) 244: 181.
- 13.- Frair, W., Ackman, R. G., and Mrosovsky, N. (1972). Body Temperature of *Dermochelys coriacea*: Warm turtle form Cold Water. Science. 177: 791-793.
- 14.- Eckert, S. A., et al. (1988). Diving and Foraging Behavior of Leatherback Sea Turtles (*Dermochelys coriacea*). Can. J. Zool. 67: 2834-2840.
- 15.- Rhodin, A. G. J. (1985). Comparative Chondro-osseous Development and Growth of Marine Turtles. Copeia. (3): 752-771.
- 16.- Anderson, R.H. and Becker, A.E. (1981) Atlas Fotográfico de Anatomía Cardíaca. 1a. ed. Ed. Doyma Barcelona, España. Cap. 3.
- 17.- Anderson, R. H., Macartney, F. J., Shinebourne, E. A., Tynan, M. J. (1978). Definitions of Cardiac Chambers. En: Paediatric Cardiology 1977. Anderson R. H. and Shinebourne, E. A. (eds.) Churchill-Livingston New York, USA 5-15.
- 18.- Burggren, W. W., and Shelton, G. (1979). Gas Exchange and Transport during Intermittent Breathing in Chelonian Reptiles. J. exp. Biol. 82: 75-92.