

**ESTUDIO HISTOLÓGICO
DEL CARACOL PALA *Strombus gigas* Linnaeus, 1758**

OMAR HERNANDO AVILA POVEDA

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
Área de Ingeniería y Recursos Naturales
Facultad de Biología Marina**

BOGOTÁ - COLOMBIA

2001

**ESTUDIO HISTOLÓGICO
DEL CARACOL PALA *Strombus gigas* Linnaeus, 1758**

OMAR HERNANDO AVILA POVEDA

**Trabajo de Grado para optar al Título de
Biólogo Marino**

Directores

Dr. Erick Raúl Baqueiro Cárdenas

Dra. Luz María Dalila Aldana Aranda

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

Área de Ingeniería y Recursos Naturales

Facultad de Biología Marina

BOGOTÁ - COLOMBIA

2001

***"Hay hombres que luchan un día
y son buenos.***

***Hay otros que luchan un año
y son mejores.***

***Hay quiénes luchan muchos años
y son muy buenos.***

***Pero hay los que luchan toda la vida:
Esos son los imprescindibles".***

Bertolt Brecht

***"There are men who struggle for a day
and they are good.
There are others who struggle for a year
and they are better.
There are those who struggle many years
and they are better still.
But there are those who struggle all their lives:
These are the indispensable ones".***

Bertolt Brecht

DEDICATORIA

A mi padre Luis Hernando Avila y a mi madre Mery Poveda por su gran amor, apoyo, comprensión, dedicación y formación brindada en ética, moral y valores. También por su extraordinario esfuerzo, sacrificio, esmero, perseverancia y anhelo para hacer de mí lo que soy... Un hombre de bien, sin dejar de ser yo mismo: Un hombre imprescindible. Quienes todo lo soportaron y todo lo esperaron para ver el fruto de su dedicación y entrega.

A mi esposa Ana Mercedes Rey por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas, por su gran fortaleza, comprensión, fe, confianza, apoyo y sobre todo por su esperanza. **TE AMO.**

A mi ahijado Joel Santiago, y mi sobrino Jonathan Andrés, por sus sueños brindados, por sus inocencias y ternura de niños que me dan la visión de conquistar la vida sin dejar de ser ese niño que tenemos dentro. A mi hermanita Yuly Marisol y mi hermano Jimmy, por su apoyo, comprensión y amor. A ellos esperando ser ejemplo de dedicación, empeño, y superación por alcanzar nobles ideales.

A Dios, porque como dice mi mamá:

“Una hoja de un árbol no se mueve sin la voluntad de Dios”.

A TODOS LOS AMO MUCHO

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) Unidad Mérida, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Yucatán, Estados Unidos Mexicanos, en especial al Departamento de Recursos del Mar, y a los Laboratorios de Biología Marina y de Ictiología por permitirme usar sus instalaciones y equipos.

Al Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Yucalpetén, Estados Unidos Mexicanos, por su apoyo en el transporte terrestre para el muestreo de campo.

Al Buque de Transporte A "Alfa 21 Progreso" de la Secretaría de Marina de la Armada de los Estados Unidos Mexicanos y a su tripulación de las fechas 14 y 18 de junio de 2001, por su apoyo logístico en el traslado al sitio de muestreo, en el embarque de las muestras, y en el alojamiento.

Al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED II-7, de Madrid, España, en el marco del Proyecto "Cultivo de Gasterópodos Tropicales y de Agua Fría II-7", por enriquecer este trabajo al promover la investigación y protección del Caracol Pala *Strombus gigas* a través del otorgamiento de becas para participar y asistir a talleres y congresos.

Al Dr. Erick Raúl Baqueiro Cárdenas y a la Dra. Luz María Dalila Aldana Aranda, por su dirección, evaluación y seguimiento de éste trabajo de tesis. A ellos con especial cariño por brindarme su apoyo y amistad.

Al Dr. Thierry Brulé Demarest por su apoyo y por permitirme hacer uso de los equipos de histología y microscopía.

Al biólogo marino Carlos Alberto Bohórquez Rueda con quien realicé mi práctica profesional, y quien me permitió participar y asistir el Proyecto "Diseño, Adecuación y Construcción del Laboratorio para la Producción de Semillas del Caracol Pala". Gracias a él y a mi participación en ese proyecto establecí contacto para la realización de la presente Tesis de Grado.

Al biólogo marino Gabriel Andrés Restrepo Chaves por permitirme consultar su biblioteca personal, por su asesoría y por su edición del anteproyecto de tesis y de la versión final de este Trabajo de Grado.

Nuevamente al Dr. Baqueiro, a la Dra. Aldana y a la Dra. Shawna E. Reed por proporcionarme manuscritos originales de sus publicaciones y de sus estudios referentes a la histología de *S. gigas*.

De igual forma agradezco al Dr. Allan W. Stoner por proporcionarme sus referencias personales y literatura pertinente a la ecología y distribución de *S. gigas*.

A la bióloga Victoria Patiño Suárez responsable del Laboratorio de Biología Marina, del CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, por su apoyo técnico durante la realización de esta tesis y por su especial amistad. Así mismo, a mis demás compañeros en este Laboratorio: Al M.Sc. Miguel Ángel Tapia Arjona, al estudiante doctoral Manuel Pérez Pérez y a la estudiante doctoral Nancy Patricia Brito Manzano por sus aportes de ideas, revisiones, sugerencias, búsquedas bibliográficas y en especial por su magnífica amistad.

A mis compañeros en el Laboratorio de Ictiología del CINVESTAV: Estudiante doctoral Ximena Renán Galindo, al M.Sc. Armín Nasario Tuz Sulub y a la ingeniera bioquímica Teresa Eulogia Colás Marrufo por sus sugerencias y apoyo técnico en los procesos histológicos y en el manejo de equipos ópticos microscópicos.

De nuevo al estudiante doctoral Pérez por su colaboración en la ubicación del lugar de muestreo, en la colecta y en la toma de muestras de los animales.

Al Sr. Luis Carlos Sosa, quien tiene a su cargo el faro de Isla Pérez, por su amable alojamiento y colaboración prestada.

A mis compatriotas Mario Rueda y Claudia Sánchez por su amistad y entendimiento en esos momentos de soledad y distancia de los seres queridos.

RESUMEN

Seis especímenes del Caracol Pala *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 (Mesogastropoda: Strombidae), fueron colectados a los 22°22'96" Latitud Norte y 89°41'03" Longitud Oeste en el Arrecife Alacranes, localizado a 135 Kilómetros al Norte de las costas del Municipio de Progreso, Estado de Yucatán, Estados Unidos Mexicanos, en junio de 2001, con los fines tanto de reconocer e identificar las estructuras celulares y tisulares como de desarrollar un atlas histológico de este molusco. Los tres machos y las tres hembras colectados presentaron una longitud promedio de la concha (del ápice al final del canal sifonal) de 228 mm (Desviación Estándar D.E=20,4, n=6) y un grosor promedio del labio (en su parte central, a 40 mm del borde de la concha) de 16 mm (D.E.=1,8, n=6). Las partes anatómicas seleccionadas para este estudio fueron: Probóscide, ojo izquierdo, tentáculo del ojo, parte anterior del pie, pene (machos), músculo del cuerpo (hembras), manto, poro del ano, ctenidio (branquia), saco del estilete cristalino, riñón, gónada masculina, gónada femenina y hepatopáncreas (glándula digestiva). Cada animal fue removido de su concha y se tomaron muestras de 1 cm³. Las muestras tomadas fueron fijadas en Solución Davidson A.F.A. por cuatro días, en preparación para los procesos histológicos. Los tejidos fueron lavados en alcohol etílico al 70%, deshidratados a través de una serie de alcoholes del 70%, 96% y 100%, y embebidos en Parafina Paraplast. Las muestras fueron cortadas en secciones de 6 µm de espesor y montadas sobre placas albuminadas. La tinción se realizó con Hematoxilina de Harris -

Eosina Amarillenta (HHE₂) mediante el Método Regresivo de Tinción (modificado de Howard and Smith, 1983). Todo el material analizado fue fotografiado usando una videocámara Sony a color de alta resolución CCD-IRIS ensamblada a un microscopio óptico Carl Zeiss MC-63A. Cada una de las estructuras celulares fue descrita a partir de ampliaciones microscópicas hechas a 400x y 1000x. Las coloraciones observadas que se definen en los resultados son las adquiridas con la técnica de tinción anteriormente mencionado. Se identificaron tres tejidos básicos del cuerpo (epitelial, conectivo y muscular). El tejido epitelial se presenta en seis tipos: (1) Cilíndrico simple (pie, poro del ano, ctenidio, saco del estilete, riñón y gónada masculina); (2) cilíndrico pseudo-estratificado (probóscide, tentáculo del ojo, pie, pene, músculo del cuerpo y manto); (3) glandular (pie, pene, riñón y hepatopáncreas); (4) cúbico simple (pene, ctenidio, y saco del estilete); (5) transicional (pene, manto, poro del ano y saco del estilete) y (6) escamosa (manto). El tejido conectivo se manifiesta en sus dos tipos que se basan en criterios claramente morfológicos: Conectivo laxo (manto, saco del estilete y gónadas) y conectivo denso (probóscide, ojo, tentáculo del ojo, pie, y poro del ano). El tejido muscular se encuentra diferenciado en fibras musculares (músculo del cuerpo) y en una combinación de éstas con colágeno (probóscide, ojo, tentáculo del ojo, pie, y poro del ano).

ABSTRACT

Six specimens of Queen Conch *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 (Mesogastropoda: Strombidae), were collected at 22°22'96" North Latitude and 89°41'03" West Longitude in Alacranes Reef, located 135 Kilometers to the North of the coast of the Municipality of Progress, State of Yucatan, Mexican United States, in June of 2001, in order to recognize and identify the cellular and tissular structures as well as to develop a histological atlas of this mollusk. The three males and three females collected presented an average shell length (from the end of the spire to the end of the siphonal channel) of 228 mm (Standard Deviation, S.D.=20.4, n=6) and an average lip thickness (starting at the central part of the lip, 40 mm to the edge of the shell) of 16 mm (S.D.=1.8, n=6). The selected anatomical parts for this study were: Proboscis (snout), left eye, antenna of the eye, anterior end of the foot, penis (males), body muscle (females), mantle, anal pore, ctenidium (branchia), style sac, kidney, male gonad, female gonad and hepatopancreas (digestive gland). Each animal was removed from its shell and 1 cm³ samples were taken. The samples were fixed for four days in a Davidson A.F.A. Solution, in preparation for the histological processes. The tissues were washed in 70% ethanol, dehydrated through a graded series of 70%, 96% and 100% ethanols, and embedded in Paraplast Paraffin. The samples were cut into 6 µm thick sections and mounted on albuminized slides. The staining was made with Harris' Hematoxylin - Yellowish Eosin (HHE₂), using the Regressive Stain Method (modified from Howard and

Smith, 1983). All material analysed was photographed using a Sony high-resolution colour video camera mounted on a Carl Zeiss MC-63A light microscope. Each one of the cellular structures was described at 400x and 1000x microscopic amplifications. The stains observed that are defined in the results are the acquired ones with the staining technique previously mentioned. Three basic tissues of the body were identified (epithelial, connective and muscular). The epithelial tissue is presented in six different types: (1) cylindrical simple (foot, anal pore, ctenidium, style sac, kidney and masculine gonad); (2) cylindrical pseudo-stratified (proboscis, antenna of the eye, foot, penis, body muscle and mantle); (3) glandular (foot, penis, kidney and hepatopancreas); (4) cubic simple (penis, ctenidium and style sac); (5) transitional (penis, mantle, anal pore and style sac) and (6) scaly (mantle). The connective tissue is manifested in its two types that are based clearly on morphological approaches: Lax connective (mantle, style sac and gonads) and dense connective (proboscis, eye, antenna of the eye, foot and anal pore). The muscle tissue is differentiated in muscular fibers (body muscle), and in a combination of this with collagen (proboscis, eye, antenna of the eye, foot and anal pore).

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE ANEXOS.....	xxi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA "ARRECIFE ALACRANES".....	5
III. METODOLOGÍA.....	8
3.1 PROCEDIMIENTO DE CAMPO.....	8
3.1.1 Número de Individuos a Estudiar.....	8
3.1.2 Sitio de Muestreo y Captura.....	8
3.1.3 Tamaño de los Individuos y Medidas Morfométricas.....	9
3.1.4 Manejo de Individuos.....	10
3.1.5 Toma de Muestras.....	11
3.1.6 Fijación de Muestras.....	12
3.2 PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.....	14
3.2.1 Procesamiento.....	14

3.2.2 Proceso del tejido.....	16
3.2.2.1 Lavado.....	16
3.2.2.2 Procedimiento de Histoquinete.....	17
3.2.3 Inclusión.....	19
3.2.4 Microtomía.....	19
3.2.5 Montaje.....	21
3.2.6 Tinción.....	22
3.2.7 Sellado.....	23
IV. OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS MICROSCÓPICO.....	24
V. RESULTADOS.....	25
5.1 MEDIDAS MORFOMÉTRICAS.....	25
5.2 DESCRIPCIONES HISTOLÓGICAS.....	25
5.2.1 Probóscide.....	25
5.2.2 Ojo.....	28
5.2.3 Tentáculo del Ojo.....	31
5.2.4 Pie.....	33
5.2.5 Pene.....	38
5.2.6 Músculo del Cuerpo.....	41
5.2.7 Manto.....	42
5.2.8 Poro del Ano.....	45
5.2.9 Ctenidio (Branquia).....	48
5.2.10 Saco del Estilete Cristalino.....	50
5.2.11 Riñón.....	53

5.2.12 Gónada Masculina.....	55
5.2.13 Gónada Femenina.....	59
5.2.14 Hepatopáncreas (Glándula Digestiva).....	61
VI. DISCUSIÓN.....	62
VII. CONCLUSIONES.....	81
VIII. RECOMENDACIONES.....	86
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	88
X. ANEXOS.....	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición del fijador A.F.A. Davidson. Modificado de Elston (1990), Howard and Smith (1983) y Gaviño de la Torre et al., (1972). También llamado Fijador Hartman (University of Utah, 2000).....	13
Tabla 2. Pasos en el Proceso de Histoquinete (modificado de Prophet, 1995)	18
Tabla 3. Técnica de tinción Hematoxilina de Harris - Eosina amarillenta (H & E tinción regresiva, HHE ₂), modificada de Howard and Smith, (1983).	22
Tabla 4. Medidas morfométricas de las conchas de caracoles machos y hembras de <i>Strombus gigas</i>	25
Tabla 5. Tipos de epitelios observados en 13 estructuras de <i>Strombus gigas</i>	65
Tabla 6. Proporción entre las tallas de los cilios con respecto a la talla de las células epiteliales en diferentes estructuras de <i>Strombus gigas</i>	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de <i>Strombus gigas</i>	2
Figura 2. Sitio de muestreo en el Arrecife Alacranes, Yucatán, México.....	7
Figura 3. Medidas morfométricas de una concha de <i>Strombus gigas</i> en su vista ventral.....	10
Figura 4. Medidas morfométricas de una concha de <i>Strombus gigas</i> en su vista lateral.....	11
Figura 5. Vista lateral izquierda de <i>Strombus gigas</i> hembra.....	12
Figura 6. Vista lateral derecha de <i>Strombus gigas</i> hembra.....	13
Figura 7. Cavidad del manto de <i>Strombus gigas</i> macho.....	14
Figura 8. Fotografía lateral izquierda de la anatomía externa general de las partes suaves de <i>Strombus gigas</i> macho recién separado de su concha.....	15

Figura 9. Ejemplar de <i>Strombus gigas</i> , macho, abierto a la cavidad del manto.....	15
Figura 10. Histocassette.....	16
Figura 11. Procesador automático de tejidos, histoquinete modelo PT24H3B.....	17
Figura 12. Proceso de inclusión en parafina y molde de acero inoxidable SAKURA. 24 x 24 x 12 mm.....	20
Figura 13. Micrótopo rotatorio MICROM HM340E.....	20
Figura 14. Caja de vidrio Coplin utilizada durante el proceso de tinción.	21
Figura 15. Sección microfotográfica en corte transversal de la probóscide de <i>Strombus gigas</i> (10x).....	27
Figura 16. Sección en corte transversal del epitelio tegumentario de la probóscide de <i>Strombus gigas</i> (100x).....	27

Figura 17. Microfotografía histológica en corte transversal de la anatomía general del ojo de *Strombus gigas* (10x)..... 29

Figura 18. Sección histológica de la retina del ojo de *Strombus gigas* (40x)..... 30

Figura 19. Microfotografía en corte transversal de la anatomía histológica general del tentáculo del ojo de *Strombus gigas* (10x)..... 31

Figura 20. Sección microfotográfica del epitelio tegumentario del tentáculo del ojo de *Strombus gigas* (40x) 32

Figura 21. Sección microfotográfica de la parte frontal del pie de *Strombus gigas*. A) pliegues tegumentarios de la glándula pedal (10x)..... 34

Figura 22. Sección microfotográfica de la parte frontal del pie de *Strombus gigas*. B) epitelio de los pliegues tegumentarios (40x)..... 35

Figura 23. Sección microfotográfica en corte transversal del lado del pie adyacente a la suela del pie de *Strombus gigas* (10x)..... 35

Figura 24. Microfotografía en corte transversal de la suela del pie de *Strombus gigas*. A) vista general (10x)..... 37

Figura 25. Microfotografía en corte transversal de la suela del pie de *Strombus gigas*. B) lóbulos tegumentarios adyacentes al sustrato (40x)..... 37

Figura 26. Sección microfotográfica en corte transversal del surco espermático del pene de *Strombus gigas* (10x)..... 40

Figura 27. Sección microfotográfica del músculo y epitelio tegumentario del cuerpo de *Strombus gigas* (10x)..... 42

Figura 28. Microfotografía histológica en corte transversal de la zona intermedia (3) del manto de *Strombus gigas* (100x)..... 44

Figura 29. Microfotografía histológica en corte transversal del manto de *Strombus gigas* (10x). **A)**, sección de cara a la concha..... 44

Figura 30. Microfotografía histológica en corte transversal del manto de *Strombus gigas* (10x). **B)**, sección de cara a la cavidad del manto. 45

Figura 31. Microfotografía en corte transversal de la anatomía histológica general del poro del ano de *Strombus gigas* (3x)..... 46

Figura 32. Microfotografía en corte transversal de los pliegues internos del poro del ano de *Strombus gigas* (100x)..... 47

Figura 33. Microfotografía en corte longitudinal del cuerpo del ctenidio de *Strombus gigas* (100x)..... 49

Figura 34. Microfotografía en corte longitudinal de la anatomía histológica general del ctenidio de *Strombus gigas* (10x)..... 50

Figura 35. Microfotografía histológica en corte transversal del saco del estilete cristalino de *Strombus gigas* (10x)..... 51

Figura 36. Sección microfotográfica del epitelio que recubre la cavidad gástrica en el saco del estilete cristalino de *Strombus gigas* (40x). 52

Figura 37. Sección microfotográfica del riñón de *Strombus gigas* (40x)... 54

Figura 38. Sección microfotográfica del epitelio presente en el riñón de *Strombus gigas* (40x)..... 55

Figura 39. Microfotografía histológica de la gónada masculina de *Strombus gigas* (10x): Espermi ductos tipo simple (tubulo seminífero) y su contenido celular..... 56

Figura 40. Microfotografía histológica de la gónada masculina de *Strombus gigas* (10x): Espermi ductos tipo complejo (vasos deferentes) y su contenido celular..... 57

Figura 41. Microfotografía histológica de las clases de células espermáticas de *Strombus gigas* (40x). A) espermi ductos tipo simple (tubulo seminífero)..... 58

Figura 42. Microfotografía histológica de las clases de células espermáticas de *Strombus gigas* (40x). B) espermi ductos tipo complejo (vasos deferentes)..... 59

Figura 43. Microfotografía de la gónada femenina de *Strombus gigas* (10x)..... 60

Figura 44. Microfotografía de la gónada femenina de *Strombus gigas* (100x)..... 60

Figura 45. Sección microfotográfica de los acino glándula y células trapeciales en el hepatopáncreas de *Strombus gigas* (40x)..... 61

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Declaración del Arrecife Alacranes, Estado de Yucatán, México, como área natural protegida con carácter de Parque Marino Nacional.....	102
---	-----

I. INTRODUCCIÓN

El Caracol Pala *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 (subclase Prosobranchia, orden Mesogastropoda, superfamilia Strombacea, familia Strombidae) es un recurso marino de gran importancia comercial (Chakalall y Cochrane, 1997), alimenticia y ecológica en el área caribeña (Cruz, 1986; Brownell, 1977; Berg, 1976). Por generaciones ha sido el principal alimento de los pobladores de la región del Caribe, como un ingrediente en frituras y ensaladas (Little, 1965; Randall, 1964b) y como fuente de proteína, por lo que su demanda es alta en los mercados turísticos y de exportación (García S. *et al.*, 1994; Randall 1964a). Su carne también es usada como carnada para la pesca (García y Vidal, 1989 En: Ferrer *et al.*, 1994; Randall 1964b). Como sub-producto la concha es usada para elaborar artesanías, esculpir camafeos y hacer porcelanas de alta calidad (Stewart, 2001; Randall, 1964b). Appeldoorn (1994) estimó para toda la región del Caribe en el periodo 1988 a 1991 un desembarque de 4.000 toneladas métricas con un valor de US\$ 40'000.000.

Su distribución geográfica está confinada al Caribe, desde el Sur de Florida, Bermudas, Bahamas, Cuba, Antillas menores, Centro América, Colombia y Venezuela (SEPESCA, 1994; Warmke y Abbott, 1961 En: Little, 1965) y *S. gigas* es el más grande de las seis especies del género *Strombus* (*S. costatus*, *S. gallus*, *S. raninus*, *S. alatus*, y *S. pugilis*) que se encuentran en esta región (Figura 1).

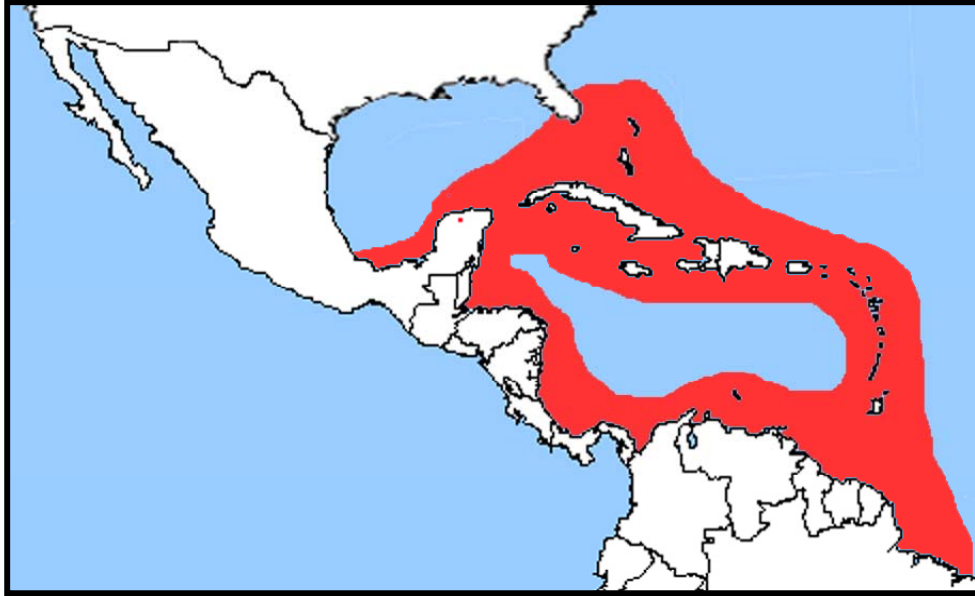


Figura 1. Distribución geográfica de *Strombus gigas* (●).

Esta especie ha sido considerada una especie apropiada para cultivos marinos en el Caribe debido a su condición de herbívora, su alto potencial reproductivo y a su apetecida carne (Cruz, 1986; Brownell, 1977; Berg, 1976; D'Asaro, 1965). No obstante este recurso soporta una alta presión de pesca y se encuentra incluida en las listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 1996), como un animal vulnerable que enfrenta riesgo de extinción. Esto ha propiciado en las últimas dos décadas un esfuerzo por parte de los países caribeños tendiente a desarrollar estrategias de manejo de esta especie como son la acuicultura, cría y protección de poblaciones naturales (Goodwin, 1983). El desarrollo de la acuicultura y la protección de poblaciones naturales, es cada día más vulnerable a la

sobre-explotación, contaminación, proliferación de enfermedades y disminución de su diversidad genética (¹Com. Per., Baqueiro, 2001).

Desde el año 1965 hasta el 2001 la literatura científica pertinente al estudio de la familia Strombidae, específicamente *Strombus gigas* presenta más de 600 investigaciones que han sido enfocadas desde entonces a aspectos ecológicos, etológicos, ambientales, poblacionales, biológicos, pesqueros, económicos, morfológicos de la concha, reproductivos y de maricultivo en lo que tiene que ver distribución larval, metamorfosis, asentamiento, desarrollo y nutrición larval (Ray, 2001; Acosta, 1994; Darcy, 1981).

Sin embargo, no existen datos que identifiquen la estructura de los tejidos para las diferentes partes anatómicas de ésta especie. Si bien existen investigaciones como la de Lagos *et al.*, (1996) los cuales incorporan a su estudio biológico pesquero aspectos histológicos de *Strombus gigas* incluyendo dos microfotografías descriptivas de gónada masculina y femenina, no mencionan metodología o técnica de tinción. La información existente sobre histología realizada con *Strombus gigas* y en especial histología reproductiva se resume a: (1) Aldana *et al.*, (En prensa) los cuales analizan el ciclo reproductivo de *S. gigas* en dos arrecifes de México y determinan su variabilidad y similitud entre estas dos

¹ Dr. Erick Raúl Baqueiro Cárdenas. Investigador Residente. Recursos Naturales Costeros. CICATA-IPN, ALTAMIRA. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, UNIDAD ALTAMIRA. Km. 14.5 carretera Tampico-Puerto Industrial, Altamira, Tamaulipas, MÉXICO.

localidades. (2) Reed (1996b, 1996a, 1995b, 1995a, 1994, 1993 y 1992) que ha trabajado con las seis especies del genero *Strombus* la anatomía reproductiva interna y externa de machos maduros e inmaduras, de hembras maduras e inmaduras y ha realizado análisis histológicos de gónadas femeninas (glándula uterina y ovario) en hembras normales y masculinizadas para compararlo con hembras y machos normales. (3) Egan (1985) examina al microscopio secciones de tejidos de *S. gigas* a través de la glándula digestiva y la gónada, para dar escalas de desarrollo y madurez sexual.

El objetivo de la presente investigación fue describir las características de los tejidos de: Probóscide, ojo izquierdo, tentáculo del ojo, pie (parte anterior), pene (machos), músculo del cuerpo (hembras), manto, poro del ano, ctenidio (branquia), saco del estilete cristalino, riñón, gónada masculina, gónada femenina y hepatopáncreas (glándula digestiva); proporcionando conocimiento histológico de varias partes anatómicas del caracol *Strombus gigas*, de las cuales no se tiene referencia, esperando sea de utilidad científica y práctica para toda la región Caribe, y que sirva de referencia para instituciones científicas, organismos de salud pública y empresas comercializadoras.

Con este trabajo pionero en la biología histológica de gasterópodos se desea incrementar el conocimiento biológico de *Strombus gigas* y sirve de base en los estudios de reproducción y patologías entre otros.

II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA

“ARRECIFE ALACRANES”

La península de Yucatán es una gran plataforma sedimentaria que se extiende hacia el norte dentro del Golfo de México. La plataforma tiene un área aproximada de 350.000 Km² de los cuales un cincuenta por ciento corresponde a la porción sumergida, conocida como Sonda de Campeche. De esta Sonda surgen los arrecifes de Cayo Arcas, Cayo Triángulos Este y Sur, Cayo Nuevo, Cayo Arenas y la estructura arrecifal más grande y compleja de la sonda de Campeche: El Arrecife Alacranes (Martínez O., 1989).

El Arrecife Alacranes se localiza aproximadamente a 135 Kilómetros al norte del Estado de Yucatán frente a las costas del puerto del Municipio de Progreso en las coordenadas 22°35' Latitud Norte y 89°43' Longitud Oeste, y esta constituido por un complejo de arrecifes coralinos con geomorfología de gran potencial científico, económico, educativo, pesquero, histórico, turístico y cultural (Figura 2). Es de forma oval, presenta su eje mayor con dirección Noroeste-Sur Oeste y surge alrededor de los 55 metros de profundidad. Su longitud máxima alcanza los 26,79 kilómetros con un ancho máximo de 14,61 kilómetros (Anexo A); esta constituido por una plataforma que se levanta desde el fondo marino

situado a 50 metros de profundidad; su frontera natural se localiza en la isobata de 40 metros; el perímetro del zócalo arrecifal se ubica a 5 metros de profundidad e incluye las partes emergentes a nivel del mar de las barreras coralinas y las islas del arrecife. Posee tres zonas claramente definidas que son; el lado Oeste o sotavento y el lado Este o barlovento y la "laguna" arrecifal (Martínez O., 1989). Por ser de interés público, esta zona conocida como "Arrecife Alacranes" fue declarada como área natural protegida, con carácter de Parque Marino Nacional el día 6 de Junio de 1994 (Secretaria de Desarrollo Social, 1994).

Las características morfológicas sobresalientes del Arrecife Alacranes las constituyen el Cantil y la Barrera de Barlovento; el Cantil Norte; el Cantil de Sotavento; la Meseta o Zócalo Arrecifal; la Isla Blanca o Pájaros; la Isla Pérez; La Isla Desertora o Muertos; La Isla Chicas, y la Isla Desterrada. Dichas islas están constituidas por la llamada arena coralina de grano medio o grueso, formada por la fragmentación de conchas de moluscos, foraminíferos, algas calcáreas, corales y fragmentos de equinodermos, minera lógicamente compuestas de caliza casi pura sin mezcla de elementos terrígenos (Secretaria de Desarrollo Social, 1994).

Isla Pérez es la mayor del grupo de islas y la única isla habitada, tanto por la gente que cuida el funcionamiento del faro, como por un destacamento de infantería de marina y pescadores. Alrededor de la isla

se encuentran fondos desde arcillas y arena fina hasta arena gruesa y pedacero de coral; Gran parte de su laguna arrecifal, sobre todo en su parte norte y este, tiene pastos marinos, destacando *Thalassia testudinum* (Martínez G. et al., 1993).

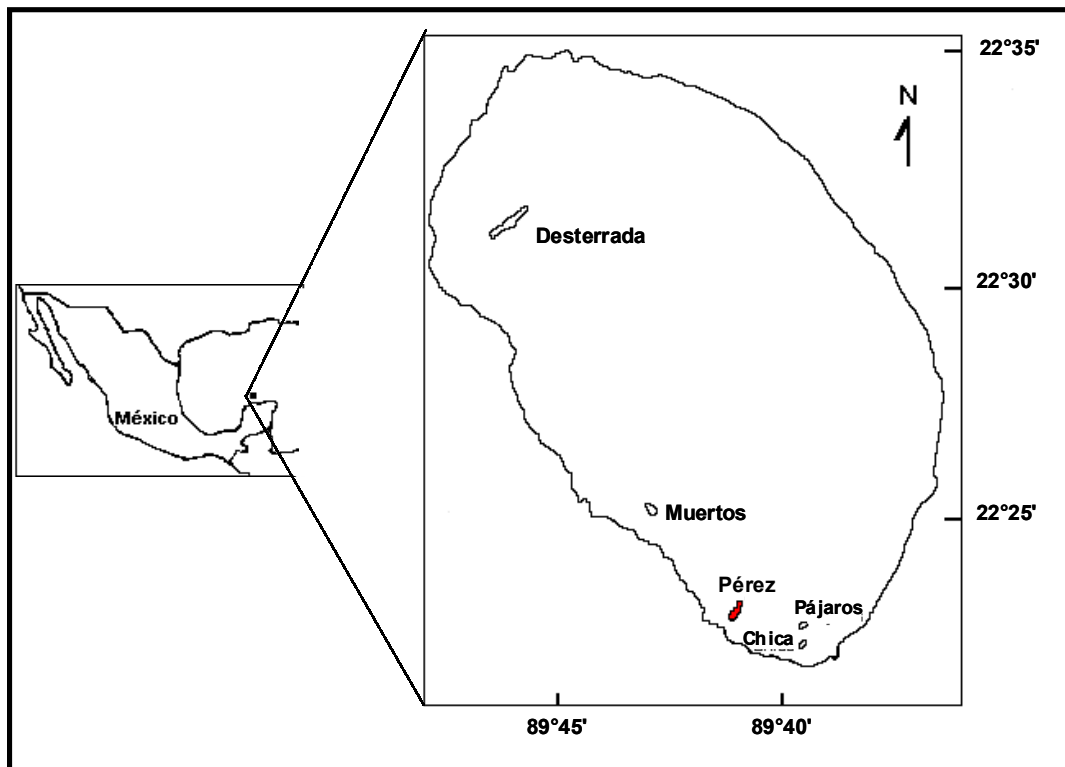


Figura 2. Sitio de muestreo en el Arrecife Alacranes, Yucatán, México.

III. METODOLOGÍA

3.1 PROCEDIMIENTO DE CAMPO

3.1.1 Número de Individuos a Estudiar

De acuerdo con la literatura especializada en estudios histológicos de moluscos, en especial sobre reproducción, no existe un criterio establecido acerca del número de ejemplares requeridos para este tipo de estudio, debido a que los autores sólo mencionan el total de ejemplares estudiados y no las razones. De acuerdo a Baqueiro *et al.*, (1992) algunos autores como Kennedy y Battle (1964) utilizaron entre seis a diez ejemplares de ostión; Dinamani (1974) entre ocho y diez; Stuardo y Martínez (1975) ocho ostiones. Aldana *et al.*, (En prensa) evaluó diez individuos de *Strombus gigas* por mes para estudios gonádicos. De acuerdo con lo anterior se consideró que seis caracoles son suficientemente representativos para este tipo de trabajo.

3.1.2 Sitio de Muestreo y Captura

En Isla Pérez, una de las que conforma el arrecife Alacranes, Yucatán, Estados Unidos Mexicanos (Figura 2), en las coordenadas 22°22'96" LN, 89°41'03" LW a una profundidad promedio de 2 metros se colectaron usando equipo básico de buceo seis individuos adultos de *Strombus*

gigas, tres hembras y tres machos, con longitud promedio de la concha de 228 mm (de la punta de la espiral al final del canal sifonal) y grosor promedio del labio de 16 mm aproximadamente (medidos en la parte central del labio a 40 mm del borde de la concha).

3.1.3 Tamaño de los Individuos y Medidas Morfométricas

De acuerdo con la distribución y morfometría de *S. gigas* en el Arrecife Alacranes reportada por Pérez y Aldana (2000, 1999, 1998), el 90% de *S. gigas* que se encuentran son individuos adultos. Con respecto a la morfometría, la literatura reportada sobre *S. gigas* maneja principalmente datos de frecuencias de longitud sifonal (Wilkins *et al.*, 1987; Wood y Olsen, 1983) y datos de frecuencia del grosor del labio (Stoner y Schwarte, 1994; Stoner y Sandt, 1992; Appeldoorn, 1988; Wood y Olsen, 1983; Wefer y Killingley, 1980; entre otros) con el propósito de determinar cualquier relación existente con el desarrollo de este individuo (Gibson *et al.*, 1983). Por lo anterior, para esta investigación se escogieron caracoles adulto a los cuales se les tomo medidas morfométricas de la concha (Tabla 4, Figuras 3 y 4) utilizando dos calibradores: Para longitud de la heliconcha (lh), longitud de la espira (le), longitud del cuerpo (lc), altura del cuerpo (hc) y ancho del cuerpo (ac) se usó un calibrador con una regla de aluminio de 60 cm, con variación de ± 2 mm y para el grosor del labio se utilizo un calibrador de plástico con una variación de ± 1 mm.

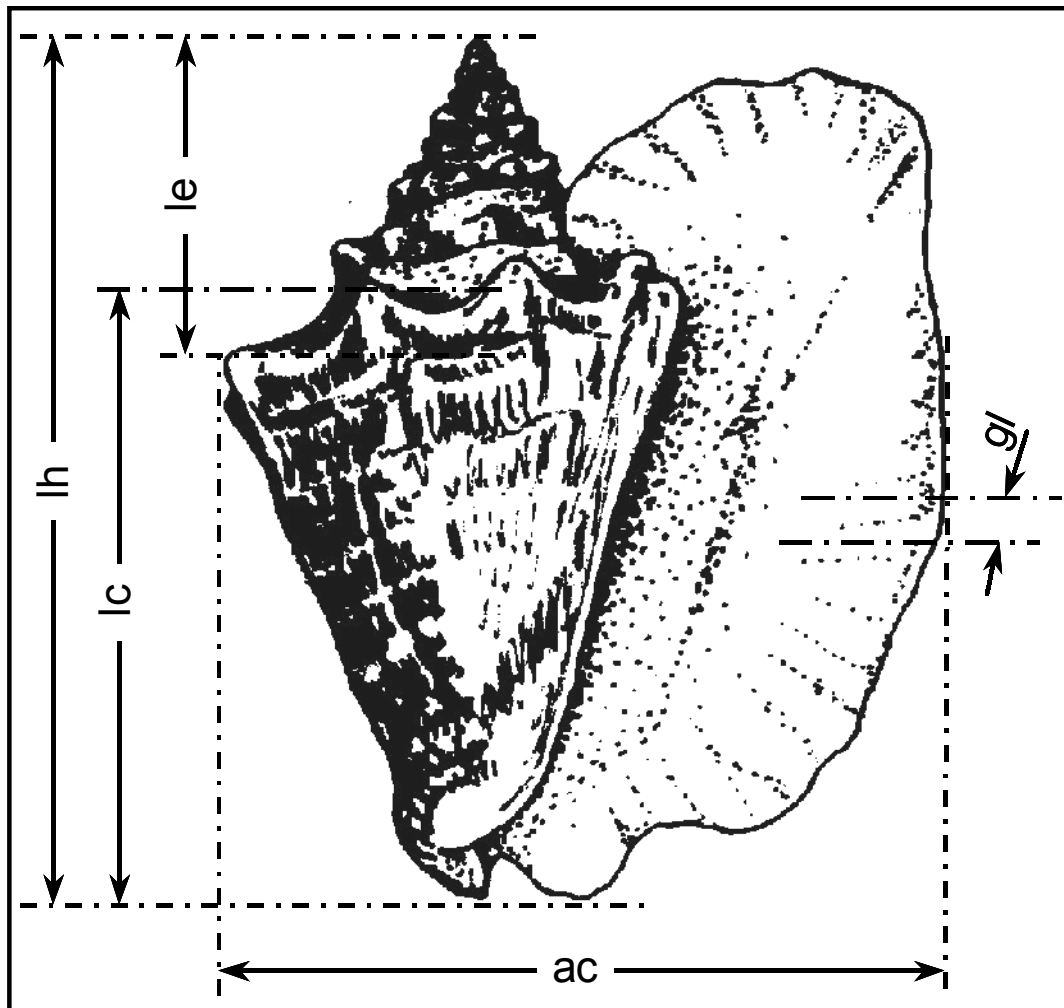


Figura 3. Medidas morfométricas de una concha de *Strombus gigas* en su vista ventral. lh) longitud de la heliconcha; lc) longitud del cuerpo; le) longitud de la espira; gl) grosor del labio; ac) ancho del cuerpo.

3.1.4 Manejo de Individuos

Los seis individuos se sacrificaron en campo y directamente se realizó la disección de las diferentes partes de cada uno de los caracoles. Cada caracol fue separado de su concha. Se rompió la concha cerca de la segunda o tercera espira a partir del ápice para cortar el músculo de la

columela de la concha. De esta forma se aseguro que el caracol saliera completo de su concha.

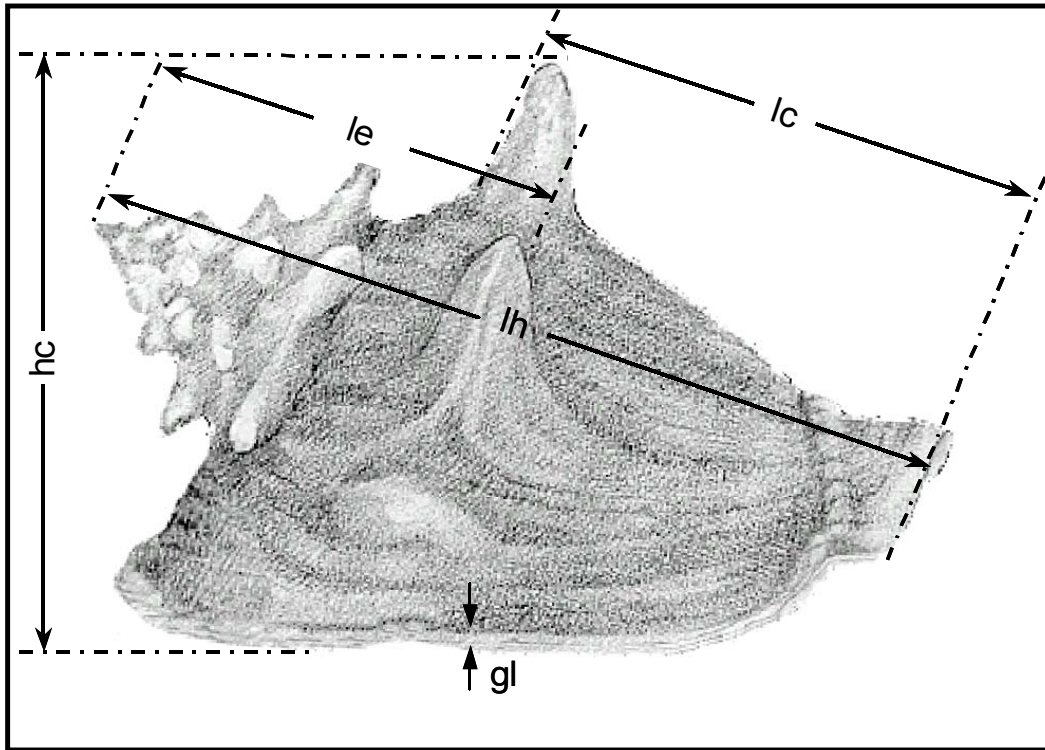


Figura 4. Medidas morfométricas de una concha de *Strombus gigas* en su vista lateral. lh) longitud de la heliconcha; lc) longitud del cuerpo; le) longitud de la espira; gl) grosor del labio; hc) altura del cuerpo.

3.1.5 Toma de Muestras

Los dibujos anatómicos de *S. gigas* (Figuras 5, 6 y 7) realizados por Little (1965) se usaron de guía durante la disección para el conocimiento y extirpación de las partes seleccionadas para este estudio que son: Probóscide, ojo izquierdo, tentáculo del ojo, pie (parte anterior), pene (machos), músculo del cuerpo (hembras), manto, poro del ano, ctenidio

(branquia), saco del estilete cristalino, riñón, gónada masculina, gónada femenina y hepatopáncreas (Figuras 8 y 9). De cada una de éstas partes se hicieron secciones de aproximadamente 1 cm³.

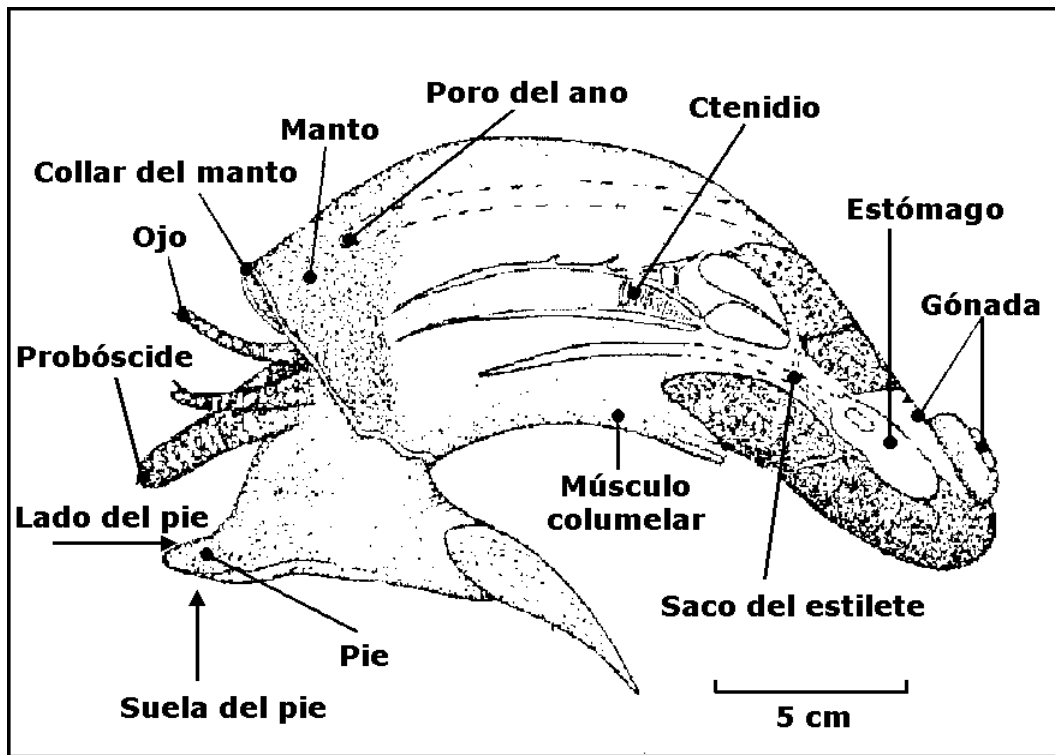


Figura 5. Vista lateral izquierda de *Strombus gigas* hembra (Tomado y modificado de Little, 1965).

3.1.6 Fijación de Muestras

Para la preservación de los tejidos cada muestra fue colocada por separado en frascos etiquetados y se fijaron por inmersión durante cuatro días usando fijador A.F.A. Davidson (Elston, 1990; Howard and Smith, 1983; Gaviño de la Torre *et al.*, 1972), según lo indicado en la tabla 1.

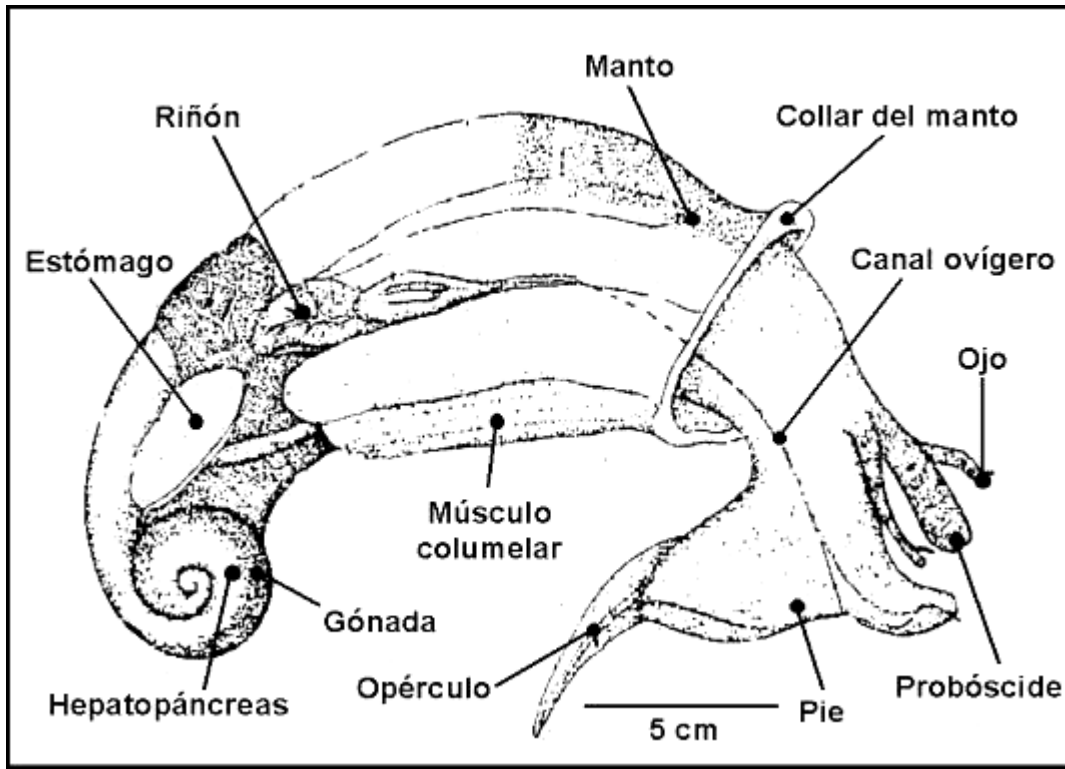


Figura 6. Vista lateral derecha de *Strombus gigas* hembra (Tomado y modificado de Little, 1965).

Tabla 1. Composición del fijador A.F.A. Davidson. Modificado de Elston (1990), Howard and Smith (1983) y Gaviño de la Torre et al., (1972). También llamado Fijador Hartman (University of Utah, 2000).

COMPUESTO	PORCENTAJE (%)
Alcohol etílico al 95 %	33
Formaldehído del 37-39%	22
Agua destilada	34
Ácido acético glacial	11

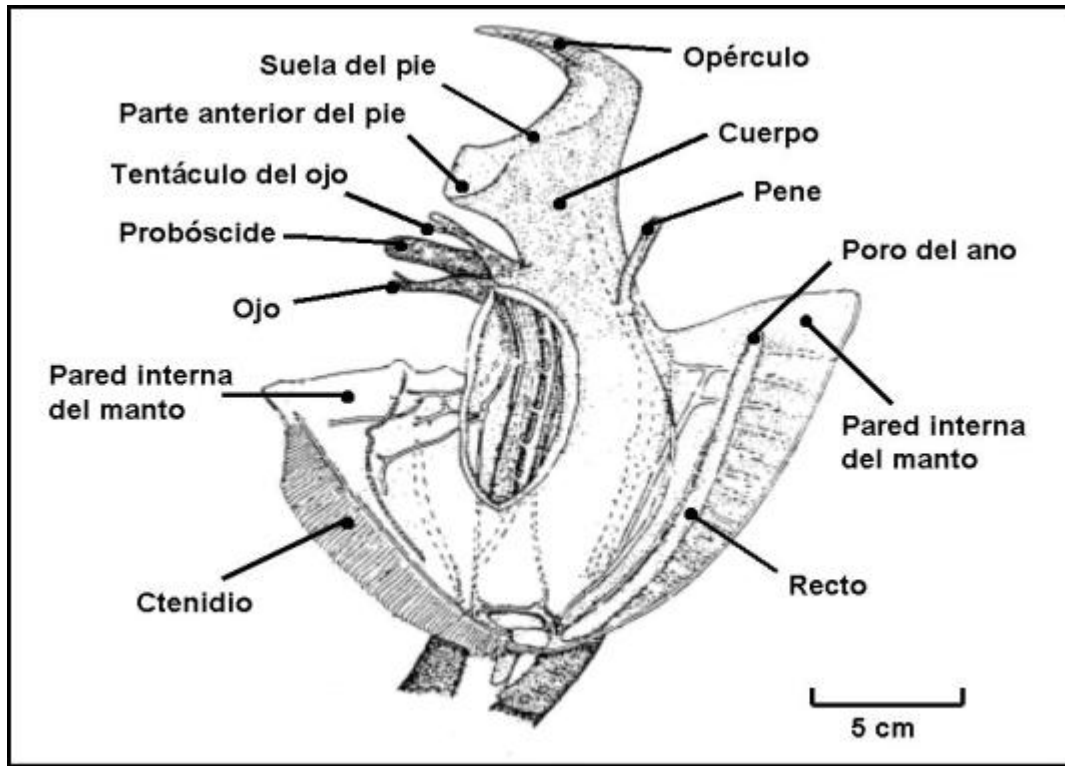


Figura 7. Cavidad del manto de *Strombus gigas* macho (Tomado y modificado de Little, 1965).

3.2 PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO

3.2.1 Procesamiento

Los métodos de histotecnología usados en el procesamiento de las muestras hacen mas énfasis en lo práctico que en lo teórico ya que son procedimientos diariamente usados en los laboratorios de Biología Marina, Ictiología, y Parasitología del CINVESTAV IPN, Unidad Mérida, lo cual implicó incorporar a los procesos histológicos (deshidratación, aclaración, impregnación, y tinción) modificaciones que han sido introducidas a través de los años y que proveen sugerencias útiles. Se citan los autores bibliográficos y se describen las modificaciones.

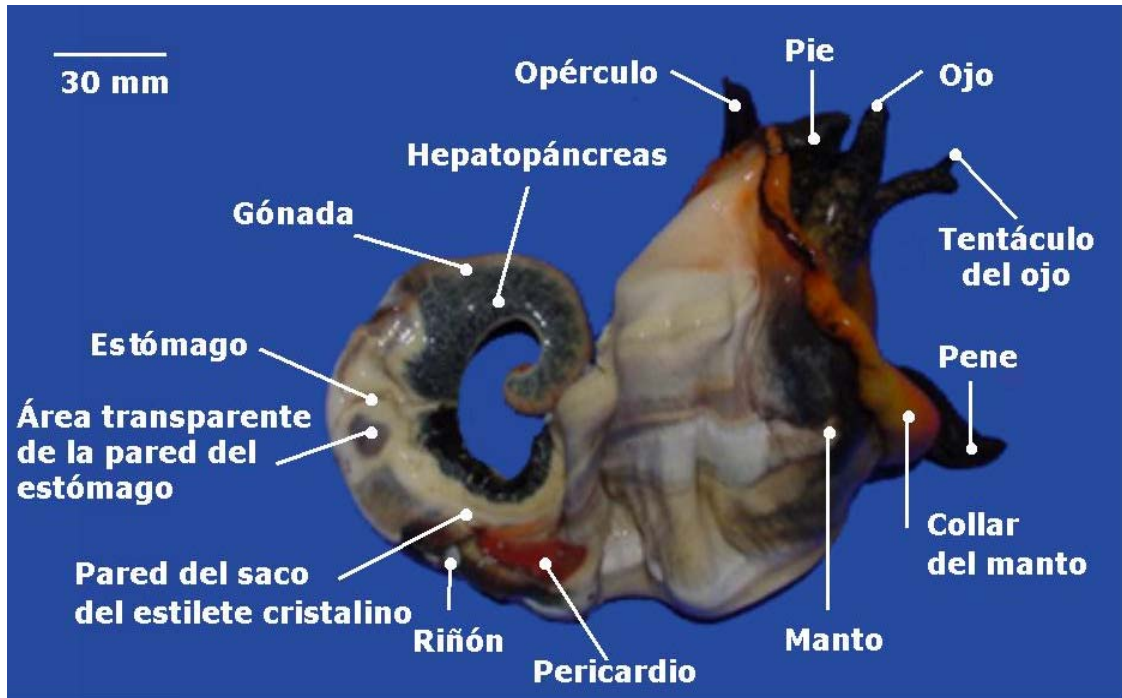


Figura 8. Fotografía lateral izquierda de la anatomía externa general de las partes suaves de *Strombus gigas* macho recién separado de su concha.

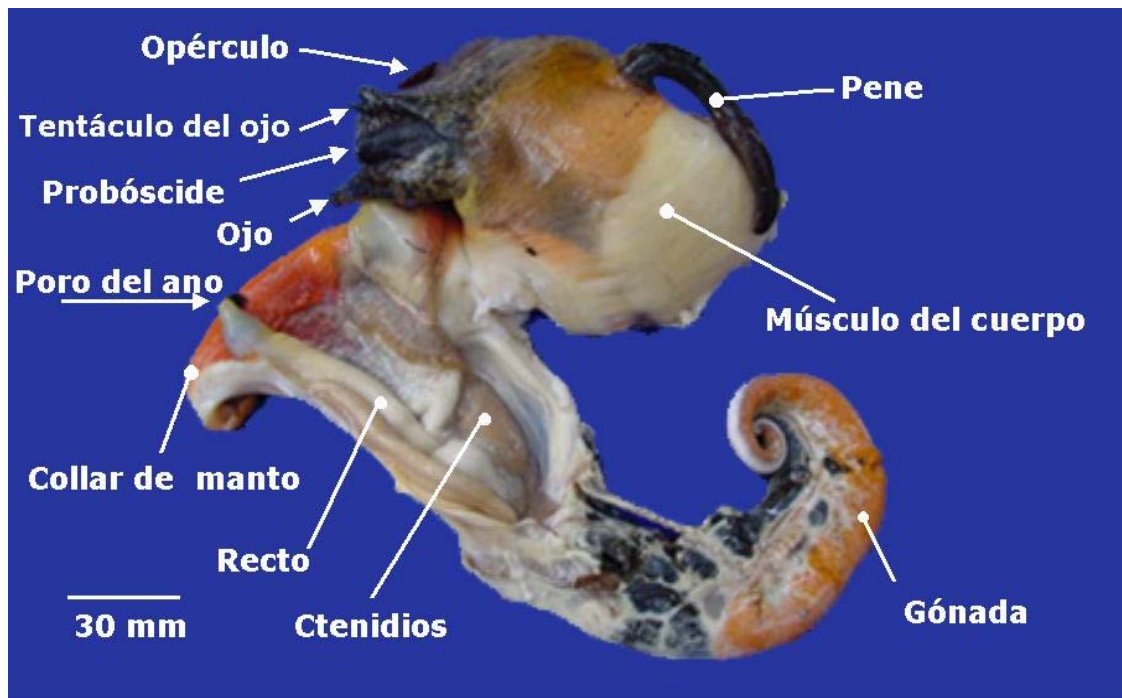


Figura 9. Ejemplar de *Strombus gigas*, macho, abierto a la cavidad del manto.

3.2.2 Proceso del Tejido

Los pasos del procesamiento de tejidos (lavado, deshidratación, aclaración, impregnación) son pasos secuenciales designados para remover toda el agua que se pueda extraer de los tejidos y remplazarla con un medio que se solidifique para así permitir el corte de estos tejidos. Para esto las muestras ya fijadas se colocaron dentro de canastillas plásticas (histocasette) previamente marcadas (Figura 10).

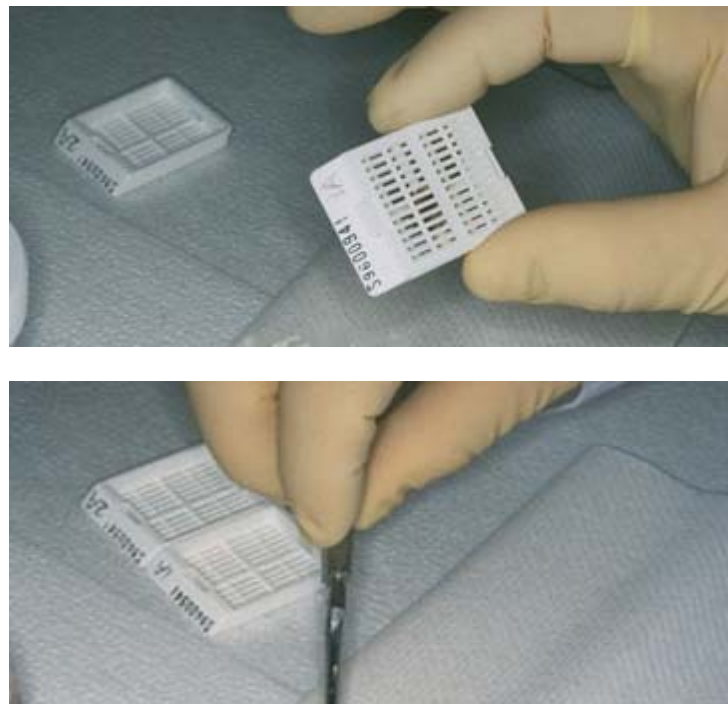


Figura 10. Histocassette

3.2.2.1 Lavado

Los tejidos se lavaron con etanol limpio al 70% (Howard and Smith, 1983) dejándolos permanecer en éste por 24 horas y realizando cambios

espaciados cada 3 horas. Este lavado se hizo un día antes de colocar las muestras en el procesador de tejidos automático (histoquinete).

Para los tres pasos siguientes (deshidratación, aclaración, impregnación) se utilizó un procesador automático de tejidos (histoquinete, Figura 11), el cual se prendió tres horas antes para calentar la parafina.



Figura 11. Procesador automático de tejidos, histoquinete modelo PT24H3B.

3.2.2.2 Procedimiento de Histoquinete

En este procesador automático de tejidos se llevo a cabo los pasos de *Deshidratación, Aclaración e Impregnación*. Consta de once pasos (Tabla 2) que duran aproximadamente 9 horas (modificado de Prophet, 1995).

La *deshidratación* se realizo con alcohol etílico limpio de graduación creciente: 70%, 96% y 100%

La *aclaración* es el reemplazo del alcohol (deshidratante) por una sustancia que sea miscible con el medio (parafina) en el cual será embebido el tejido. Para este caso se trabajo con benceno.

La *impregnación* o infiltración consiste en adaptar las muestras de tejidos a la penetración de la parafina, facilitando la realización del proceso posterior a este la inclusión. Este proceso logra la evaporación del disolvente de la parafina (Gaviño de la Torre *et al.*, 1972).

Luego de éste ultimo paso las muestras permanecieron inmersas en la parafina liquida, por un tiempo no mayor de dos horas, hasta que fueron incluidas.

Tabla 2. Pasos en el Proceso de Histoquinete (modificado de Prophet, 1995).

PASO	REACTIVO	TIEMPO
Deshidratación	1. Alcohol al 70% limpio (un baño)	1 hora
	2. Alcohol al 96% (1er baño)	1 hora
	3. Alcohol al 96% (2° baño)	1 hora
	4. Alcohol al 96% (3° baño)	1 hora
	5. Alcohol al 100% (1er baño)	1 hora
	6. Alcohol al 100% (2° baño)	1 hora
	7. Alcohol al 100% (3° baño)	1 hora
Aclaración	8. Benceno	30 minutos
	9. Benceno	30 minutos
	10. Benceno	30 minutos
Impregnación	11. Parafina	45 minutos

3.2.3 Inclusión

Se empleo parafina Paraplast con punto de fusión que oscila entre 60 °C a 63 °C. Las muestras de tejido se sacaron de su canastilla plástica y se colocaron de la manera deseada en la posición correcta dentro de los moldes de acero inoxidable que ya contenían parafina Paraplast fundida y encima se acomodó la canastilla plástica con su correspondiente etiqueta y se vertió mas parafina a medida que iba solidificándose. Luego de unos 15 minutos la parafina se solidificó, quedando el tejido rodeado por parafina y formando un bloque unido a la canastilla, listo para seccionar (Figura 12). Para sacar los bloques del molde metálico se colocó en el refrigerador unos cuantos minutos y luego con las manos se hizo una leve presión para soltarlos.

3.2.4 Microtomía

Se usó un micrótopo rotatorio manual, eléctrico, y digital (Figura 13) que permite efectuar en forma más o menos automática cortes sucesivos de grosor uniforme y del espesor deseado. En este estudio se realizaron cortes a 6 micras de grosor.

Antes de realizar las secciones, se removió con un bisturí el exceso de parafina de los lados del molde, dejando márgenes delgados de parafina alrededor del tejido. Luego el bloque se asegura de la canastilla al portabloques del micrótopo y se ajusto la cuchilla con un ángulo de 11° grados con la vertical. Se hicieron rebanadas hasta que el tejido quedo expuesto y con un copito de algodón humedecido con agua destilada se iba humectando la superficie del bloque a medida que se hacían las tiras.



Figura 12. Proceso de inclusión en parafina y molde de acero inoxidable SAKURA. 24 x 24 x 12 mm.



Figura 13. Micrótopo rotatorio MICROM HM340E.

3.2.5 Montaje

Las tiras cortadas de los tejidos se pusieron a flotar en un baño de agua destilada "Baño María" cuya temperatura oscilaba de 40 °C a 50 °C, suficiente para permitir se extendiera el corte, pero teniendo cuidado de que el tejido no se deshiciera. Cada tira se levantó con un porta-objetos previamente impregnado con albúmina de Mayer para una mejor fijación de la muestra al porta-objeto. Para alzar los tejidos el porta-objeto se colocaba debajo de la tira y se iba retirando lentamente del baño María en un ángulo de 45° grados arrastrando así la tira de tejidos. Estos montajes se pusieron en cajas de vidrio (Figuras 14) y se colocaron en el horno a una temperatura de 60°C durante 4 días, para quitar al máximo la parafina tratando de que el tejido quedara sin ella; y con ayuda de un copito de algodón se retiraba el exceso que permanecía en los bordes del porta-objeto.

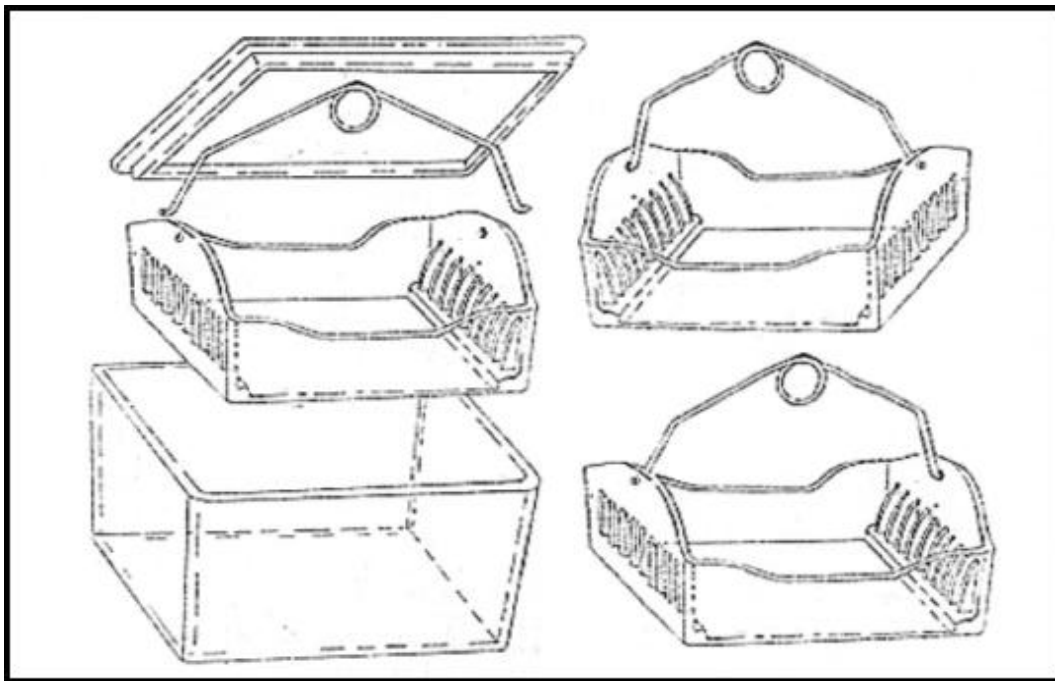


Figura 14. Caja de vidrio Coplin utilizada durante el proceso de tinción.

3.2.6 Tinción

El proceso de coloración (Tabla 3) empleado fue la coloración básica (H & E tinción regresiva, HHE₂) Hematoxilina de Harris - Eosina amarillenta modificada de la técnica descrita por Howard and Smith (1983). Este proceso de tinción es usado en el Laboratorio de Patología, Laboratorio de Ictiología y Laboratorio de Biología Marina del CINVESTAV IPN, Mérida con muy buenos resultados para organismos invertebrados como moluscos, crustáceos, peces, y anfibios.

Tabla 3. Técnica de tinción Hematoxilina de Harris - Eosina amarillenta (H & E tinción regresiva, HHE₂), modificada de Howard and Smith, (1983).

PASO	REACTIVO	TIEMPO
Desparafinación	1. Xilol	10 min.
	2. Xilol	10 min.
Hidratación	3. Alcohol Absoluto	5 min.
	4. Alcohol 96%	5 min.
	5. Agua Destilada	10 min.
	6. Hematoxilina	10 min.
	7. Agua de grifo "corriente".	10 min.
	8. Alcohol Acidulado	3 seg.
	9. Agua de grifo "corriente"	10 min.
	10. Eosina	1 min.
Deshidratación	11. Alcohol 96%	2 min.
	12. Alcohol Absoluto	2 min.
	13. Alcohol Absoluto	5 min.
	14. Xilol	5 min.
	15. Xilol	5 min.

3.2.7 Sellado

Las secciones de tejidos coloreados en el porta-objeto se cubrieron con un cubre-objeto delgado de vidrio para proteger el tejido, mantener una mejor calidad óptica al ver bajo el microscopio, para conservar la sección del tejido durante muchos años y para protegerlo del ambiente e impedir su hidratación y deterioro.

La adhesión del cubre-objeto al portaobjeto se realizó con resina sintética al 60% en Xilol, la cual se calentó un poco para que fuera más líquida y se pudiera manejar al momento de hacer el sellado. Posteriormente estos montajes se dejaron secar a temperatura ambiente por 8 días, al cabo de este tiempo se procedió a limpiar el montaje, quitando primero con un bisturí toda aquella resina seca que quedó alrededor del cubreobjeto, y luego se tallaron los cristales con un copito de algodón remojado en benceno, evitando utilizarlo demasiado ya que este disuelve la resina y el cubreobjeto podría moverse y dañar el tejido. Para finalizar el benceno se eliminó con paños de papel humedecidos en alcohol absoluto, quedando de esta manera el montaje con corte del tejido pegado al porta-objeto sin parafina y listo para marcar y observar al microscopio.

IV. OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS MICROSCÓPICO

Las placas histológicas fueron examinadas y analizadas usando un microscopio de luz Carl Zeiss MC-63A. Para la toma de fotografías se realizo con una videocámara de color Sony CCD-IRIS de alta resolución, que reflejaba la imagen en una pantalla de televisor, y en un monitor de computadora y luego eran almacenadas en una computadora. Cada una de las estructuras fue descrita ha amplificación microscópica de 400x y 1000x. Las coloraciones que se describen en los resultados son las adquiridas con el proceso de tinción Hematoxilina de Harris - Eosina amarillenta, método regresivo (modificado de Howard and Smith, 1983).

V. RESULTADOS

5.1 MEDIDAS MORFOMÉTRICAS

Tabla 4. Medidas morfométricas de las conchas de caracoles machos y hembras de *Strombus gigas*.

SEXO	LONGITUD HELICONCHA (MM)	GROSOR DEL LABIO (MM)	ALTURA DEL CUERPO (MM)	LONGITUD DE LA ESPIRA (MM)	LONGITUD DEL CUERPO (MM)	ANCHO DEL CUERPO (MM)
HEMBRA	263,00	17,00	111,00	102,00	203,00	203,00
HEMBRA	239,00	18,00	133,00	92,00	187,00	181,00
HEMBRA	212,00	15,00	110,00	81,00	162,00	164,00
MACHO	207,00	17,00	124,00	76,00	170,00	183,00
MACHO	223,00	13,00	126,00	86,00	135,00	176,00
MACHO	224,00	15,00	122,00	76,00	143,00	166,00
PROMEDIO	228,00	15,83	121,00	85,50	166,67	178,83
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	20,42	1,83	8,94	10,15	25,80	14,13

5.2 DESCRIPCIONES HISTOLÓGICAS

5.2.1 Probóscide

Anatómicamente la boca es una hendidura vertical formada por dos labios que esta situada en el final de la probóscide larga y extensible. Estos labios están formados por tejido conectivo y tejido epitelial.

El tejido conectivo es denso fibroso color rosa intenso que varia dependiendo del grosor de las fibras. Esta compuesto de fibras

musculares longitudinales con un grosor de 0,8 μm y de fibras colágena largas con un grosor aproximado de 2,4 μm de color rosadas cristalino siendo tres veces más anchas que las musculares. Se observan células de color azul-violeta de forma ovalada, alargada y redondeada de textura granulosa con un diámetro de 2,4 μm a 3,2 μm inmersos en todo el cuerpo de la probóscide.

La periferia de la probóscide es un revestimiento que forma valles y crestas ondulados de tejido epitelial cilíndrico pseudo-estratificado sin cilios, con una lamina externa lisa, compacta, acelular, y ancha de 5,6 μm a 12 μm de color rosa pálido y apariencia gelatinosa. Las células rectangulares presentan altura de 60 μm a 80 μm con su núcleo granuloso ovalado alargado color azul-morados de 12 μm a 14,4 μm de altura y de 2,4 μm a 4 μm de ancho. Ubicados a diferentes alturas forman una banda ancha en la parte media de la célula de color azul-violeta oscuro, con grosor promedio de 45 μm , ocupando aproximadamente un 60% de la altura total del epitelio, dejando hacia la lamina externa y la lamina basal de las células rectangulares un pequeño citoplasma celular de color rosado pálido de 10 μm a 16 μm de ancho. La lamina basal se ve bien definida formando una línea continua clara color rosado con un grosor aproximado de 2 μm (Figuras 15 y 16).

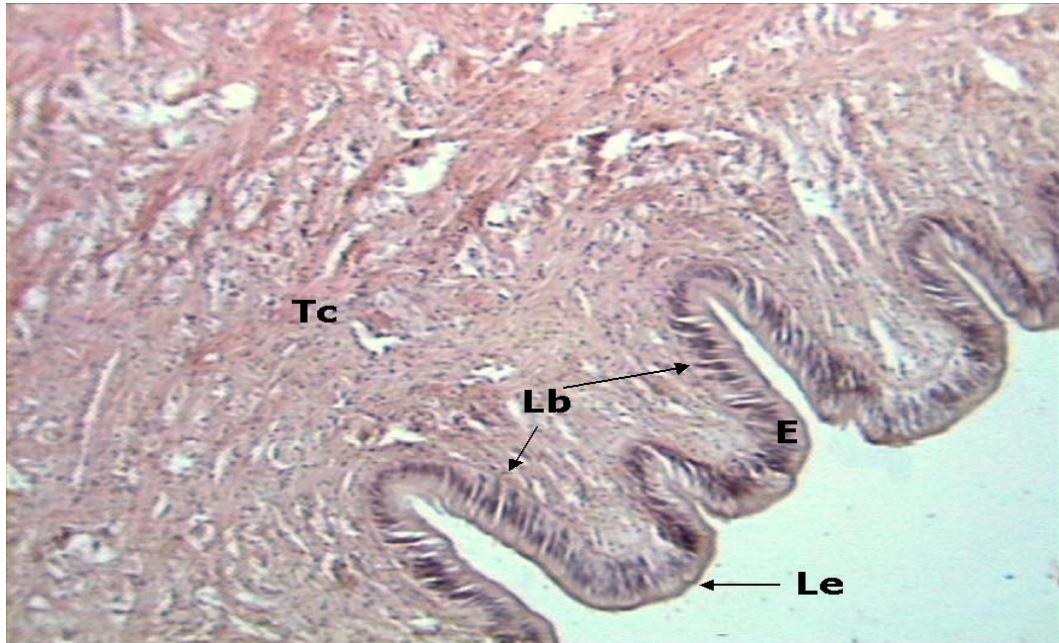


Figura 15. Sección microfotográfica en corte transversal de la probóscide de *Strombus gigas* (10x). Tc) tejido conectivo denso fibroso; E) epitelio tegumentario mostrando su disposición ondulante; Le) lamina externa; Lb) lamina basal.

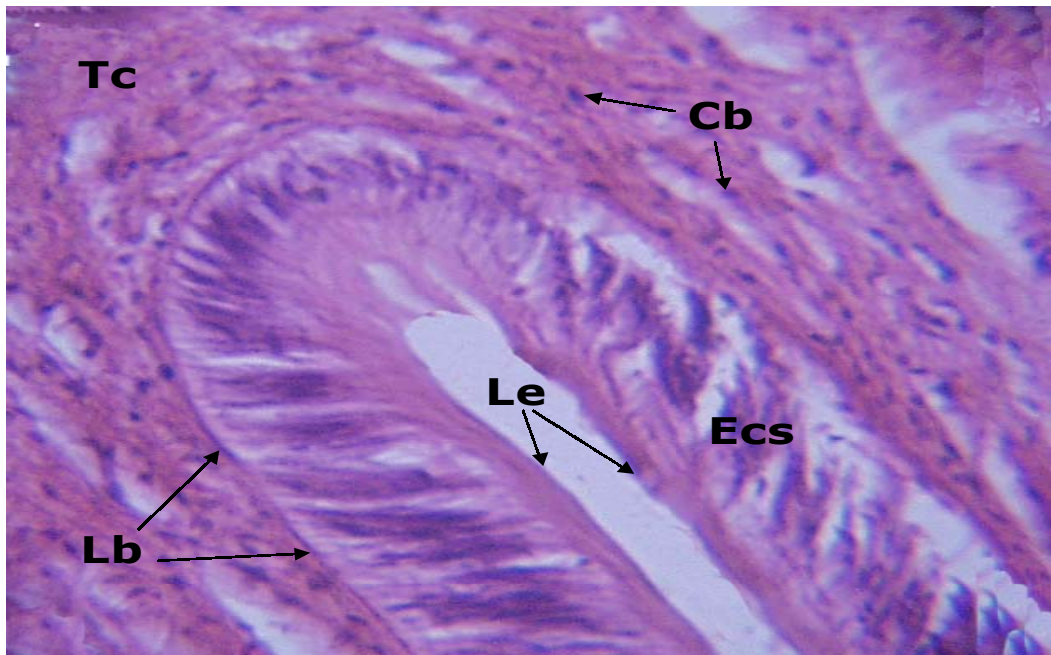


Figura 16. Sección en corte transversal del epitelio tegumentario de la probóscide de *Strombus gigas* (100x). Tc) tejido conectivo denso fibroso; Cb) células basófilas; Ecs) epitelio cilíndrico pseudo-estratificado; Le) lamina externa; Lb) lamina basal.

5.2.2 Ojo.

El ojo es un órgano sensorial diferenciable dotado de córnea, iris, cristalino, cuerpo vítreo, retina y nervio óptico situado en la parte distal del pedúnculo ocular dentro de la orbita ocular. La parte distal del pedúnculo ocular esta formada por tejido conectivo envuelto por tejido epitelial. El tejido conectivo es denso fibroso con fibras musculares longitudinales y de colágena que se anastomosan, encontrándose espacios de matriz celular hacia la periferia del pedúnculo ocular y gran cantidad de células granulosos azul-violeta ovalados, alargados, redondeados con un diámetro de 1,6 μm a 2,4 μm inmersos en todo el cuerpo del pedúnculo ocular.

El tejido epitelial es cilíndrico pseudo-estratificado sin cilios e igual que en el tentáculo del ojo presenta las mismas características de altura de la célula cilíndrica y tamaño, forma, color y disposición de sus núcleos. En el pedúnculo ocular y próximo a la retina se observa un nervio óptico ovalado grande con un diámetro menor de 26 μm a 32 μm y un diámetro mayor de 66 μm a 72 μm que internamente presenta fibras ramificadas que desembocan en 6 núcleos gránulos, periféricos, esféricos con diámetro promedio de 4 μm de color azul.

La orbita ocular o cavidad del ojo es un espacio de forma circular con un diámetro de 1.160 μm a 1.250 μm , donde se encuentra alojado el ojo.

Las partes del ojo mas diferenciables son el cristalino, cuerpos vítreos y la retina (Figura 17). El Cristalino o lente del ojo es esférico y acelular que adquiere una coloración rosa tenue y apariencia vidriosa rígida con diámetro promedio de 256 μm . El cuerpo vítreo es una zona acelular que forma una cámara o fosa traslucida donde el cristalino se encuentra alojado.

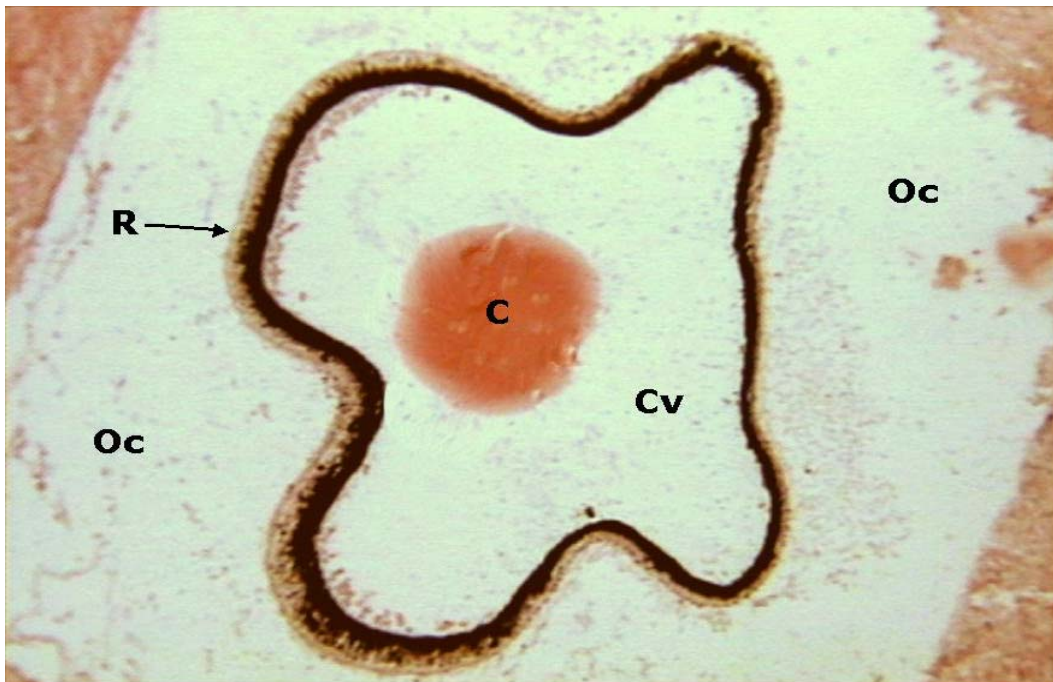


Figura 17. Microfotografía histológica en corte transversal de la anatomía general del ojo de *Strombus gigas* (10x). Oc) órbita ocular; R) retina; Cv) cuerpo vítreo; C) cristalino.

La retina es una porción compuesta de capas múltiples, presentando cuatro capas de apariencia diferente: (1) la parte inmediata al cuerpo vítreo es de tono rosado claro, textura gelatinosa, coagulada y apariencia

trabecular; (2) seguida se encuentra una capa compacta de pigmentos negros granulosos con un espesor de $13,6 \mu\text{m}$ a $24 \mu\text{m}$ presentando algunas partes más anchas de $40 \mu\text{m}$ a $44 \mu\text{m}$; (3) luego una capa nuclear con espesor de $16 \mu\text{m}$ y con sus núcleos granulosos redondos color azul-violeta con diámetro de $2,4 \mu\text{m}$ a $3,2 \mu\text{m}$; y (4) la ultima capa es una región plexiforme ondulante longitudinal, fibrosa, compacta, rosada (Figura 18). En algunos cortes histológicos, esta ultima capa de la retina se observa adherida o cercana a la pared de la cavidad ocular (orbita ocular) por una capa mucosa con gránulos internos y células planas alargadas.

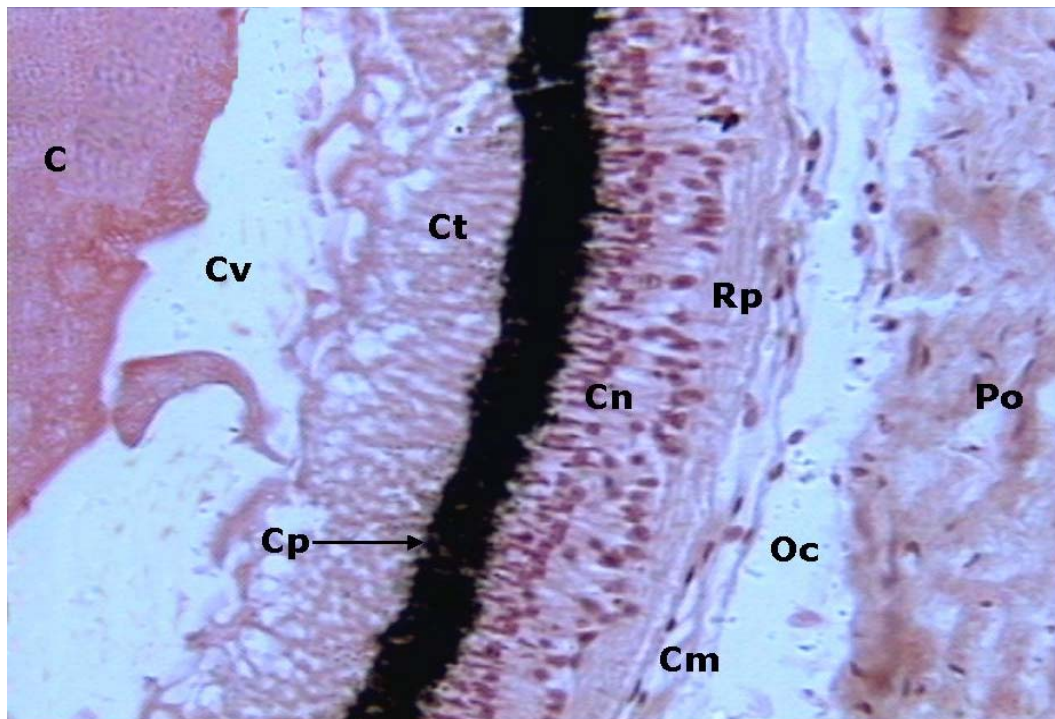


Figura 18. Sección histológica de la retina del ojo de *Strombus gigas* (40x). C), Cristalino; Cv) cuerpo vitreo; Ct) capa trabecular; Cp) capa pigmentada; Cn) capa nuclear; Rp) región plexiforme; Cm) capa mucosa; Oc) orbita ocular; Po) pedúnculo ocular.

5.2.3 Tentáculo del ojo

Es un pequeño tallo que sobresale al final del pedúnculo ocular de forma ovalada con un diámetro menor de 1.125 μm a 1.250 μm y mayor de 1.375 μm a 1.625 μm . Del centro del tentáculo hacia la periferia se encuentra el tejido conectivo denso fibroso de color rosa intenso que se va radiando y forma una figura parecida a una estrella de varias puntas. Entre estos radios y la periferia del tentáculo se encuentra tejido muscular transversal y longitudinal, fibras de colágena, vasos y venas alargadas ovaladas que convergen al centro del tentáculo. Se observan células granulosa azul-violeta ovalados, alargados, redondeados con un diámetro de 1,6 μm a 2,4 μm inmersos en todo el cuerpo del tentáculo, y principalmente en su centro (Figura 19).

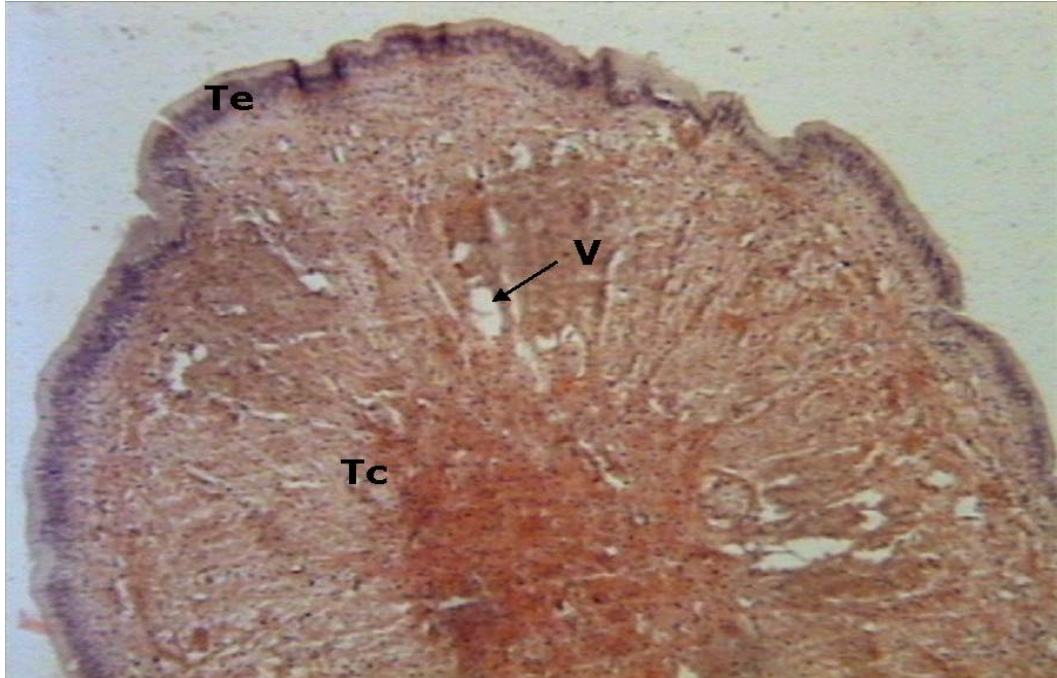


Figura 19. Microfotografía en corte transversal de la anatomía histológica general del tentáculo del ojo de *Strombus gigas* (10x). Tc) tejido conectivo; V) vena; Te) tejido epitelial.

La periferia del tentáculo del ojo es un revestimiento de tejido epitelial cilíndrico pseudo-estratificado sin cilios con una altura de 34 μm a 60 μm y núcleos granulosos ovalados alargados azul-morados de 9,6 μm a 12,3 μm de altura y de 2,4 μm a 3,2 μm de ancho, que se encuentran a diferentes alturas en posición basal. Así, los núcleos forman una banda ancha de color violeta oscuro compacto con altura promedio de 38 μm que ocupa aproximadamente un 70% de la altura total del epitelio, dejando hacia la lamina externa de las células cilíndricas un pequeño citoplasma celular de color rosado pálido de 10 μm a 16 μm de altura. Se encuentra una lamina basal definida por una franja delgada de tejido conectivo denso fibroso longitudinal (Figura 20).

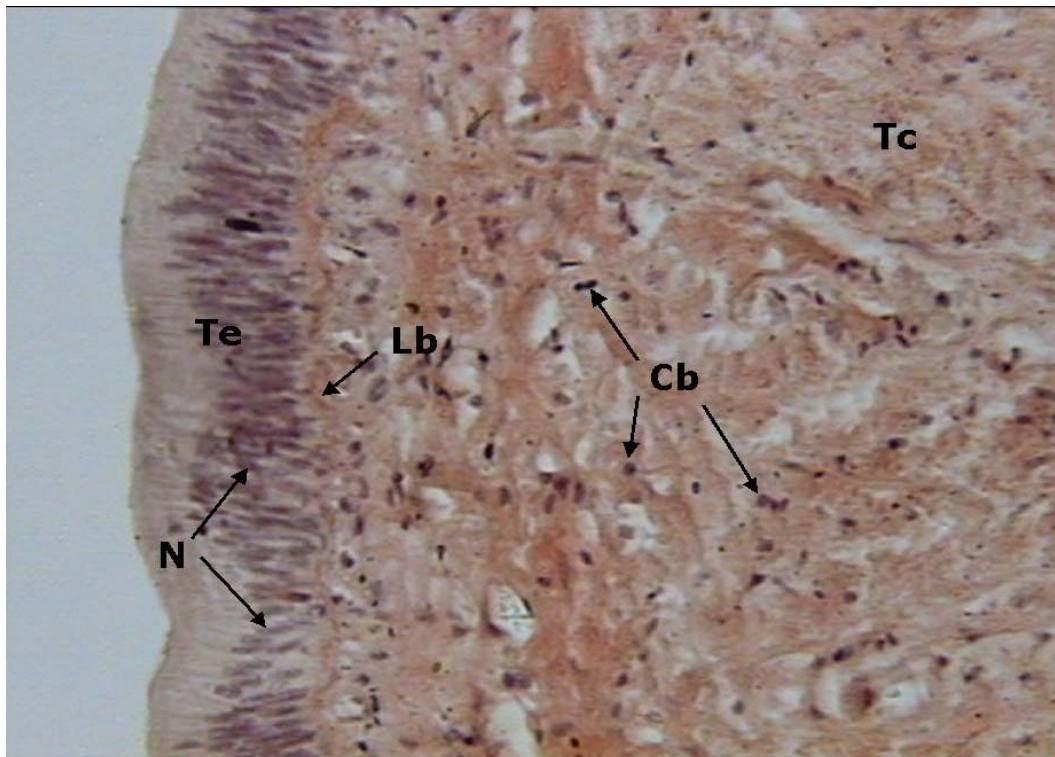


Figura 20. Sección microfotográfica del epitelio tegumentario del tentáculo del ojo de *Strombus gigas* (40x). Te) tejido epitelial; N) núcleo de la célula epitelial; Lb) lamina basal; Cb) células basófilas; Tc) tejido conectivo.

5.2.4 Pie

Se observan dos partes denominadas aquí lado del pie que es la sección del animal que se encuentra debajo de la probóscide y la otra parte la suela del pie (Figura 5). Cada parte esta constituida por tejido epitelial, tejido muscular y fibras colágena.

El tejido muscular y las fibras de colágena se encuentran entremezcladas y dispuestas en diferentes direcciones. Embebido en este tejido se ven espacios de matriz celular y se encuentran células azul oscuro granulosas de forma redondeada con diámetro promedio de 3,2 μm y de forma ovalada alargada con altura de 4 μm a 6 μm y ancho de 2 μm promedio a las cuales les diferencia sus gránulos. Se pueden observar dos formas diferentes de la disposición del tejido epitelial, tanto en el lado del pie como en la suela del pie.

El epitelio del *lado del pie* presenta dos orientaciones diferentes: (1) Epitelio cilíndrico glandular ciliado formando pliegues tubulares largos con extremos redondeados, con presencia de mucus entre cada uno de estos pliegues. Las células rectangulares son altas de 40 μm a 48 μm , con una lamina externa de 1,6 μm de grosor y color rosa oscuro, con cilios pequeños de 8 a 10 μm de largos y con núcleos granulosos ovalados alargados en posición basal y color azul fuerte de 6 μm a 8 μm de altura y de 1,6 μm a 2,4 μm de ancho. En algunos tramos del epitelio se encuentran gránulos alargados de secreción mucosa en posición media apical de la célula

rectangular; con altura promedio de $9.6 \mu\text{m}$, de color azul intenso compacto (Figura 21 y 22). (2) Epitelio cilíndrico pseudo-estratificado ciliado contiguo a la suela del pie formando sinuosidades pareadas con aristas angulares. Las células rectangulares oscilan de $40 \mu\text{m}$ a $60 \mu\text{m}$ de altura y solo algunas llegan a la superficie del epitelio; los cilios presentan de $6 \mu\text{m}$ a $10 \mu\text{m}$ de largo y en el epitelio entrante se encuentran principalmente cilios mayores a $8 \mu\text{m}$ y sobre el borde plano adyacente a la suela del pie cilios menores a $8 \mu\text{m}$. En algunos tramos del epitelio sus núcleos y gránulos de secreción están localizados a niveles diferentes, dando la impresión de un epitelio con varias capas de células que se esta estratificando o que esta pasando por un periodo de transición (Figura 23).

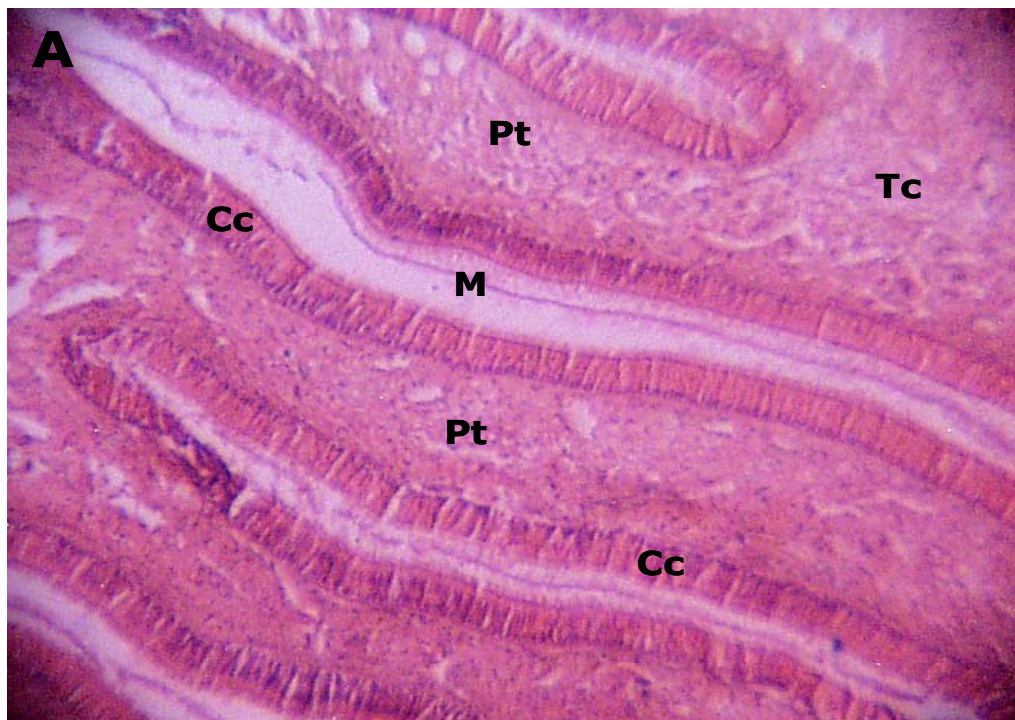


Figura 21. Sección microfotográfica de la parte frontal del pie de *Strombus gigas*. **A)** pliegues tegumentarios de la glándula pedal (10x). Pt) pliegue tegumentario; Cc) células cilíndricas ciliadas; M) mucus;; Tc) tejido conectivo.

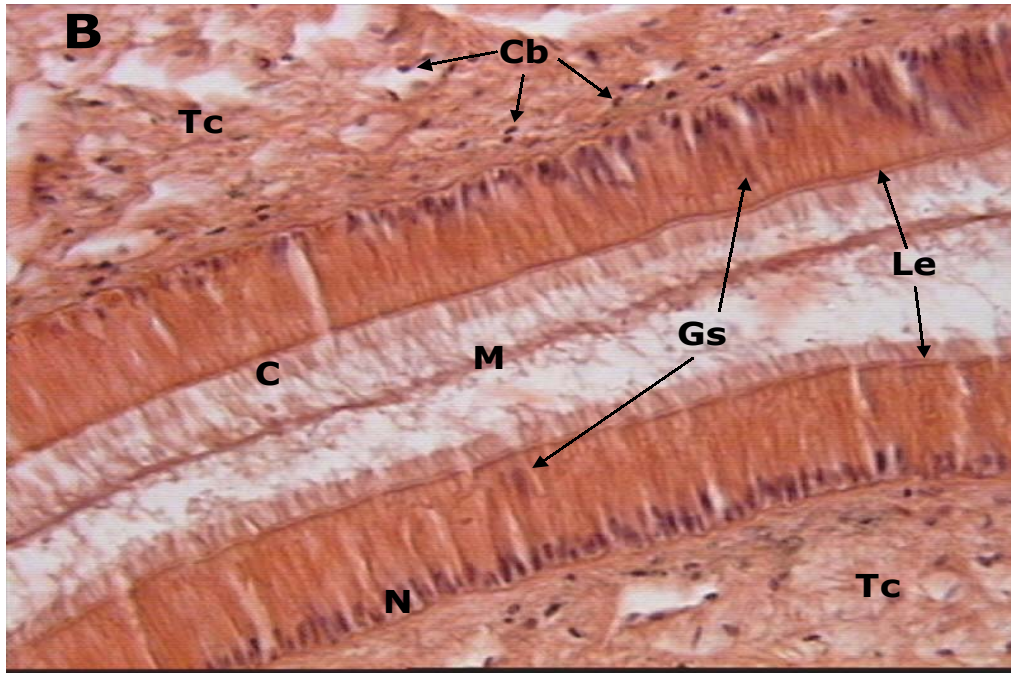


Figura 22. Sección microfotográfica de la parte frontal del pie de *Strombus gigas*. **B**) epitelio de los pliegues tegumentarios (40x). M) mucus; C) cilios; Le) lamina externa; Gs(gránulos de secreción; N) núcleo basal de la célula cilíndrica; Tc) tejido conectivo; Cb) células basófilas.



Figura 23. Sección microfotográfica en corte transversal observándose la disposición cuadrada del epitelio del lado del pie adyacente a la suela del pie de *Strombus gigas*(10x). Tc) tejido conectivo; Te) tejido epitelial.

De igual forma, la *suela del pie* presenta dos orientaciones diferentes: (1) en la parte contigua al lado del pie se encuentra un epitelio con disposición lineal de células cilíndricas con una altura de 20 μm a 36 μm , siendo pequeñas en comparación con los epitelios del lado del pie, con una lamina externa de 1,6 μm de grosor y color rosa claro, con cilios de 4 μm a 5 μm de largos y con núcleos granulosos de color azul en posición basal. También se encuentran gránulos de secreción con altura de 8 μm de color azul oscuro compacto. (2) la parte de la suela del pie que se apoya en el sustrato tiene un epitelio cilíndrico pseudo-estratificado con disposición lobulada y pareada, formando crestas y valles redondeados. Las células de este epitelio son rectangulares con altura de 36 μm a 40 μm y con cilios de 4 μm a 5 μm de largos solo en la parte entrante de la sinuosidad (valle), con núcleos granulosos basales redondos azules (Figuras 24 y 25).

En la suela del pie como el lado del pie los tramos de epitelio que tienen gránulos de secreción observados en ampliación microscópica de 30x y 100x forman dos bandas azuladas separadas, una que corresponde a los gránulos de secreción y la otra que corresponde a los núcleos basales del epitelio.

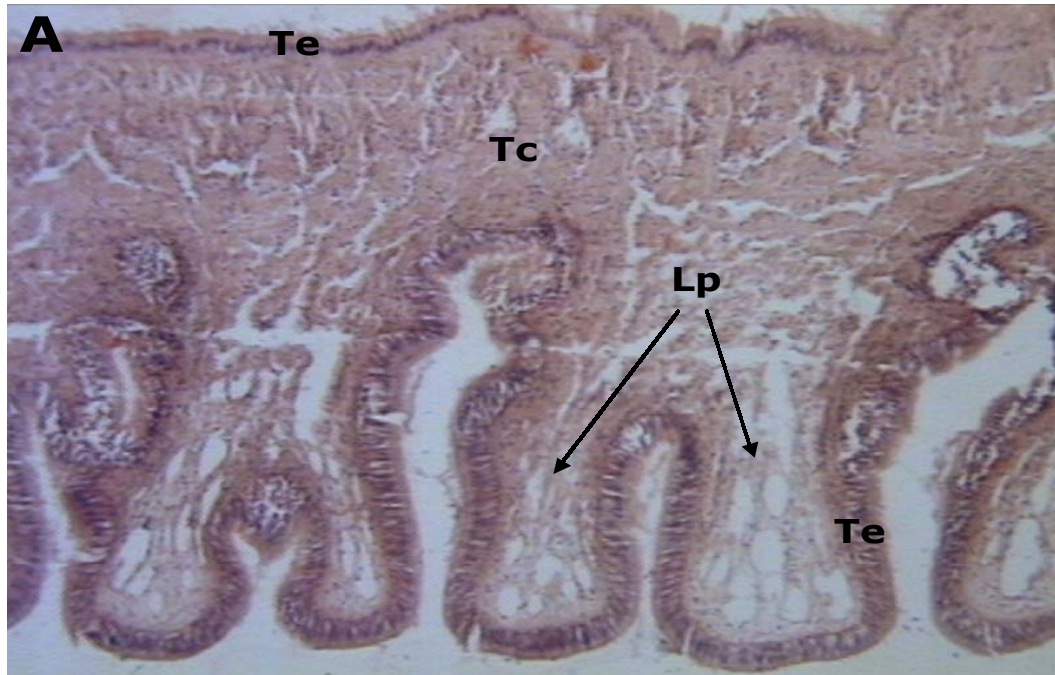


Figura 24. Microfotografía en corte transversal de la suela del pie de *Strombus gigas*. **A)** vista general (10x). Te) tejido epitelial; Tc) tejido conectivo; Lp) lóbulo pareado.

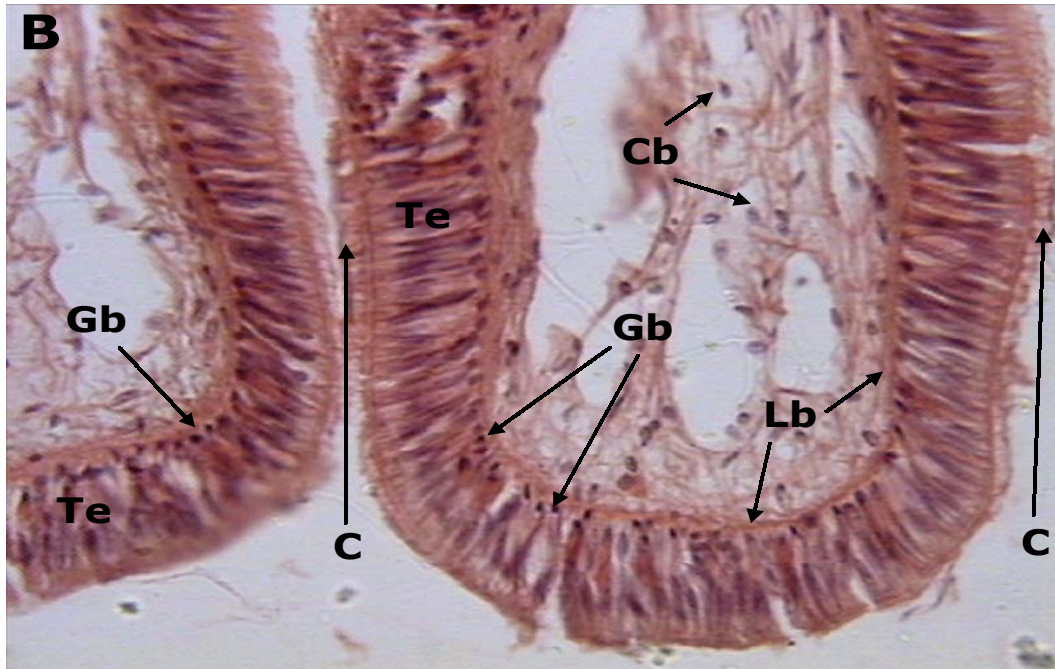


Figura 25. Microfotografía en corte transversal de la suela del pie de *Strombus gigas*. **B)** lóbulos tegumentarios adyacentes al sustrato (40x). Te) tejido epitelial; Lb) lamina basal; Gb) gránulos de secreción; C) cilios; Cb) células basófilas.

5.2.5 Pene

El pene esta conformado por tejido muscular y tejido epitelial. El tejido muscular es el sostén del pene y el que constituye el cuerpo de este. Esta conformado por (1) fibras colágena gruesas longitudinales largas y ondulada agrupadas e individuales bordeando haces musculares y (2) fibras musculares estriadas en sentido longitudinal, transversal, oblicuas y principalmente en disposición transversal con un diámetro de 4 μm a 8 μm integrando haces de fibras musculares. Entre este tejido se observan células azules ovaladas y alargadas con ancho de 1,6 μm a 2 μm y alto de 4 μm a 6,4 μm estableciendo grupos o simplemente disgregados alrededor de las fibras longitudinales de colágena. De la base del canal (surco) del pene y en dirección interna hacia la uretra salen fibras musculares longitudinales en disposición radiada.

El tejido epitelial se presenta en cuatro clases o formas diferentes, así: Un epitelio transicional, un epitelio cilíndrico pseudo-estratificado, un epitelio cúbico simple y por ultimo una modificación del epitelio cúbico simple que he denominado aquí glandular intra-epitelial. Estos tipos de epitelio no presentan una lamina basal definida con lo cual los epitelios están en contacto directo con el tejido muscular.

(1) el epitelio transicional como su nombre lo indica es un epitelio compuesto de varias capas de células y se localiza en la cima del surco de

todo el pene. (2) el epitelio cilíndrico pseudo-estratificado es ciliado y cubre el resto del pene formando leves ondulaciones. Sus células rectangulares oscilan de 38 μm a 50 μm de altura y solo algunas llegan a la superficie del epitelio; los cilios presentan en promedio 14 μm de largo. (3) el epitelio cúbico simple, esta constituido por una sola capa de células con una altura de 12 μm a 18 μm y cada célula tiene un perfil cuadrado con un núcleo redondo granuloso de 4 μm a 6,4 μm de diámetro en ubicación central. El epitelio, además, presenta cilios con un largos 5,5 μm a 6,5 μm que salen de una lamina externa de aproximadamente 0,8 μm de grosor. Este epitelio se encuentra revistiendo el surco espermático (canal) del pene, principalmente en su parte apical donde aun no ha sido invadido por el epitelio glandular o mejor, donde aun no se ha modificado a epitelio glandular y se aprecian pequeños tramos de 5 a 10 células cúbicas. (4) la glándula intra-epitelial, se encuentra cubriendo todo el surco espermático del pene con una disposición contorneada sinuosa formando pliegues y hacia la base del surco forma verdaderas glándulas tubulares ramificadas. Es un epitelio de 20 μm a 30 μm de altura con cilios de 4 μm a 6 μm de largos, representado por gran cantidad de células secretoras (caliciformes) de forma globosas traslucidas de 12 μm a 20 μm de diámetro con un halo azuloso-sonrosado (levemente basófilo) que las bordea. Estas células caliciformes dan la apariencia de ser espacios vacíos que ocupan todo el epitelio desplazando las células

cúbicas a una posición basal con lo cual solo se aprecian núcleos amontonados deformados (Figura 26).

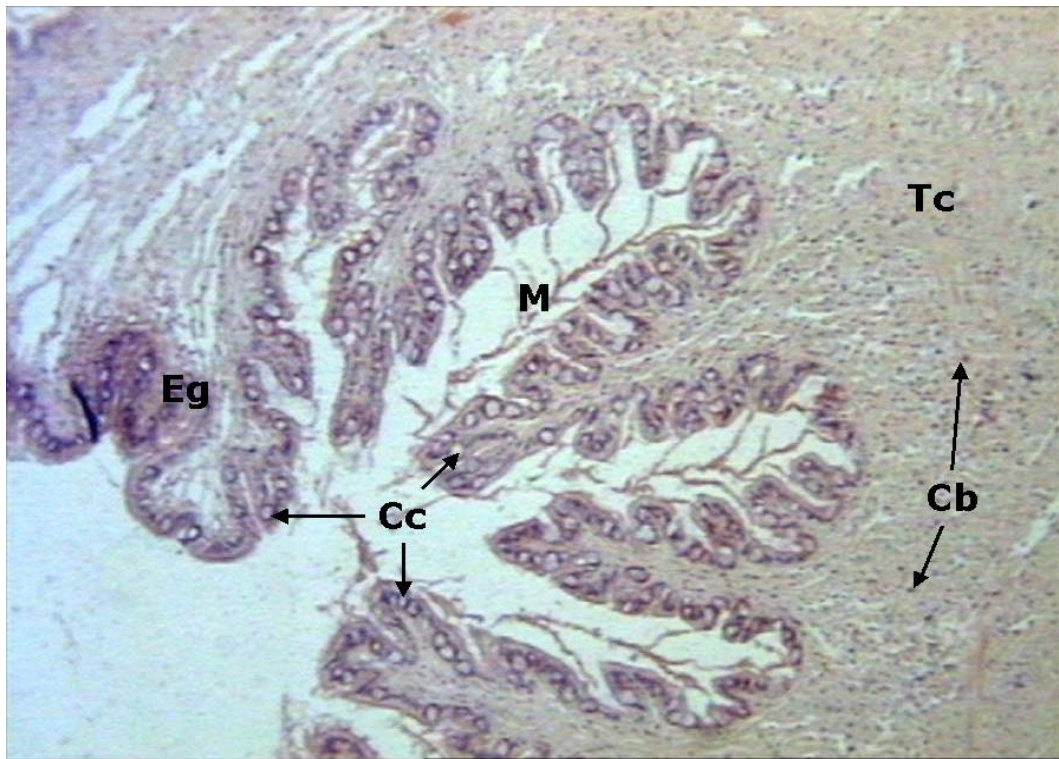


Figura 26. Sección microfotográfica en corte transversal del surco espermático del pene de *Strombus gigas* (10x). Eg) epitelio glandular; Cc) célula caliciforme; M) mucus; Tc) Tejido conectivo; Cb) células basófilas.

Por otro lado se observó la uretra; un conducto ovalado vacío con altura de 1625 μm a 1750 μm y con ancho de 750 μm a 1000 μm bordeado por un endotelio de células planas con núcleo alargado y tejido conectivo fibroso denso.

5.2.6 Músculo del Cuerpo

Se ven fibras musculares lisas gruesas en posición longitudinal, oblicua y transversal entrelazadas con fibras colágena y dispuesto en diferentes posiciones formando zonas horizontales y verticales. El tegumento que cubre estos músculos es epitelio cilíndrico pseudo-estratificado no ciliado, y en el caso del músculo del cuerpo se observo que presenta cilios donde forma pliegues que sobresalen del tegumento. Estos epitelios descansan sobre una lamina delgada de tejido conectivo denso fibroso con gran cantidad de núcleos granulosos color violeta con diámetro que oscila de 1,2 μm a 3 μm . Las células rectangulares del epitelio ciliado y no ciliado tiene una altura que varia de 20 μm a 32 μm de altura y cada una presenta un núcleo granuloso azul ovalado con altura de 8 μm y ancho de 1,6 μm . Donde se presentan los cilios estos tienen una altura de 4 μm a 6 μm y donde no hay se observa una lamina externa de 0,8 μm de grosor de color rosa pálido. El músculo del cuerpo esta formado por franjas orientadas desde el tegumento hacia dentro: (1) comienza con una banda muscular longitudinal ancha de 720 μm de color rosa fuerte que se encuentra paralela al epitelio (|); (2) posteriormente una banda angosta de 104 μm compuesta de músculo transversal color rosa claro y dispuesta horizontalmente (—); (3) una banda muscular longitudinal de 320 μm de color rosa fuerte que igual que la primera banda se encuentra paralela al epitelio (|); (4) luego una banda de músculo longitudinal de 320 μm dispuesta en posición oblicua al epitelio (/); y (5) por ultimo se puede

observar una banda de músculo longitudinal de 1.120 μm de ancho en disposición horizontal (—) (Figura 27).

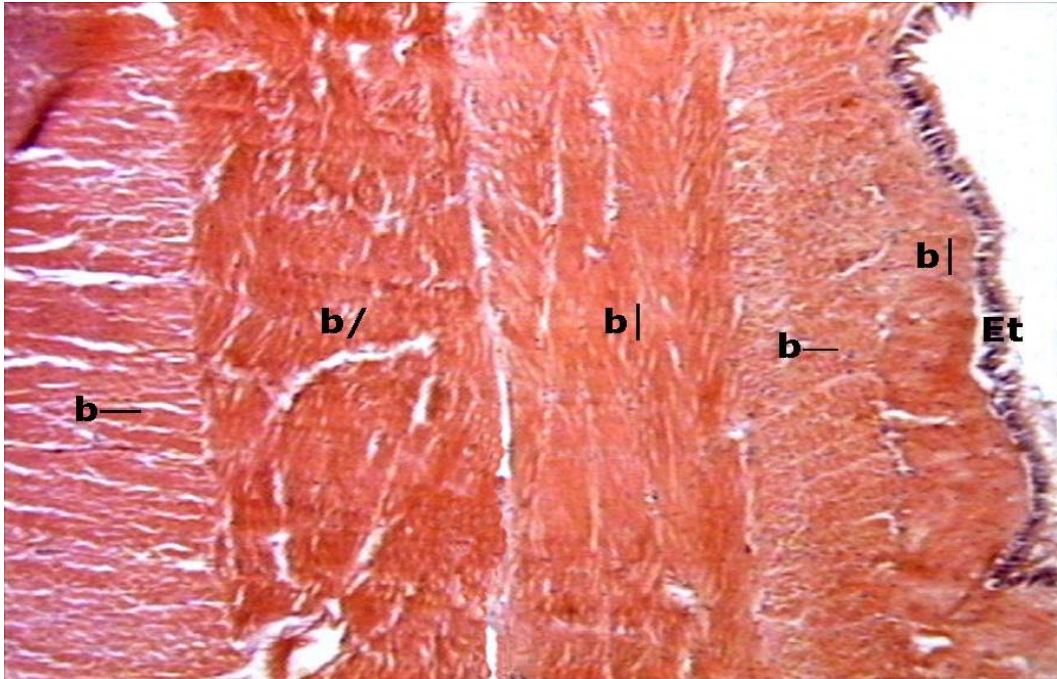


Figura 27. Sección microfotográfica del músculo y epitelio tegumentario del cuerpo de *Strombus gigas* (10x). Et) epitelio tegumentario; b|) banda muscular vertical; b—) banda muscular horizontal; b/) banda muscular oblicua.

5.2.7 Manto

El manto es un faldón con un grosor de 2.000 μm a 2.500 μm desde su superficie de cara a la cavidad del manto (superficie interna) hasta la superficie de cara a la concha (superficie externa) y esta formado por cinco franjas. (1) la franja adyacente a la concha (parte externa del manto) esta formada por epitelio escamoso delgado color rosado con ancho de 16 μm a 20 μm sobre una banda muy delgada de tejido

conectivo fibroso de color rosado pálido que en algunos tramos no aparece. (2) Seguida de la anterior se encuentra una franja con ancho aproximado de 240 μm compuesta de fibras colágena longitudinales de color rosado cristalino con grosor de 4 μm a 8 μm . (3) una zona intermedia o central con un ancho aproximado de 1.120 μm formada por tejido conectivo laxo con sustancia básica color rosado claro cuarteada con apariencia de parches entrettejidos por fibras muy delgadas color violeta tenue que se anastomosan dando apariencia de telaraña. Dentro de este tejido se encuentran 3 a 4 mechones longitudinales separados unos de otros y compuestos de fibras colágena rosadas que parecen nacer de este tejido conectivo, pudiendo ser éste una matriz de colágena. También se observan células pequeñas ovaladas de color azul compacto de aproximadamente 2 μm y otras más grandes granulosas redondeadas con diámetro de 5,6 μm a 8 μm (Figura 28). (4) Sigue una zona de tejido muscular estriado en posición transversal con grosor de 240 μm a 336 μm mezclado con fibras colágena que corren longitudinales entre el músculo y forma espacios traslucidos entre las fibras musculares. (5), la cara del manto que da a la cavidad de éste es epitelio de carácter ondulante indiferenciable (no se observa en la microfotografía) sobre una capa delgada de tejido conectivo fibroso. Este epitelio esta compuesto de varias capas celulares donde los núcleos están tan mezclados que el tejido epitelial se ve en su totalidad de color violeta (Figura 29 y 30).

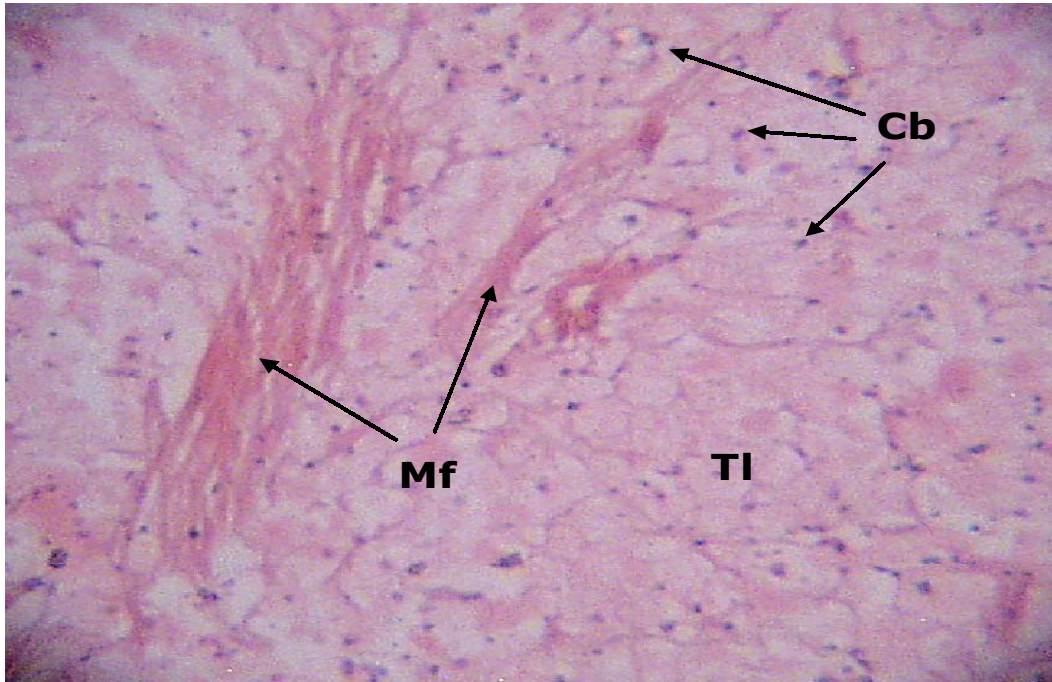


Figura 28. Microfotografía histológica en corte transversal de la zona intermedia (3) del manto de *Strombus gigas* (100x). TI) tejido conectivo laxo; Mf) mechón fibroso; Cb) células basófilas.

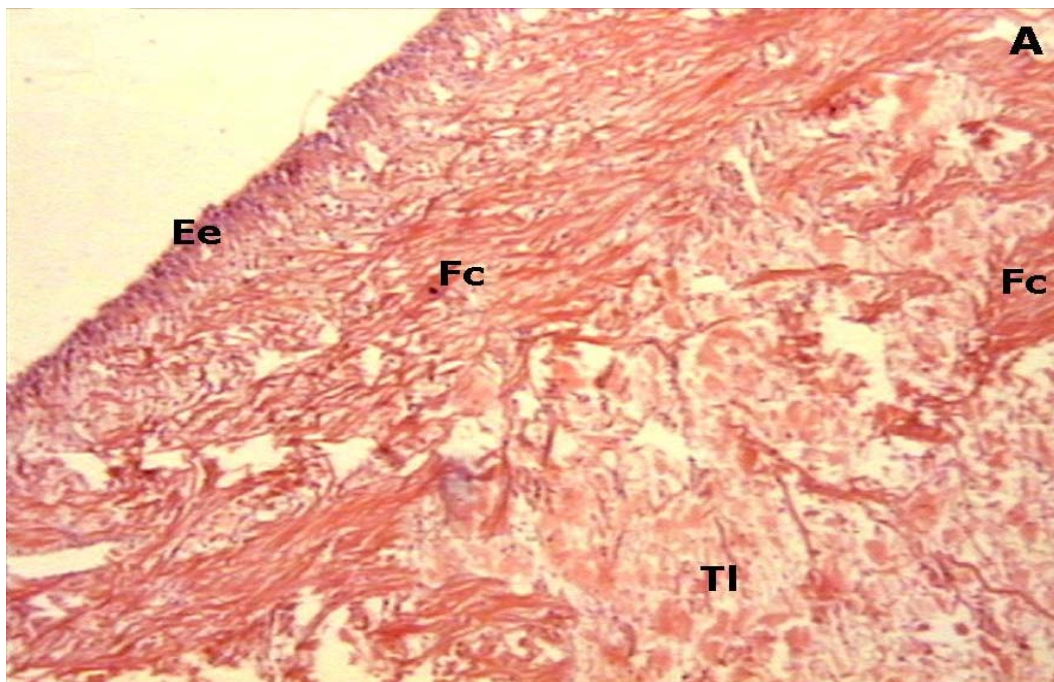


Figura 29. Microfotografía histológica en corte transversal del manto de *Strombus gigas* (10x). **A**) sección de cara a la concha. Ee) epitelio escamoso; Fc) fibras colágeno; TI) tejido conectivo laxo.

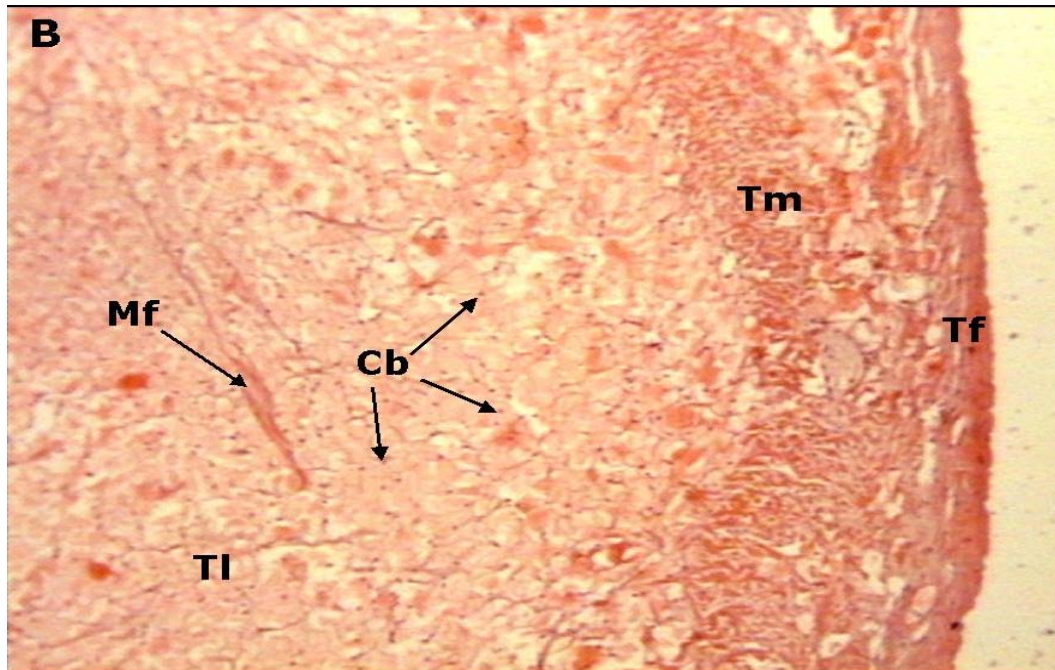


Figura 30. Microfotografía histológica en corte transversal del manto de *Strombus gigas* (10x). **B)** sección de cara a la cavidad del manto. TI) tejido conectivo laxo; Mf) mechón fibroso; Cb) células basófilas; Tm) tejido muscular transversal; Tf) tejido conectivo fibroso.

5.2.8 Poro del Ano

Es una estructura de carácter tubular cilíndrica formada por tejido epitelial y tejido conectivo fibroso. El poro del ano tiene un diámetro externo que varía de (3.800 μm a 4.000 μm) 3,8 mm a 4 mm (Figura 31).

El tejido conectivo forma el cuerpo del tubo y está dispuesto en forma longitudinal alrededor de todo el cilindro formando una franja que presenta un ancho de 275 μm a 450 μm de matriz celular y fibras musculares rosadas delgadas entreteladas con fibras colágenas de un grosor de 1,6 μm a 2,4 μm . Dentro del tejido conectivo se observan

células embebidas: (1) en los pliegues se observan células sanguíneas (amebocitos) de aproximadamente $6\ \mu\text{m}$ de diámetro donde su citoplasma adquiere color rosado pálido con su núcleo esférico de color azul denso oscuro con diámetro aproximado de $4\ \mu\text{m}$, son células donde el núcleo ocupa $\pm 60\%$ de la célula. (2) en el cuerpo del poro del ano se observan células ovaladas de color azul con diámetro promedio de $2,4\ \mu\text{m}$.



Figura 31. Microfotografía en corte transversal de la anatomía histológica general del poro del ano de *Strombus gigas* (3x).

El tejido epitelial se encuentra externamente recubriendo la pared del cilindro como internamente formando pliegues y sus células presentan una altura que fluctúa de $30\ \mu\text{m}$ a $40\ \mu\text{m}$. La pared externa del poro del ano es un epitelio transicional con disposición ondulada, compuesto de

varias capas de células y color más rojizo que el epitelio interno. La pared interna es un epitelio con disposición sinuosa alargada formando pliegues o prolongaciones hacia el centro del poro del ano. Este epitelio interno es cilíndrico simple con cilios largos de 16 μm a 40 μm y en ocasiones casi iguales a la altura de la célula cilíndrica y con sus núcleos en posición basal. Cada pliegue tiene una capa delgada de tejido conectivo denso fibroso y luego conectivo laxo donde predomina más la matriz extracelular. Aunque se ven algunos pliegues largos que casi no poseen tejido conectivo y predomina más la matriz amorfa. Los núcleos de las células epiteliales que conforman el poro del ano son esféricos y ovalados con diámetro de 2,4 μm a 8 μm , aunque la mayoría se encuentran en rangos mayores a las 5 μm (Figura 32).

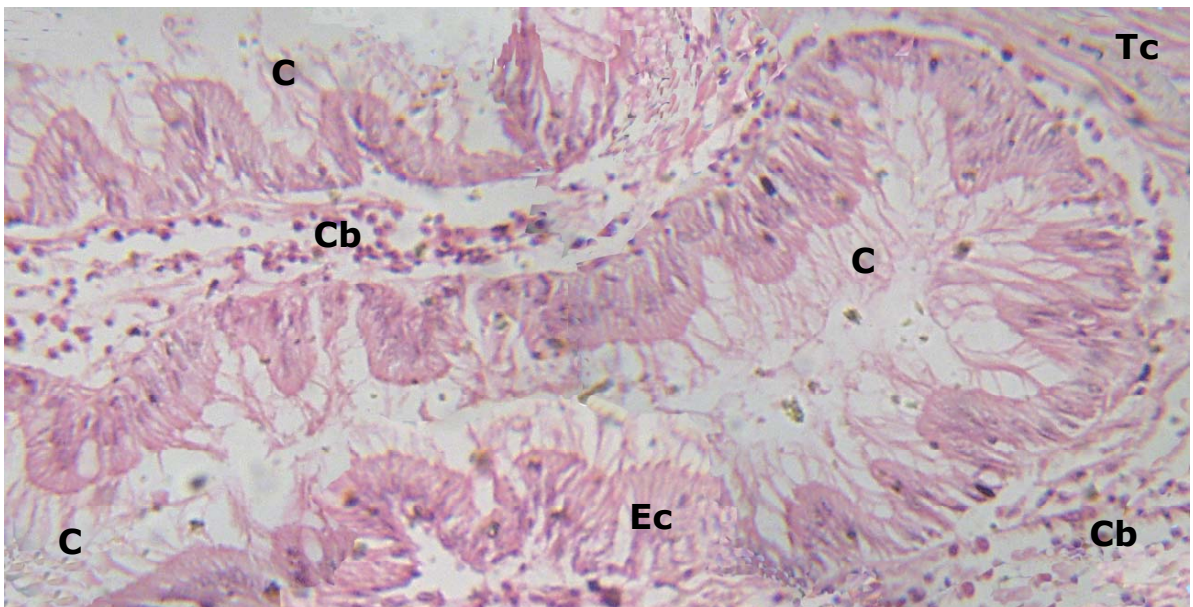


Figura 32. Microfotografía en corte transversal de los pliegues internos del poro del ano de *Strombus gigas* (100x). Ec) epitelio cilíndrico; C) cilios; Cb) células basófilas; Tc) tejido conectivo fibroso.

5.2.9 Ctenidio (Branquia)

El ctenidio corresponde a una serie de filamentos tubulares soportados por el manto con dos partes características denominadas cuerpo y cabeza: (1) El cuerpo presenta un grosor de 110 μm a 120 μm y un largo que oscila de 1.350 μm a 2.500 μm medido desde su base (formada por epitelio cúbico simple) hasta el inicio de la cabeza del filamento. Este cuerpo del filamento esta cubierto por epitelio cilíndrico ciliado, cuyas células rectangulares presentan altura de 20 μm a 28 μm con un núcleo grande granuloso ovalado con diámetro de 4 μm a 6 μm color azul localizado en la parte media de cada célula epitelial. Los cilios son más largos que la misma célula epitelial y se encuentran separados uno de otro notablemente presentando una altura de 30 μm a 40 μm . La base del filamento esta formada por tejido epitelial cúbico no ciliado con altura de 6 μm , con núcleo esférico granular color azul de 4 μm diámetro en ubicación central de la célula. Internamente en el cuerpo del filamento se encuentran amebocitos (células de la hemolinfa) redondeados con diámetro de 4 μm con citoplasma rosado pálido y un núcleo azulado denso en el centro de la célula con diámetro de 2 μm . Estas células hemolinfáticas solo se encuentran en el cuerpo del filamento ctenidial y no alcanzan la cabeza de éste (Figura 33).

(2) la cabeza del filamento ctenidial de grosor de 160 μm a 180 μm y largo de 550 μm a 625 μm esta recubierta por epitelio simple cúbico no

ciliado con una altura de 6 μm con su núcleo esférico gránulo color azul de diámetro 4 μm en ubicación central de la célula. El interior de la cabeza del filamento ctenidial esta formado por dos almohadillas cristalinas separadas por un lumen cada una con un ancho que varia de 60 μm a 70 μm de color rosado claro sin estructuras celulares y de aspecto cartilaginoso ubicadas una a cada lado de la pared del ápice del filamento. El lumen entre las almohadillas es un espacio traslucido de 40 μm de ancho que se encuentra totalmente vacío sin presencia de células hemolinfáticas (Figura 34).

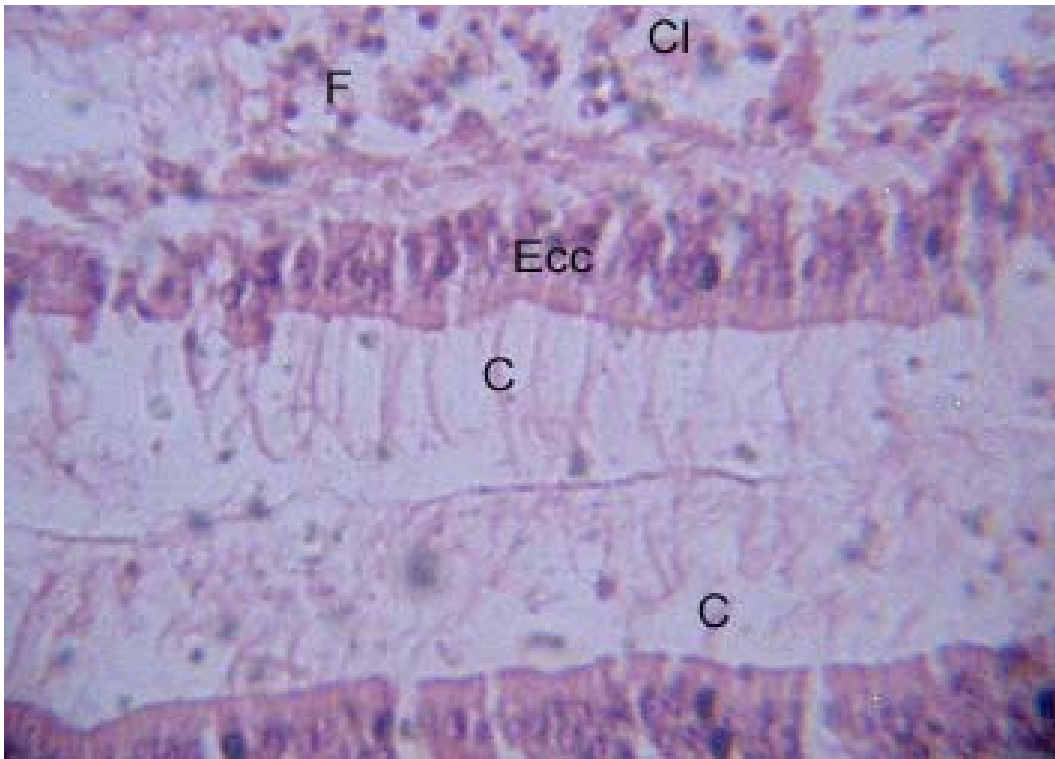


Figura 33. Microfotografía en corte longitudinal del cuerpo del ctenidio de *Strombus gigas* (100x). F) filamento ctenidial "branquial"; C) cilios; Ecc) epitelio cilíndrico ciliado; Cl) células libres hemolinfáticas.

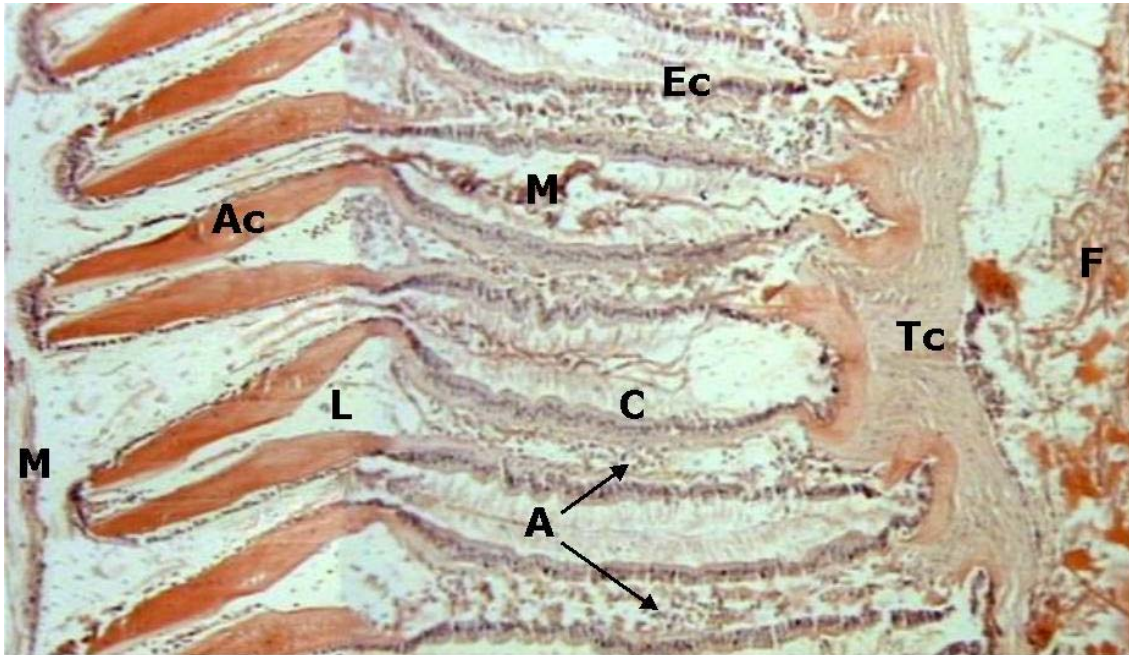


Figura 34. Microfotografía en corte longitudinal de la anatomía histológica general del ctenidio de *Strombus gigas* (10x). F) fibras; Tc) tejido conectivo; M) mucus; C) cilios; Ec) epitelio cilíndrico; A) amebocitos; L) lumen; Ac) almohadilla cristalina.

5.2.10 Saco del Estilete Cristalino

Es la estructura que aloja el estilete cristalino, esta constituida por tejido conectivo, y tejido epitelial recubriendo el lumen gástrico y el lumen intestinal. El tejido conectivo es laxo con una sustancia básica cuarteada rosada cristalina que presenta una apariencia de parches entretejidos por fibras muy delgadas color violeta tenue que se anastomosan dando apariencia de telaraña. Dentro de este tejido se observan prolongaciones de tejido conectivo fibroso que cruzan el cuerpo del saco formando un lumen y sobre este tejido se encuentran células pequeñas ovaladas de color azul denso de aproximadamente 2 μm a 4 μm . El saco del estilete se

encuentra recubierto por un epitelio de transición formado por varias capas de núcleos redondeados granulosos de 4 μm a 6 μm de diámetro, y este epitelio se sienta sobre una franja de tejido conectivo fibroso longitudinal rosado con grosor de 20 μm a 30 μm (Figura 35).

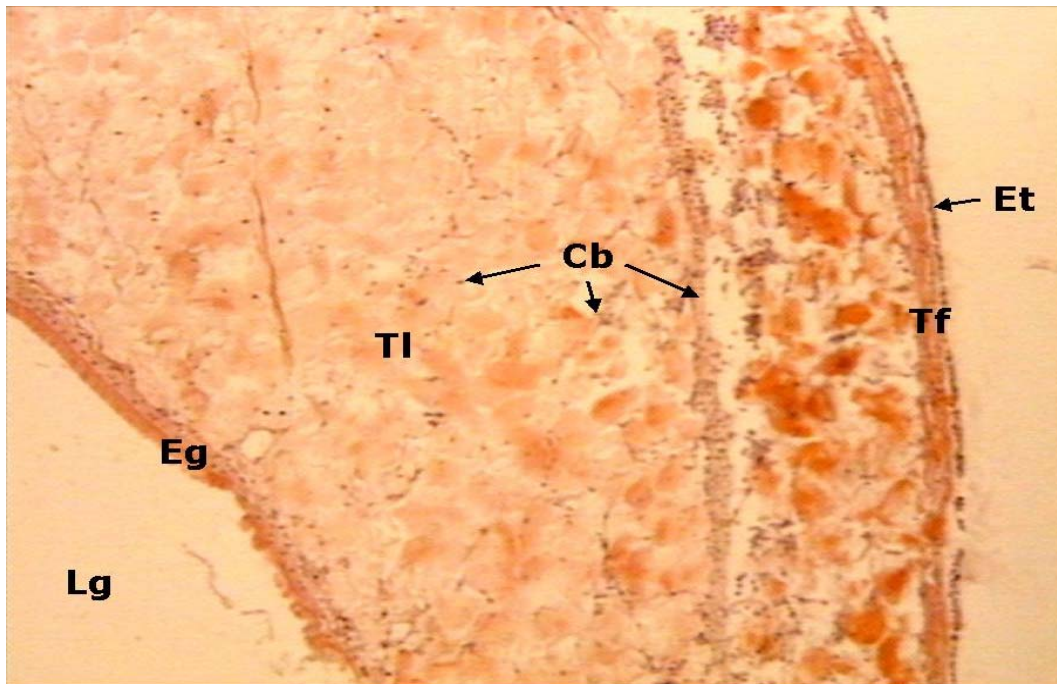


Figura 35. Microfotografía histológica en corte transversal del saco del estilete cristalino de *Strombus gigas* (10x). Lg) lumen gástrico; Eg) epitelio gástrico; Tl) tejido conectivo laxo; Tf) tejido conectivo fibroso; Cb) células basófilas; Et) epitelio tegumentario.

La cavidad donde se aloja el estilete cristalino es un lumen gástrico de forma redondeado con un diámetro que varia de 2.375 μm a 2.750 μm cubierto por epitelio cúbico con cilios del mismo tamaño o un poco más que la célula cúbica; por debajo de este epitelio una franja de tejido fibroso con células azules ovaladas y redondas de 2 μm a 4 μm . Las

células cúbicas del epitelio tienen altura de 16 μm a 18 μm , de color rosado pálido y no presentan membrana plasmática notoria entre ellas. El núcleo celular es redondo y granuloso de color azul ubicado en posición central con diámetro promedio de 6 μm y gránulos menores a 0,8 μm . La célula presenta una lamina externa de 0,8 μm de la cual sobresalen cilios de 18 μm a 22 μm muy abundantes y de color rosado más fuerte que la misma célula cúbica (Figura 36). El estilete cristalino se encuentra libre dentro del lumen gástrico, presenta una forma esférica y adquiere color rosa cristalino.

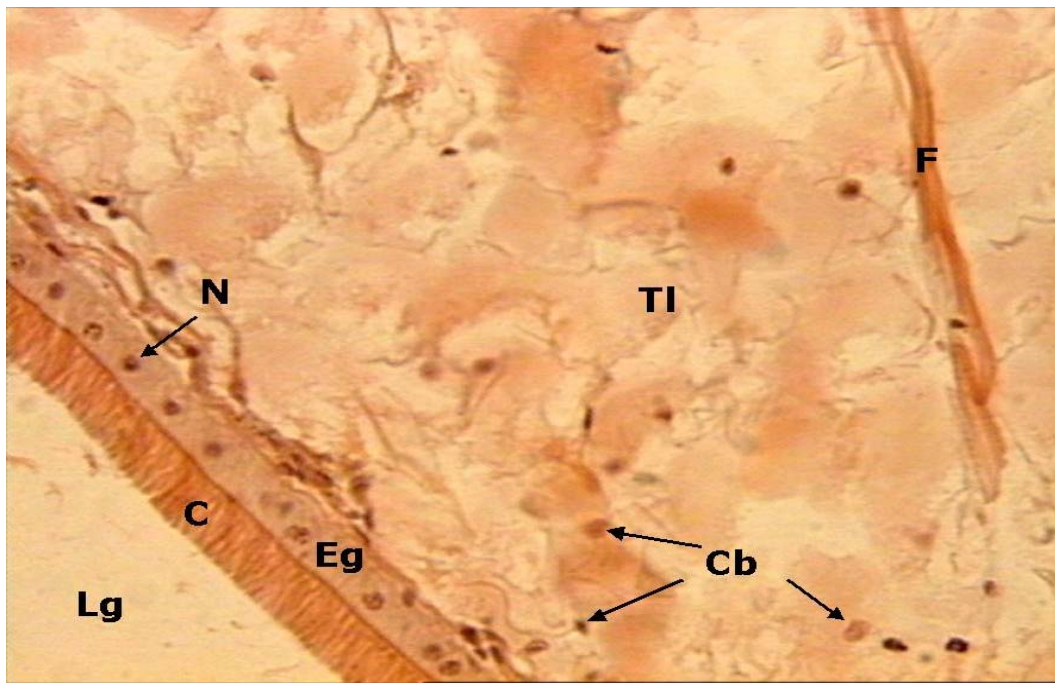


Figura 36. Sección microfotográfica del epitelio que recubre la cavidad gástrica en el saco del estilete cristalino de *Strombus gigas* (40x). Lg) lumen gástrico; Eg) epitelio gástrico; C) cilios del epitelio; N) núcleo de la célula epitelial; TI) tejido conectivo laxo; F) fibra colágena; Cb) células basófilas.

El lumen gástrico presenta una evaginación que es el lumen intestinal recubierto por un epitelio cilíndrico ciliado e igualmente se encuentra sobre una franja delgada de tejido fibroso con células azules ovaladas y redondas de 2 μm a 4 μm . Las células cilíndricas tienen altura de 22 μm a 26 μm y ancho de 4 μm a 5 μm , su núcleo en ubicación media es ovalado y granuloso de color azul con altura de 6 μm a 8 μm y del ancho que tiene la célula rectangular. Los cilios de color rosa pálido de 6 μm a 8 μm altura se encuentran un poco más dispersos y separados que los del lumen gástrico.

5.2.11 Riñón

Microscópicamente es un tejido glandular, con el citoplasma de color rosado tenue y la lamina basal continua con un grosor aproximado de 4 μm , que se tiñe de rosado intenso con apariencia de nervaduras prolongadas. De la lamina basal se desprenden ramificaciones delgadas que son las paredes celulares y sobre esta lamina basal se encuentran núcleos de forma esférica y ovalada, de diámetro aproximado de 5,5 μm a 6 μm . Cada núcleo presenta de cuatro a seis gránulos diferenciables de aproximadamente 0,8 μm de diámetro. Las nervaduras gruesas (lamina basal) se unen formando acinos y en ésta forma se aprecian células trapeciales con su lado más angosto de frente al lumen del acino en posición apical y su lado más ancho de cara a la lamina basal, con altura

de 30 μm y ancho en la parte media de la célula de 10 μm con su núcleo grande granuloso en posición basal de color azul y diámetro promedio de 7 μm (Figura 37).

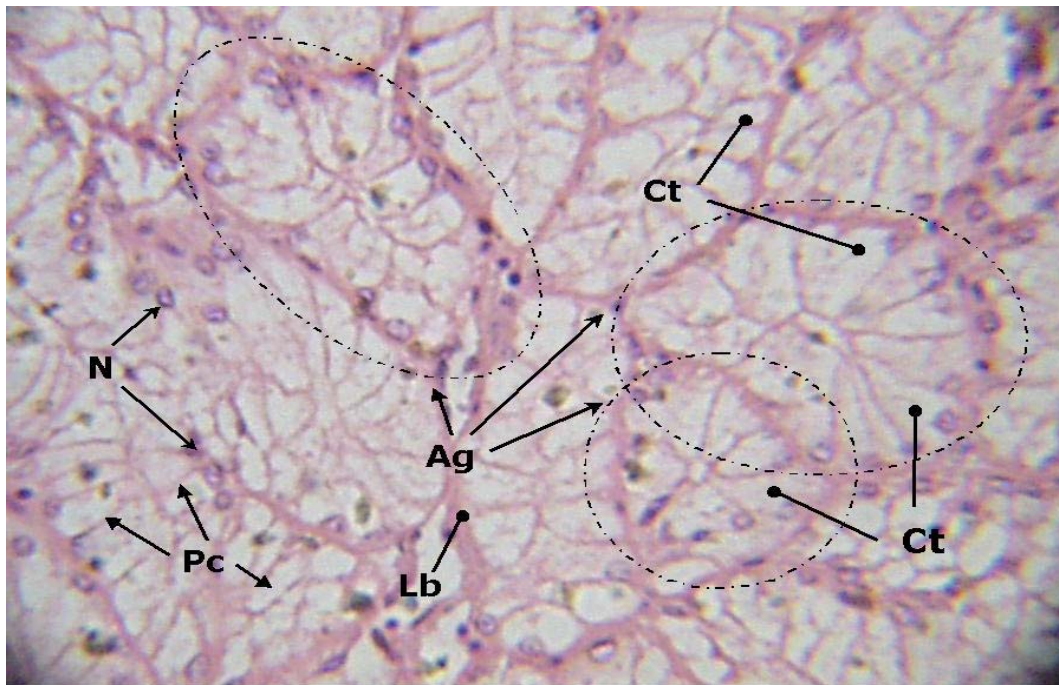


Figura 37. Sección microfotográfica del riñón de *Strombus gigas* (40x). Ag) acino glandular; Ct) célula trapecial; N) núcleo; Lb) lamina basal; Pc) pared celular.

También se observó tejido epitelial cilíndrico simple que rodea las formaciones glandulares. Las células rectangulares que forman este epitelio presentan su altura en un rango de 20 μm a 40 μm y su ancho en un rango de 6 a 8 μm , cuyos núcleos ovoides están localizados en posición basal. Un poco más alto a escala medio apical de la célula rectangular se aprecian gránulos de secreción fuertemente azulados

ocupando una tercera parte de la altura de la célula y contra las paredes de ésta (Figura 38).

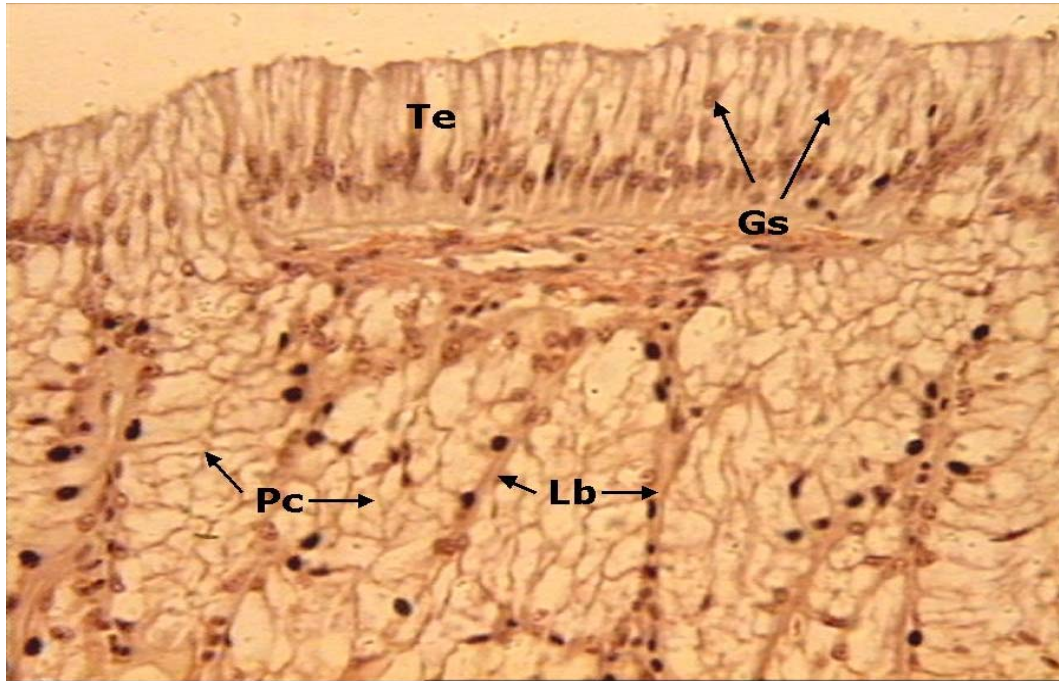


Figura 38. Sección microfotográfica del epitelio presente en el riñón de *Strombus gigas* (40x). Te) tejido epitelial; Gs) gránulo de secreción; Lb) lamina basal; Pc) pared celular.

5.2.12 Gónada Masculina

La gónada consiste de conductos espermáticos (espermioductos) embebidos en tejido conectivo laxo cuarteado que forma parches rosados de sustancia básica entretrejida por fibras muy delgadas color rosado-violeta tenue que se anastomosan dando apariencia de red (telaraña). Se observan dos tipos de espermioductos: El primer tipo presentan una pared de tejido conectivo fibroso delgada con grosor de aproximadamente

1 μm a los cuales se les denominó aquí tipo simple, y el segundo tipo nombrado tipo complejo presentan una pared de tejido epitelial cilíndrico cuyas células rectangulares de color rosado claro presentan altura de 32 μm a 46 μm y ancho de 10 μm con su núcleo esférico granuloso color azul en posición media apical con diámetro de 5 μm a 7 μm . Este epitelio presenta un recubrimiento delgado de tejido conectivo fibroso con un grosor de aproximadamente 1 μm igual que la pared del tipo de espermi ducto simple (Figuras 39 y 40). La disposición de los espermi ductos en la gónada también es característica. Los espermi ductos tipo simple se encuentran ubicados hacia la periferia de la gónada y los espermi ductos tipo complejo son internos y cercanos al hepatopáncreas.



Figura 39. Microfotografía histológica de la gónada masculina de *Strombus gigas* (10x). **A)** espermi ductos tipo simple (tubulo seminífero) y su contenido celular. Ts) tubulo seminífero; Tl) tejido conectivo laxo.

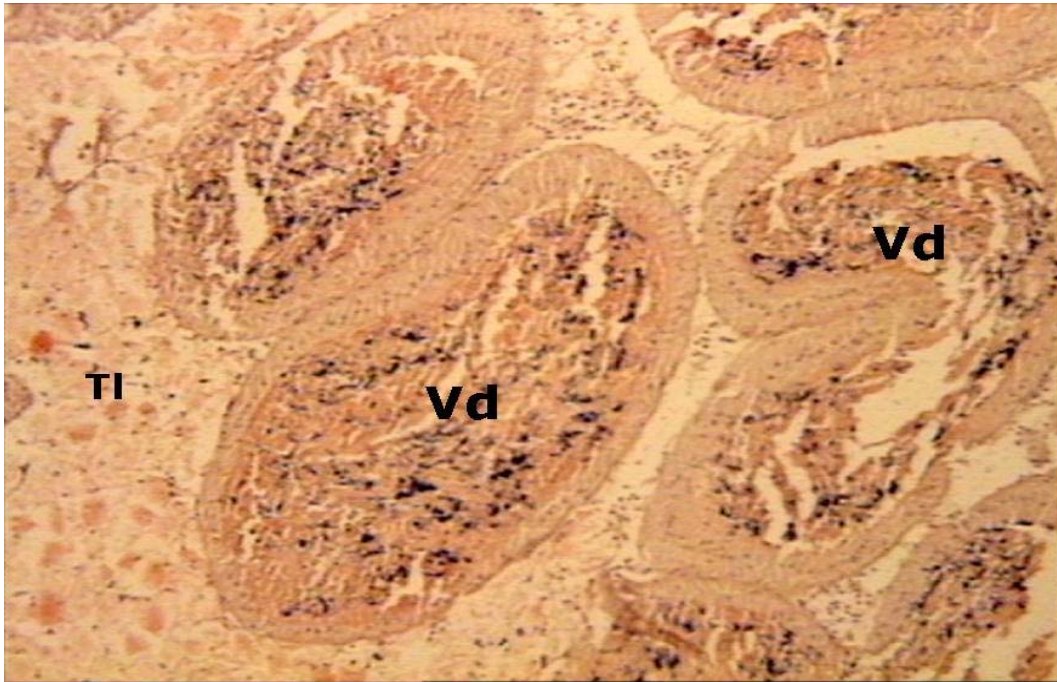


Figura 40. Microfotografía histológica de la gónada masculina de *Strombus gigas* (10x). **B)** espermioductos tipo complejo (vasos deferentes) y su contenido celular. Vd) vaso deferente; TI) tejido conectivo laxo.

Los espermioductos *tipo simple* presentan seis clases de células espermáticas diferentes y por lo general todas en el mismo conducto espermático y ubicadas hacia la periferia excepto la sexta clase que se encuentran en el centro del espermioducto. (C1) células ovaladas con diámetro de 16 μm a 20 μm color rosado tenue y núcleo granuloso esférico también de color rosado con diámetro de 8 μm a 10 μm ubicado hacia un extremo de la célula; (C2) célula con diámetro aproximando de 3 μm cuyo citoplasma rosado es muy tenue (solo visible con objetivo de 100x) y su núcleo compacto de color azul oscuro y de forma esférica presenta un diámetro aproximado de 2 μm ; (C3) células granulosas de color violeta y forma esférica con diámetro de 4 μm a 6 μm ; (C4) filamentos de color azul oscuro (espermatozoides típicos)

con un largo de 5 μm a 8 μm y grosor aproximado de 1 μm ; (C5) célula de 2 μm a 3 μm de diámetro de forma esférica y de color rosado que presenta un halo periférico color azul; y (Ea) espermatozoides atípicos de color rosado con forma de cinta festonada y apariencia de vainas de arveja (chicharos) ubicados hacia el centro del espermioducto con tamaños muy variados desde 50 μm a 110 μm de largo y ancho de 6 μm a 8 μm (Figura 41). Los espermioductos *tipo complejo* presentan solo dos clases de células espermáticas que forman una masa aglutinada de espermatozoides anormales con forma de cinta festonada y apariencia de vainas de arveja (chicharos) y los espermatozoides filamentosos de color azul oscuro formando penachos o grupo de filamentos (Figura 42).

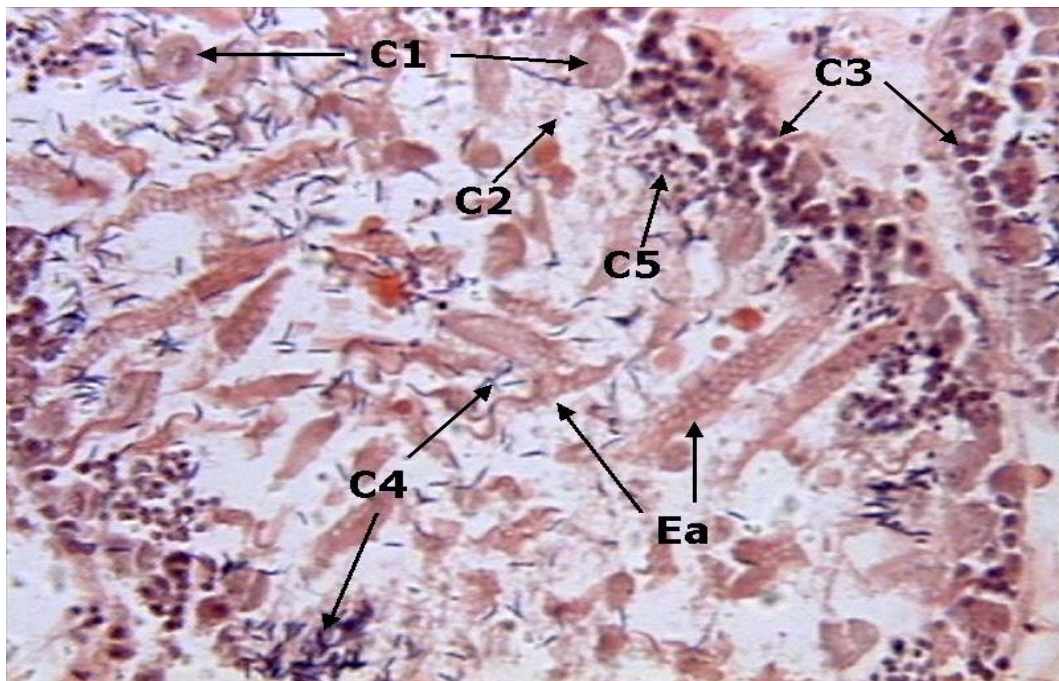


Figura 41. Microfotografía histológica de las clases de células espermáticas de *Strombus gigas* (40x). **A)** espermioductos tipo simple (tubulo seminífero). C1) clase 1; C2) clase 2; C3) clase 3; C4) clase 4; C5) clase5; Ea) espermatozoide atípicos.

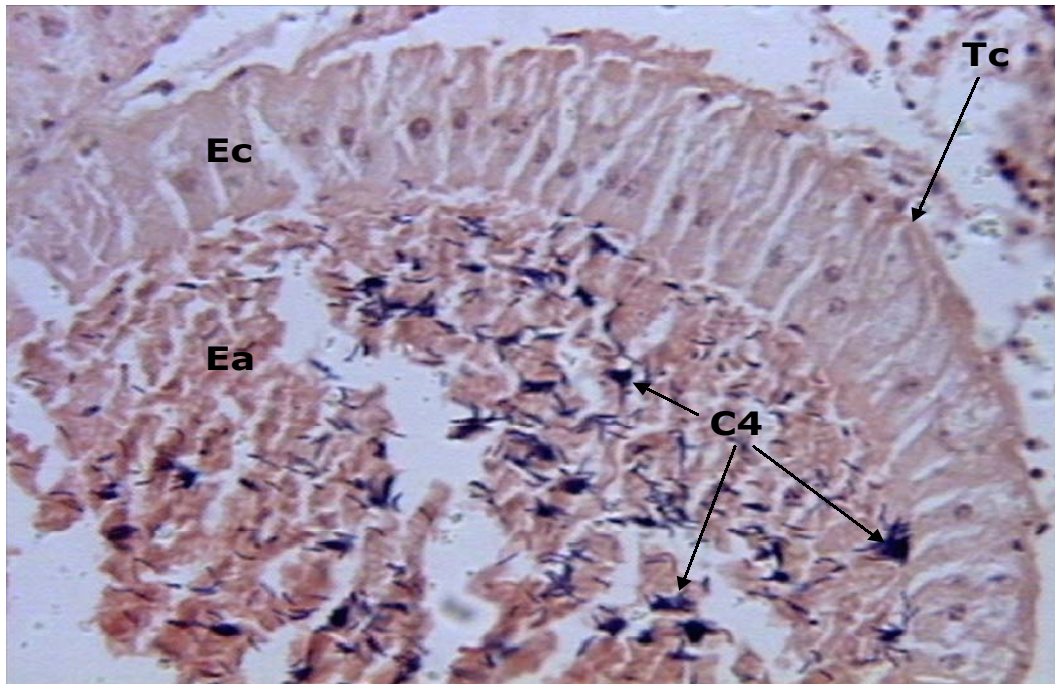


Figura 42. Microfotografía histológica de las clases de células espermáticas de *Strombus gigas* (40x). **B)** espermioductos tipo complejo (vasos deferentes). C4) clase 4; Ea) espermatozoides atípicos; Ec) epitelio cilíndrico; Tc) Pared de tejido conectivo.

5.2.13 Gónada Femenina

A diferencia de la gónada masculina ésta solo presenta un tipo de conducto ovárico (oviducto) formado por una pared de tejido conectivo fibroso delgada con un grosor de aproximadamente 1 μm e inmersos en un tejido conectivo laxo que forma parches rosados de sustancia básica y tiene grandes espacios de matriz celular; aunque en un corte a nivel del estómago se encuentran tan unidos los oviductos que no se aprecian sus paredes. El tejido conectivo laxo presenta células granulosas color violeta y ocasionalmente fibras musculares separadas. Estos oviductos presentan gran cantidad de célula ovárica esférica color rosado cristalino brillantes con diámetro de 6 μm a 10 μm y se observan leves parches citoplasmáticos de color azul claro tenue con una apariencia granular muy fina hacia la periferia del oviducto (Figuras 43 y 44).

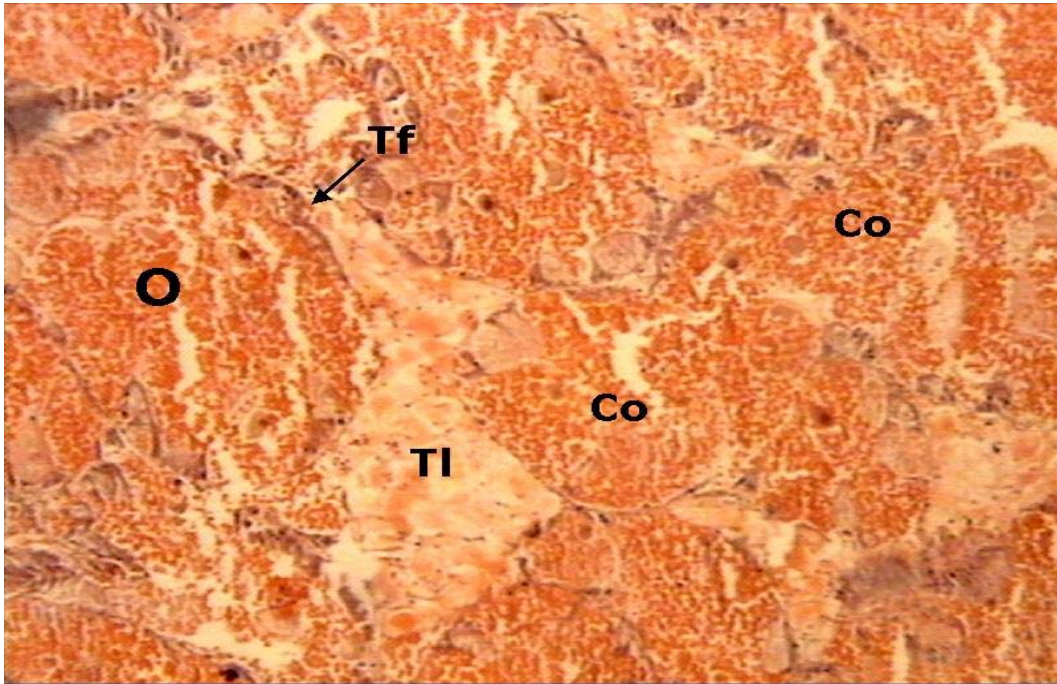


Figura 43. Microfotografía de la gónada femenina de *Strombus gigas* (10x). O) oviducto; Tf) tejido conectivo fibroso; TI) tejido conectivo laxo; Co) célula ovárica.

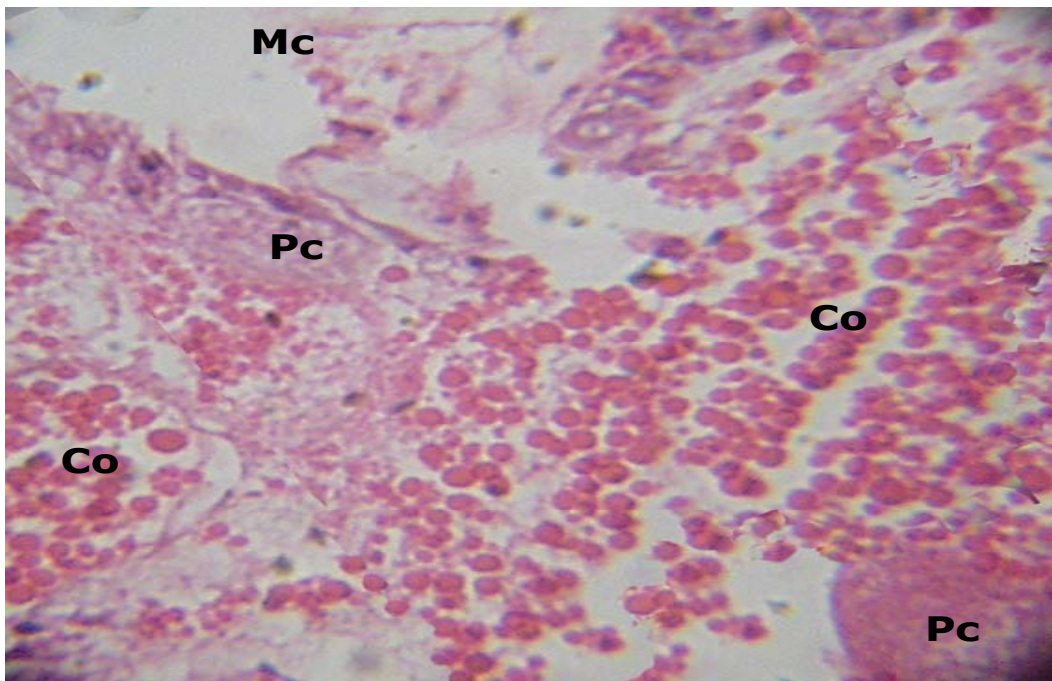


Figura 44. Microfotografía de la gónada femenina de *Strombus gigas* (100x). Co) célula ovárica; Pc) parches citoplasmáticos; Mc) matriz celular.

5.2.14 Hepatopáncreas (Glándula Digestiva)

Es una estructura que está junto a la gónada y comprende una serie de glándulas embebidas en el mismo tejido conectivo de la gónada. La porción secretora o parte acinal es una terminación globosa de la glándula y está compuesta por células acinares pancreáticas granulosas levemente azuladas de forma piramidal truncada con su base de 10 μm a 16 μm y su parte apical de 4 μm a 6 μm y con un único núcleo en posición media apical color violeta, redondo, granuloso de 4 μm a 5 μm . Hacia el lumen de los acinos glandulares se encuentran gránulos o cristales esféricos (extracelulares) con diámetros de 2 μm a 8 μm color café-amarillento claro traslucidos. Igualmente se observo en la región de las células piramidales gránulos redondeados (intracelulares) color café oscuros con diámetro de 14 μm a 20 μm que presentan un halo circundante con un grosor de 1,5 μm a 3 μm que los envuelve enquistándolo y manteniéndolo separado del tejido (Figura 45).

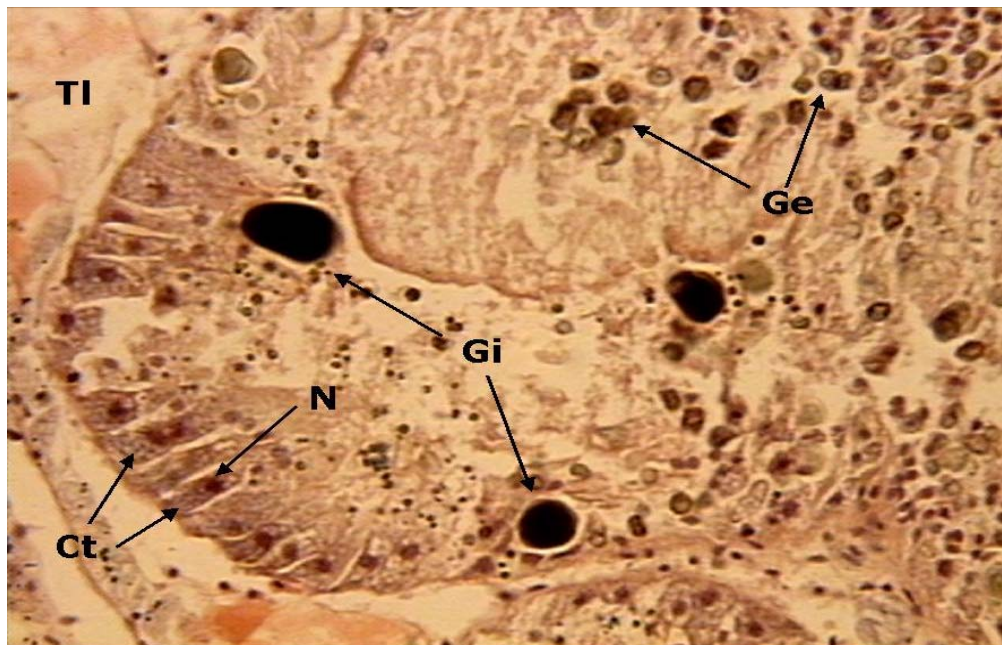


Figura 45. Sección microfotográfica de los acino glándula y células trapeciales en el hepatopáncreas de *Strombus gigas* (40x). TI) tejido conectivo laxo; Ct) célula trapecial acinar; N) núcleo; Ge) gránulos extracelulares; Gi) gránulos intracelulares.

VI. DISCUSIÓN

Aunque cada uno de los tres tejidos básicos del cuerpo (tejido epitelial, tejido conectivo y tejido muscular) poseen características específicas debe comprenderse que todos los tejidos están compuestos por células y por sustancia básica. Si bien, algunos tejidos como los epitelios poseen características específicas son uno de los resultados encontrados más comunes para muchas de las partes estudiadas por lo cual esta discusión se explorara desde las características generales para todas las partes estudiadas hasta aquellas partes con mayor grado de diferencia.

CÉLULAS SANGUÍNEAS: La sangre o hemolinfa de los moluscos consiste de un fluido incoloro o débilmente azulado (Andrew, 1959) que en *Strombus* es de color azul pálido (Little, 1965) debido a la hemocianina (proteína) disuelta en la hemolinfa (Andrew, 1959) y nunca en el interior de las células sanguíneas (García C., 1977). Las células de la sangre de los moluscos consisten en dos tipos granulares y no granulares (Andrew, 1959) aunque la morfología de las células contenidas en la hemolinfa es bastante confusa, encontrándose una variedad de células (García C., 1977) generalizadas con el nombre de amebocitos (García C., 1977; Little, 1965). Para *S. gigas*, la morfología de los amebocitos esta reseñada en cuatro categorías correspondientes a:

Amebocitos granulares basófilos, amebocitos granulares eosinófilos, macrófagos granulares y linfocitos; esta diferencia se debe a la coloración del pigmento citoplasmático y a la relación en tamaño entre célula y núcleo y entre células (García C., 1977). Basándose en lo anterior se puede decir que las células de color azul encontradas en todas las partes estudiadas e inmersas en los tejidos de sostén (tejido conectivo, tejido muscular y fibras) son células sanguíneas principalmente amebocitos granulares basófilos y/o linfocitos. La forma y color de estas células encontradas en *S. gigas* coinciden con ser usualmente redondeadas, algunas ovaladas con un escaso citoplasma basófilo (Andrew, 1959), con un núcleo igualmente basófilo que ocupa casi todo el citoplasma en el caso de los linfocitos o que ocupa solo la tercera parte de la célula para el caso de los amebocitos granulares basófilos (García C., 1977). En tanto que los amebocitos encontrados en el poro del ano y ctenidio presentan características que corresponden a la categoría amebocitos granulares eosinófilos y a la categoría macrófagos granulares, los cuales son más grandes que los linfocitos y los amebocitos granulares basófilos y siguiendo la caracterización de García C. (1977) estas dos últimas categorías de amebocitos presentan un núcleo azul de consistencia hialina con pequeñas granulaciones que ocupa la mitad o las dos terceras partes del diámetro de la célula con un citoplasma teñido de color rosado. Además, estas dos categorías de amebocitos pueden corresponder a la

presencia de una fase de desarrollo para dar origen a una célula macrófaga adulta.

TEJIDO EPITELIAL: Se describen diferencias en la estructura, composición y disposición del tejido epitelial en las partes estudiadas; diferencias en cuanto a presencia o no de cilios, ubicación de sus núcleos, presencia o no de gránulos de secreción y disposición en que se encuentra el epitelio. Esto se debe a las numerosas funciones de protección, transporte transcelular, secreción, absorción, lubricación y distensión que el tejido epitelial tiene (Gartner y Hiatt, 1997). El epitelio de mayor predominancia encontrado es el cilíndrico pseudo-estratificado y el cilíndrico simple. Continuando el orden de aparición sigue el epitelio glandular, epitelio transicional, epitelio cúbico simple y por ultimo epitelio escamoso (Tabla 5). Andrew (1959) señala que la epidermis de los moluscos es generalmente de tipo ciliado pero que en este extenso grupo filogenético de invertebrados esto naturalmente presenta muchas variables como son tegumentos glandulares y presencia de estructuras llamadas cromatóforos. Para el caso de *S. gigas* la gran mayoría de los tejidos epiteliales de las diferentes partes estudiadas se encuentran formado el tegumento, pero no propiamente todos los epitelios son un tegumento ciliado y mucho menos presentan variaciones ya que los que no tienen cilios simplemente son epitelios lisos aciliados.

Tabla 5. Tipos de epitelios observados en 13 estructuras de *Strombus gigas*.

UBICACIÓN	CILÍNDRICO SIMPLE	CILÍNDRICO SEUDO-ESTRATIFICADO	GLANDULAR	CÚBICO SIMPLE	TRANSICIONAL	ESCAMOSO
PROBÓSCIDE		X				
OJO		X				
TENTÁCULO DEL OJO		X				
PIE	X	X	X			
PENE		X	X	X	X	
MÚSCULO DEL CUERPO		X				
MANTO		X			X	X
PORO DEL AÑO	X				X	
CTENIDIO	X			X		
SACO DEL ESTILETE	X			X	X	
RIÑÓN	X		X			
GÓNADA MASCULINA	X					
HEPATO-PÁNCREAS			X			

CILIOS: La presencia de cilios en el tejido epitelial marca diferencias notorias, así por ejemplo los cilios del ctenidio son más largos que la misma célula epitelial y son menos numerosos y más separados uno de otro, mientras que en otras partes donde se presentan cilios como el pie, poro del año, cavidad gástrica y cavidad intestinal los cilios son más pequeños que la célula epitelial, y son más numerosos y más apiñados (Tabla 6). Según (Gartner y Hiatt, 1997), este apiñamiento y alejamiento probablemente incrementa de manera importante el área de superficie de las células, lo que las hace ser especializadas para diferente trabajos. Así, en el caso de los cilios del ctenidio (Hughes, 1986; Andrew, 1959) señalan, especialización para conducir y generar corrientes respiratorias en dirección opuesta al flujo de la sangre dentro del filamento ctenidial y

para mantener la corriente de agua que entra a la cavidad del manto por el lado izquierdo de la cabeza y sale por el lado derecho. En el caso del pie, Hughes (1986) indica que los cilios sirven para conducir el mucus secretado para locomoción, protección y alimentación. Para el caso de la cavidad gástrica, Hughes (1986) y Andrew (1959) manifiestan que por acción ciliar el estilete cristalino rota y se mueve para dirigir partículas hacia la glándula digestiva, la cavidad intestinal y el estómago.

Tabla 6. Proporción entre las tallas de los cilios con respecto a la talla de las células epiteliales en diferentes estructuras de *Strombus gigas*.

UBICACIÓN	TIPO DE EPITELIO *	TALLA DE LA CÉLULA EPITELIAL VS. TALLA DE LOS CILIOS	PROPORCIÓN TALLA CILIOS / TALLA CÉLULA EPITELIAL	AGRUPACIÓN DE CILIOS
PIE	(1) (2) (3)	>	16/100	apiñados
PENE	(2) (3) (4)	>	25/100 - 33/100	apiñados
MÚSCULO DEL CUERPO	(2)	>	20/100	apiñados
PORO DEL AÑO	(1)	≥	50/100 - 100/100	apiñados
CTENIDIO	(1)	<	100/75	separados
SACO DEL ESTILETE	(1) (4)	> ≤	33/100, 100/90 - 100/100	apiñados

* (1) cilíndrico simple; (2) cilíndrico pseudo-estratificado; (3) glandular; (4) cúbico simple.

PIE: El epitelio tanto del lado del pie como de la suela del pie encontrado en *S. gigas* (orden Mesogastropoda de la subclase Prosobranchia) presenta gran similitud con las células epiteliales del lado del pie y la suela pedal de *Haliotis turbeculata* (orden Archeogastropoda de la subclase Prosobranchia) descritas por Bravo *et al.*, (2001). Así, la superficie del pie en *S. gigas* esta cubierta por un epitelio cilíndrico

ciliado glandular con disposición lineal y con disposición plegada la cual forman valles y crestas. Bravo *et al.*, (2001) describen estas mismas características en *Haliotis turbeculata* como un epitelio columnar simple donde el tipo de célula epitelial más común es las epidérmicas con un borde ciliado y las células secretoras conteniendo numerosos gránulos.

Los gránulos de secreción encontrados en la superficie plegada y no plegada del epitelio en la glándula pedal (lado del pie) y en la suela del pie de *S. gigas* son más abundantes y frecuentes en los pliegues y en especial en el surco o valle que sobre la cresta de éstos. Bravo *et al.*, (2001) reportan para el lado del pie y suela del pie de *Haliotis turbeculata* células conteniendo gránulos de melanina y de otras sustancias y con mayor frecuencia en los valles que sobre las crestas, de igual forma que la disposición de los gránulos encontrados para *S. gigas*.

La estructura y composición celular de la parte frontal del pie de *S. gigas* presenta una glándula mucosa o glándula pedal que corre longitudinalmente a lo largo de esta parte frontal y justo debajo de la boca (probóscide). Esta glándula es formada por pliegues de tejido epitelial ciliado glandular que segregan mucus y gránulos de secreción. Moore (1960) señala esta misma disposición en caracoles terrestres para facilitar el movimiento en superficies secas, y en algunos caracoles marinos como los Cypraeidae para similares propósitos.

El mucus presente en la superficie externa de los epitelios pedales de *Strombus gigas* es brillante y fino en el lado del pie y es opaco y gelatinoso en la suela del pie. Estas características mucosas son análogas a las reportadas en *Haliotis turbeculata* por Bravo *et al.*, (2001) quienes señalan al mucus de la parte lateral del pie con una apariencia altamente lubricante y al mucus de la superficie de la suela del pie con una apariencia más viscosa. El mucus de *Haliotis turbeculata* tiene la característica de ser altamente lubricante, brillante y fino, como se aprecia en la parte lateral del pie *S. gigas*. El mucus viscoso presenta las características de ser gelatinoso y opaco como se observó en la suela del pie en *S. gigas*. Según Hughes (1986), el mucus es de crucial importancia en la vida de los gasterópodos, siendo usado para la captura de alimento, para adhesión, para locomoción sobre el sustrato y para producir rastros direccionales. Por otro lado, la característica encontrada de que los epitelios forman pliegues (valles y crestas) son, según Hughes (1986), debidos a contracciones de ondas musculares que ayudan a que el mucus produzca un apretón temporal para el deslizamiento sobre un sustrato en particular.

También la altura de las células epiteliales pedales es característica para *S. gigas*. En el lado del pie las células cilíndricas presentan una altura por encima de las 40 μm mientras que en la suela del pie se encuentran por debajo de las 40 μm , lo que significa que las células epiteliales del

lado del pie (glándula pedal) son mas altas que las células epiteliales presentes en la suela del pie. Aunque Bravo *et al.*, (2001) no señalan medidas si coinciden en que el epitelio del lado del pie y de la suela del pie de *Haliotis turbeculata* presentan diferencias en su altura, solo que esta coincidencia es inversa, a lo visto en *S. gigas*. Para *Haliotis turbeculata* el epitelio de la suela del pie es más alto que el epitelio del lado de su pie.

OJO: Los ojos de *Strombus gigas* son órganos pares fotosensibles bien formados y notorios situados al final del pedúnculo ocular retráctil. La presencia de córnea, cristalino y diversas estructuras refractarias indican que los ojos de *S. gigas* son altamente desarrollados (Gartner y Hiatt, 1997) siendo solo sobrepasados en tamaño y complejidad por los moluscos cefalópodos (Gillary, 1971; Gillary, 1974) Cada parte del ojo de *Strombus gigas* como es córnea, cristalino, cuerpo vítreo y retina presentan al igual que los ojos de *Strombus luhuanus* estudiado por Gillary (1971, 1972, 1974) gran similitud en todas sus características morfológicas y estructurales. Según Gillary (1971, 1972, 1974) los ojos de gasterópodos Strombidae presentan gran complejidad en su actividad eléctrica lo que sugiere que ellos son capaces de procesar un alto grado de información visual.

MANTO: La forma característica de faldón que presenta el manto de *Strombus gigas* hace que posea una disposición estructural diferente a la de otros moluscos como es el caso de bivalvos. El epitelio escamoso que se encontró adyacente a la concha es según García G. *et al.*, (1994) una capa nacarada que se forma en el lado externo secretado por posibles células del epitelio paleal compuestas de carbohidratos y mucopolisacáridos para la lubricación necesaria durante la extensión y contracción del manto; además es probable que sea más eficiente en deposición de carbonato de calcio ya que este tiene actividad de anhidrasa carbónica, una enzima que juega un papel muy importante en los procesos de calcificación. Por otro lado las tres bandas de músculo y colágena encontradas aisladas dentro del manto son observadas de igual forma para bivalvos y extendidas dentro del manto paleal (Dix, 1973; García G. *et al.*, 1994). Según Nisbet y Plummer (1968) estas tres bandas musculares que se encuentran inmersas en el manto son fibras musculares lisas asociadas con gran cantidad de colágeno como lo reportan para *Archachatina marginata*.

CTENIDIO: La estructura ctenidial se ubica al lado izquierdo del cuerpo del caracol y se encuentra soportada por una capa simple de manto, compuesta de fibras musculares y tejido conectivo. Al igual que otras especies de moluscos los filamentos ctenidiales están cubiertos por el

manto formando una cavidad branquial (Andrew, 1959). De acuerdo con Hughes (1986) los mesogastrópodos y neogastrópodos presentan un solo ctenidio que tiene filamentos o cilios únicamente sobre un lado de su axis central y a esta disposición se le llama monopectinada. Los cilios que se encuentran en el ctenidio presentan una característica muy particular que no presentan los demás epitelios ciliados y es que los cilios no se encuentran unidos uno a otro sino que están separados, son cilios individuales y largos y no forman un conjunto como en los demás epitelios. Según Andrew (1959) cada filamento ctenidial en su cuerpo posee un epitelio con cilios largos, los cuales mantienen la corriente de agua, teniendo una relación inter-específica con el corazón. A juzgar por Hughes (1986), el ctenidio forma un sistema muco-ciliar paleal para generar corrientes respiratorias, para librar la cavidad del manto de partículas sucias y para interceptar partículas de alimento suspendido por medio de una pantalla mucosa de malla fina sobre la superficie del ctenidio, la cual retiene partículas de 1 μm a 2 μm de diámetro.

GLÁNDULA DIGESTIVA O HEPATOPÁNCREAS: La glándula digestiva presenta dos tipos de células características: (1) Las secretoras que son cónicas con una base ancha y una punta angosta terminando en el lumen y (2) las digestivas que son células altas, cilíndricas con un núcleo basal y un ápice ciliado (Hughes, 1986). Según lo anterior los acinos que se

observaron están formados únicamente por células secretoras que poseen las mismas características anteriormente descritas. Hughes (1986), también señala que las células secretoras de la glándula digestiva posee fases activas como son absorción, digestión y excreción, las mismas fases que presentan las células digestivas. Por otro lado los cuerpos extraños que se encuentran en el hepatopáncreas son de dos tipos: (1) gránulos encerrados en un halo lo cual representa la forma característica de enquistamiento de un parásito (¹Com. Per., Baqueiro, 2001) y (2) gran número de esferas libres sin halo dentro de los acinos hepatopancreáticos que a juzgar por Abolins (1968) son esferitas de calcio en un estado activo de regeneración de la concha del caracol que posteriormente son transportadas al área del daño de la concha por células migratorias (amebocitos y células de Leyding) ya que cuando la concha requiere sustancias son liberadas por el hepatopáncreas y el manto.

GÓNADA MASCULINA: El tejido gamético esta formado por numerosos tubulos seminíferos o folículos que corren a través de la gónada separados uno de otro por tejido íter-folicular (tejido somático), y que eventualmente se unen para formar un solo tubo común llamando el vaso deferente que posteriormente se llamara conducto genital durante su paso

¹ Dr. Erick Raúl Baqueiro Cárdenas. Investigador Residente. Recursos Naturales Costeros. CICATA-IPN, ALTAMIRA. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, UNIDAD ALTAMIRA. Km. 14.5 carretera Tampico-Puerto Industrial, Altamira, Tamaulipas, MÉXICO.

a lo largo del pene y el cual desemboca en la punta de éste (Reed, 1996b; Reed, 1995a; Egan, 1985; West, 1978a; West, 1978b). La forma en que el tejido conectivo cuarteado se presenta aquí formando parches y rodeando los conductos espermáticos es similar a la reportada por Egan (1985) y Reed (1993) donde este tejido somático o inter-folicular es un tejido conectivo modificado que funciona para el almacenamiento de energía y que consiste de células que ellos denominan "signet cells" designadas tejido conectivo cuarteado por tener esta característica de grietas. Presumiblemente estas células proveen mecanismos de soporte y nutrición para actividades dentro de los folículos (Egan, 1985).

El tipo de recubrimiento de los tubulos seminíferos denominados aquí espermiductos tipo simple presenta características de composición semejante a la descrita por West (1978a) quien designa al recubrimiento con una capa de tejido conectivo y una fina lámina basal compuesta de una capa compacta de fibras. El vaso deferente denominado aquí espermiducto tipo complejo es claramente visible en adultos maduros por su pared de epitelio cilíndrico que los diferencia con los tubulos seminíferos simples. Reed (1996b); Reed (1995a); Egan (1985) y West (1978b) señalan que esta clara visibilidad es porque el vaso deferente actúa como una vesícula seminal que se hincha al llenarse de espermatozoides a través de los años cuando el macho es reproductivamente activo. Por otro lado, West (1978a) indica que estos

vasos deferentes, dependiendo el estado de llenado en que se encuentran y el lugar del vaso llenado, pueden ser vesículas seminales y vasos renales deferentes. Característica de esta vesícula seminal y de los vasos renales deferentes que igualmente se observo aquí es el epitelio columnar que reposa sobre una lamina basal substancial.

Según la condición microscópica de los numerosos vasos deferentes bien desarrollados en lo que tiene que ver a su capa circular de tejido cilíndrico simple, completamente llenos con espermatozoides y ubicados sobre el lado ventral de la masa visceral contiguos a la glándula digestiva; son características distinguibles primariamente de machos maduros y se puede decir que los caracoles machos de *Strombus gigas* para el mes de junio se encuentran en un estado maduro según Aldana *et al.*, (En prensa) o estado de condición III "maduro" de acuerdo a la escala de maduración desarrollada por Egan (1985) para machos de *Strombus gigas*. Este estado de condición también es concordante con la escala visual del color de la gónada, ya que ésta presenta una coloración naranja brillante (Figura 9) al igual que la reportada por Lagos *et al.*, (1996) para machos maduros. En machos juveniles el tejido gamético (testicular) es blanco, cambiando a color crema cuando comienza a ocurrir la maduración (cuando el labio de la concha esta formado), y finalmente cambia a naranja cuando la misma gónada ha madurado y la producción de esperma esta ocurriendo (Reed, 1996b; Reed, 1995a).

Como muchos gasterópodos Prosobranquios, los Strombidae están caracterizados por la producción de espermatozoides dimórficos; esto es dos o más tipos morfológicamente distintos de espermatozoides (típicos y atípicos) producidos simultáneamente en la gónada masculina (Reed, 1995a; Fretter, 1984; West, 1978b;) y que se diferencian uno de otros por su forma y cantidad de cromatina que presentan (Meves, 1903 En: West, 1978b). Así, los espermatozoides típicos (eupírenos o normales) presentan completo contenido de cromatina y forma de hilo; y los espermatozoides atípicos (anormales) con poca cromatina y sin cromatina respectivamente llamados oligopíreno y apíreno que exhiben varias formas y tamaños desde formas de gusano hasta formas grandes vermiformes (Reed, 1995a; Egan, 1985; Kuschakewitsch, 1913 En: West, 1978b). De los seis tipos de células encontrados en los espermioductos tipo simple se puede decir que son células espermatogénicas (espermatogonia, espermatocitos y espermatozoides); aunque, también podrían darse células basales y células accesorias; mientras que los dos tipos encontrados en los espermioductos tipo complejo son solo espermatozoides. Las células espermatogénicas y células accesorias llenan los tubulos seminíferos (tipo simple) formando grupos y ocurriendo cerca de la periferia de los tubulos (West, 1978a; West, 1978b). Para los seis tipos de células encontrados aquí, es difíciles decidir en que categoría se encuentran por tener formas, tamaños y texturas muy parecidas y ya sean células espermatogénicas (espermatogonia y

espermatoцитos), células basales o células accesorias se encontraron localizadas en la periferia del tubo seminífero formando grupos.

Las células espermatoгénicas principalmente encontradas tanto en los tubulos seminíferos (tipo simple) como en los vasos deferentes (tipo complejo) son los espermatozoides atípicos con forma de vaina. Reed (1996b; 1995a) describe para las seis especies de *Strombus* estos espermatozoides con una forma vermiforme que consiste de una membrana encerrando un eje rotatorio de gránulos con una longitud estimada de 114 μm en particular para *Strombus gigas* y longitudes menores a 100 μm para las otras cinco especies de *Strombus* del Caribe. Ésta definición del espermatozoide atípico que Reed realiza en sus estudios corresponde tanto en forma como en tamaño a los aquí encontrados y llamados vaina. Por otro lado Fretter (1984) señala que la producción de espermatozoides atípicos es típica de los prosobranquios con un grado de organización monotocardia. La gran cantidad de estos espermatozoides llenando por completo los vasos deferentes o mejor la alta producción de estos es explicada por una serie de funciones que desempeña, como son: (1) proporcionar alimento a los espermatozoides eupírenos después de la deposición y almacenaje en la hembra (Reed, 1996b; Reed, 1995a), (2) facilitar el movimiento de los espermatozoides eupírenos (Reed, 1996b; Reed, 1995a), (3) aprovisionar de nutrientes (caldo rico en nutrientes) dentro de lumen de los folículos y vasos

deferentes para que el espermatozoide eupíreno pueda permanecer viable por periodos de tiempo más extensos, mientras que ellos mismos no acarreen una gran cantidad de reserva de alimento (Egan, 1985).

GÓNADA FEMENINA: La gónada de la hembra es muy similar a la de los machos en cuanto a su ubicación y estructura. El ovario o tejido gamético esta formado por numerosos tubulos que se unen para formar el oviducto renal (Egan, 1985; West, 1978c; West, 1978d). El tejido íter-folicular "signet cells" separa los tubulos uno de otro. Aunque este tejido íter-folicular no se aprecia muy bien ya que los tubulos se encuentran muy unidos o conglomerados pero no formando un oviducto renal. Según Egan (1985) y West (1978c) la pared del oviducto renal es caracterizada por un epitelio columnar simple idéntico en apariencia a los vasos deferentes en los machos. Debido a la expansión de tubulos ocupando casi toda la gónada con muy poco tejido Inter.-folicular y la gran cantidad de oocitos encontrados dentro de cada tubulo se puede decir que se encuentra en el intervalo de hembras en desarrollo (condición II) e inicios de madurez. Según Egan (1985) en el estado de condición II (hembras en desarrollo) el número de oocitos incrementa rápidamente, la distancia entre los folículos disminuye y el tejido Inter.-folicular "signet cells" ocupa menos del 50%; y el estado de condición III (hembra madura) es dominado por lo que él llama folículos bombeados que ocupan toda o casi

toda el área superficial de la gónada, llenando su lumen con oocitos en crecimiento y el tejido inter-folicular ocupando una pequeña área menor al 10% de la gónada. Otro punto para decir que se encuentra en el intervalo de condición II- condición III es que el diámetro de las células no sobrepasa las 10 μm como si lo enuncia Egan (1985) con oogonias de 20 μm a 30 μm de diámetro en un estado de condición I (principio) y oocitos menores o iguales a 50 μm en un estado de condición II. Por otro lado se dice que se encuentra en un intervalo Estado II- Estado III ya que los parches citoplasmáticos encontrados de color azul son de acuerdo a Aldana *et al.*, (En prensa) inclusiones citoplasmáticas basófilas características de un estado de gametogénesis (estado II), pero también la gran cantidad de gránulos vitelogénicos es característico de madurez (estado III). La distinción entre finalización del estado II (hembra en desarrollo) y principios del estado III (hembras maduras) es algo difícil de decidir y así como Egan (1985) lo asigno, la condición III se da cuando más de dos folículos se encuentran en contacto y los oocitos se encuentran en supuesto crecimiento.

Como característica general *Strombus gigas* presento sexos separados lo cual es llamado gonocórico (Hughes, 1986; Fretter, 1984) con una distinción característica entre machos y hembras que es el órgano reproductivo, pene para machos, canal ovigero para hembras. De igual forma se observa que la gónada tanto de machos como de hembras es

una sola para cada uno y esta compuesta de tubulos que se unen para desembocan en un único conducto genital: El vaso deferente y el conducto renal respectivamente, cuya organización biológica es llamada monotocordia. De acuerdo con Baqueiro (1998) y Fretter (1984) el desarrollo gonádico en gasterópodos prosobranquios presentan dos grados de organización en su biología reproductora: (a) diotocordia, con una sola gónada que desemboca por el riñón derecho y con fertilización externa y (b) monotocordia, con una sola gónada que desemboca por un conducto genital glandular y con fertilización interna como es el caso de los mesogastrópodos donde se encuentra *Strombus gigas* y neogastrópodos.

PENE: El pene esta localizado en la parte posterior del pie, en la cara derecha detrás del pedúnculo ocular en la misma ubicación que lo reporta Fretter (1984) para los prosobranquios, como un órgano sexual típico inervado por el ganglio pedal derecho, indicando su origen pedal. El punto de primordial importancia al cual se hace referencia es el surco espermático del pene proyectado hasta el final de una almohadilla accesoria, que al igual que lo reporta Reed (1995a) es una abertura continua de epitelio plegada a lo largo de la superficie del pene. Según Reed (1996b) la almohadilla accesoria del pene se abre para revelar una punta hueca en la cual el surco vaciá el esperma luego de trasportarlo.

El epitelio cúbico simple ciliado con forma sinuosa y la glándula intra-epitelial que se observó revistiendo el surco espermático y la almohadilla accesoria hacen referencia a la reportada por Reed (1995a, 1996b) como una superficie lamellar cubierta con epitelio ciliado entremezclado con células caliciformes sobre la almohadilla accesoria y sobre el surco espermático. La estructura microscópica del pene mostró que la glándula intra-epitelial y sus células caliciformes se localizan principalmente en la base del surco espermático. La presencia de gran cantidad de células caliciformes sugiere que ellas proveen mucus con el propósito de lubricar y facilitar el movimiento del esperma durante la transferencia a la hembra (Hughes, 1986). Por otra parte, Reed (1995a, 1996b) señala que este mucus segregado por las células caliciformes puede incrementar la adhesión de la superficie lamellar para sostenerse durante la copulación al órgano de la hembra.

VII. CONCLUSIONES

A continuación se relacionan las principales conclusiones que se derivan del presente Trabajo de Grado sobre la histología del Caracol Pala (*Strombus gigas* Linnaeus, 1758).

- Las identificaciones y descripciones realizadas en los tejidos epitelial, conectivo y muscular de un total de 14 órganos, abren la posibilidad de establecer el inicio de un atlas histológico del Caracol Pala para individuos adultos de ambos sexos.
- La metodología de laboratorio escogida y aplicada para el procesamiento y tinción de las muestras (Hematoxilina de Harris - Eosina amarillenta tinción regresiva, HHE₂, modificada de Howard and Smith, 1983) se encontró satisfactoria debido a que permitió la fácil y segura identificación y descripción de los tejidos propios de cada órgano.
- A nivel histológico, se ha determinado que el tejido epitelial se le encuentra representado ciliado o no, en las formas: Cilíndrica simple (pie, poro del ano, ctenidio, saco del estilete, riñón y gónada masculina); cilíndrica pseudo-estratificada (probóscide, tentáculo del ojo, pie (lo hay no ciliado también), pene, músculo del cuerpo y

manto); glandular (pie, pene, riñón y hepatopáncreas); y, cúbica simple (pene, ctenidio, y saco del estilete). Las formas transicional (pene, manto, poro del ano y saco del estilete) y escamosa (manto) no presentan cilios.

- El pene es el órgano que presenta más formas de tejidos epiteliales (transicional, cilíndrico pseudo-estratificado, cúbico simple y glandular intra-epitelial).
- También se ha hallado que el tipo de tejido conectivo de mayor predominancia es el tipo denso fibroso compuesto de fibras musculares lisas y colágeno (probóscide, ojo, tentáculo del ojo, pie, y poro del ano) ya que brindan sostén, distensión y protección al cuerpo. Por su parte, el tejido conectivo laxo solo se encontró en aquellas estructuras (manto, saco del estilete y gónadas) que no necesitan demasiada protección, pero si nutrición y almacenamiento de sustancias como proteínas y grasas.
- En cuanto al tejido muscular se encuentra diferenciado en fibras musculares lisas (músculo del cuerpo), en íntima relación de éstas con el tejido conectivo fibroso (probóscide, ojo, tentáculo del ojo, pie, y poro del ano) y en músculo estriado (pene y manto).

- Inmersas en los tejidos conectivos se hallaron células sanguíneas tanto amebocíticas granulares basófilas, eosinófilas y macrófagas, como linfocíticas, cuyos tamaños están comprendidos entre 1,5 y 6,4 micras.

- Se ha encontrado que ciertas características denuncian la presencia de un tejido específico. Así, mientras la probóscide enseña un epitelio que forma lóbulos pareados redondeados, la parte frontal del pie adyacente a su suela los tiene en ángulos rectos, aunque dicha suela los muestre con profundas invaginaciones entre los lóbulos pares también redondeados.

- En relación con los tejidos secretores o glandulares, el riñón y el hepatopáncreas son glándulas propiamente dichas conformadas por acinos (forma circular del adenomero) cuya principal diferencia histológica estriba en la existencia de gránulos intra- y extra-celulares en el hepatopáncreas; en tanto que el pie y el pene exhiben epitelios glandulares, pero solo este último lo hace con células caliciformes.

- Para determinar los tejidos gonadales se tiene que estos presentan multiplicidad de ductos en ambos sexos, siendo de un solo tipo y de pared delgada de tejido conectivo en la hembra, y de dos tipos, uno de ellos con pared gruesa epitelial, en el macho.

- Más fáciles de diferenciar son: El saco del estilete cristalino debido al gran tamaño que tienen las células cúbicas epiteliales ciliadas que recubren el lumen gástrico, visibles aun a magnificaciones de 3x.
- El ctenidio, ya que muestra filamentos tubulares branquiales que en su parte distal forman una cabeza con almohadillas cristalinas rojizas.
- El poro del ano porque es una estructura tubular con pliegues hacia su lumen.
- El manto, por cuanto presenta hasta cinco bandas de diferentes tejidos en una placa cualquiera.
- El músculo del cuerpo, por formar bandas anchas y fibrosas.
- El ojo, al tener una capa pigmentada negra que delata la retina.
- Y el tentáculo del ojo, que expone una estructura que desde su denso y colorido centro parece irradiar fibras hacia el exterior.
- En los 14 órganos analizados no se manifestaron malformaciones, daños celulares, o necrosis a nivel histológico que prescriban patologías, por lo que se puede referir a los tejidos estudiados (epitelial, conectivo y muscular) de los especímenes del Arrecife Alacranes como tejidos sanos.

- Por ultimo, queda establecido que al menos para el mes de junio, cuando se efectuó el muestreo en el Arrecife Alacranes, todos los especímenes machos colectados estaban en estado gonádico maduro, pero las hembras solo lo estaban iniciando (Condición III).

VIII. RECOMENDACIONES

- Aunque se investigaron 14 órganos, por medio de este Trabajo se sientan las bases para estudios detallados posteriores, en especial de reproducción y patologías, que permitan la continuidad y complementación de un atlas. Entre otros órganos que se encuentran por investigar están: Pericardio, arterias y venas, estómago, glándula hipobranquial, nervios, osfradio y recto.

- Se hace énfasis en continuar empleando las técnicas aplicadas en este Trabajo para el procesamiento y tinción de las muestras a fin de obtener la mayor concordancia con los resultados de investigaciones posteriores. Sin embargo, es posible que otras técnicas o modificaciones a la ya utilizada deban ser tenidas en cuenta para los demás órganos no estudiados.

- Hacer histología con diferentes métodos de tinción específicos para cada tipo de tejido y como técnicas adicionales a la tinción rutinaria Hematoxilina-Eosina para demostrar componentes celulares, sustancias (pigmentos, minerales) y microorganismos de un tejido en particular, y en especial en situaciones específicas acordes a la necesidad del diagnóstico, que complementen el conocimiento de la biología histológica de este molusco.

- Estudiar la biología reproductora de *Strombus gigas* describiendo la anatomía microscópica e identificando las etapas del desarrollo gametogénico en machos y hembras para el progreso de la acuicultura y el manejo adecuado del recurso.
- Efectuar análisis histológicos más específicos para las células espermáticas de *Strombus* ya que *S. gigas*, al igual que otros prosobranquios, presenta espermatozoides polimórficos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Abolins Krogis, Anna. 1968. Shell regeneration in *Helix pomatia* with special reference to the elementary calcifying particles. Symp. Zool. Soc. Lond. No. 22. Studies in the structure, physiology and ecology of molluscs, Fretter, Vera (ed). pp. 75-92.
- Acosta B., Alejandro. 1994. Bibliography of the conch genus *Strombus* (Gastropoda: Strombidae). Proceedings of the workshop on biology, fisheries, mariculture and management of the queen conch, *Strombus gigas*. "Taller sobre biología, pesquería, cultivo y manejo del caracol *Strombus gigas*. Appeldoorn, R. S. y Rodríguez, B. (eds). Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. pp. 321-356.
- Aldana Aranda, Dalila; Erick Baqueiro C.; Imelda Martínez M.; Manuel Pérez P.; Rosa Isabel O. y Thierry Brulé. En prensa. Reproductive patterns of *Strombus gigas* from Alacranes reef versus Chinchorro bank of Mexico. Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst. No. 54. Providenciales, Turks and Caicos Islands, Nov. 12-17, 2001.
- Andrew, Warren. 1959. Textbook of comparative histology. New York Oxford. University press.

Appeldoorn, R.S. 1988. Age determination, growth, mortality and age of first reproduction in adult queen conch, *Strombus gigas* L., off Puerto Rico. Fish. Res. No. 6. pp. 363-378.

Appeldoorn, Richard S. 1994. Queen conch management and research: Status, needs and priorities. Proceedings of the workshop on biology, fisheries, mariculture and management of the queen conch, *Strombus gigas*. "Taller sobre biología, pesquería, cultivo y manejo del caracol *Strombus gigas*. Appeldoorn, R. S. y Rodríguez, B. (eds). Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. pp. 301-320.

Baqueiro Cárdenas, Erick Raúl. 1998. Patrones en la dinámica poblacional y ciclo reproductor de moluscos bivalvos y gasterópodos de importancia comercial en México. Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional "CINVESTAV, Departamento de Recursos del Mar. Mérida, Yucatán, México. 276 p.

Baqueiro Cárdenas, E; A. Aviles Q.; José A. Masso R.; P. Rogers N. y A. Vélez B. 1992. Manual de métodos de muestreo y evaluación de poblaciones de moluscos y otros recursos bentónicos. Instituto Nacional de Pesca. México D.F. 73 p.

- Berg, C.J., Jr. 1976. Growth of the queen conch, *Strombus gigas*, with a discussion of the practicality of its Mariculture. Mar. Biol. (Berlín). No. 34. pp. 191-199.
- Berg, C.J., Jr. and Olsen, D. A., 1989. Conservation and management of queen conch (*Strombus gigas*) fisheries in the Caribbean. Marine Invertebrate Fisheries; their Assessment and Management. J. F. Caddy (editor). John Wiley & Sons, Inc., New York. pp. 421-442.
- Bravo, Isabel; Franco, J. M.; Alonso, A.; Dietrich, R. y Molist, P.. 2001. Citological study and immunohistochemical location of PSP toxins in foot skin of the ormer, *Haliotis tuberculata*, from the Galician coast (NW Spain). Marine Biology. Vol. 138. pp. 709-715.
- Brownell, W.N., 1977. Reproduction, laboratory culture and growth of *Strombus gigas*, *Strombus costatus* and *Strombus pugilis* in los Roques, Venezuela. Bulletin of Marine Science. No. 27. pp. 668-680.
- Chakalall, R. y K. Cochrane. 1997. The Queen Conch fishery in the Caribbean: An approach to responsible management. Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst. No. 49. pp. 531-554.

- Cruz, R. 1986. Avances en la experimentación de producción masiva del caracol en Quintana Roo, México. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. No. 37. pp. 12-20
- Darcy, G.H. 1981. Annotated bibliography of the conch genus *Strombus* (Gastropoda, Strombidae) in the Westem Atlantic Ocean. NOAA Tech. Rept. NMFS SSRF 748. 16 p.
- D´Asaro, Charles N. 1965. Organogenesis, development, and metamorphosis in the queen conch, *Strombus gigas*, with notes on breeding habitats. Bulletin of Marine Science. No. 15(2). pp. 359-415.
- Dix, Trevor G. 1973. Mantle Changes in the Pearl Oyster *Pinctada maxima* induced by the Pea Crab *Pinnotheres villosulus*. The Veliger. Vol. 15, No. 4. pp. 330-331.
- Egan, Brian Denis. 1985. Aspects of the reproductive biology of *Strombus gigas*. Thesis of Master of Science, Department of zoology. University of British Columbia, Vancouver, Canada. 147 p.

Elston, Ralph A. 1990. Mollusc diseases: Guide for the shellfish farmer. Washington Sea Grant Program, University of Washington press. Seattle and London. 73 p.

Ferrer, Lourdes T. y Alcolado, Pedro M. 1994. Panorámica actual del *Strombus gigas* en Cuba. Proceedings of the workshop on biology, fisheries, mariculture and management of the queen conch, *Strombus gigas*. "Taller sobre biología, pesquería, cultivo y manejo del caracol *Strombus gigas*. Appeldoorn, R. S. y Rodríguez, B. (eds). Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. pp. 73-78.

Fretter, Vera. 1984. Prosobranchs. The Mollusca. Wilbur, Karl M. (ed). Reproduction. Vol. 7. Tompa, S. A.; Verdonk, N. H y Van Den Biggelaar, J. A. M. (eds). Academic press, Inc, Orlando Florida. pp. 1-45

García Cerrutti, Luis Miguel. 1977. Estudio del comportamiento fisiológico de la hemocianina de *Strombus gigas*. Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá, Colombia. 106 p.

García G., Alejandra; Ochoa B., Rosa I. y Betancourt M. 1994. Microscopic anatomy of the mantle of the pearl *Oyster pintacda mazatlanica* (Hanley, 1856). Journal of Shellfish Research. Vol. 13, No. 1. pp. 85-91.

García S., Eduardo. y Aldana Aranda, D. 1994. Effect of algal food feeding schedule on larval growth and survival rates of the queen conch, *Strombus gigas* (Mollusca, Gastropoda), in México. Aquaculture. Vol. 128. pp. 261-268.

Gartner, Leslie P. y Hiatt, James L. 1997. Histología: Texto y atlas. Mc Graw Hill-Interamericana, editores, México. 506 p.

Gaviño de la Torre, Gonzalo; C. Juárez, y Héctor H. Figueroa. 1972. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. . Editorial Limusa-Wiley, S.A. México. 251 p.

Gillary, Howard L. 1971. Electrical responses from the mature and regenerating eye of *Strombus*, a marine gastropod. American Society of Zoologists [Am. Zool.]. Vol. 11(4): Abstract 263. pp. 672.

Gillary, Howard L. 1972. The regeneration eye of *Strombus*: Anatomy and electrophysiology. American Society of Zoologists [Am. Zool.]. Vol. 12(4): Abstract 251. pp. 691

- Gillary, Howard L. 1974. Light-evoked electrical potentials from the eye and optic nerve of *Strombus*: Response waveform and spectral sensitivity. J. Exp. Biol. Vol. 60. pp. 383-396.
- Gibson, J.; S. Strasdine y K. González. 1983. The status of the conch industry of Belize. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. No. 35. pp. 99-107.
- Goodwin, M. H. 1983. Overview of conch fisheries and culture. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. No. 35. pp. 43-45.
- Howard, D. W. and Smith, C. S. 1983. Histological techniques for marine bivalve molluscs. NOAA. Technical Memorandum NMFSF/NEC-25. Woods Hole Massachusetts. 97 p.
- Hughes, Roger N. 1986. A functional biology of marine gastropods. Croom Helm Ltd. London and Sydney. 245 p.
- IUCN. 1996. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) / The World Conservation Union. Categorías de las Listas Rojas de la UICN. <http://www.iucn.org/themes/ssc/redlists/s-crit.htm>. (Consultado en marzo de 2001).

Lagos B., Alba Lucia; Hernández Barrero, Sandra; Rodríguez Gómez, Horacio y Daza, Piedad Victoria. 1996. Algunos aspectos bioecológicos y reproductivos del caracol de pala *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 en el Archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano. Boletín Científico INPA, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Santafé de Bogotá, Colombia. No. 4 pp 141-160.

Little, Colin. 1965. Notes on the anatomy of the queen conch *Strombus gigas*. Bulletin of Marine Science. No. 15(2). pp. 338-358.

Martínez Guzmán, Lydia A y Hernández Aguilera, Jorge L 1993. Crustáceos Estomatópodos y Decápodos del Arrecife Alacranes, Yucatán. Biodiversidad marina y costera de México. S.I. Salazar Vallejo y N. E. Gonzáles (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México. pp. 609-629.

Martínez Osegueda, Enrique. 1989. Estudio comparativo de los escleractineos de sotavento y barlovento del arrecife alacranes. Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaria de Marina. Estación de Investigación Oceanográfica de Campeche, México. 29 p.

- Moore, Raymond C. (editor). 1960. Treatise on invertebrate paleontology. Part I: Mollusca 1. University of Kansas press and the Geological Society of America, inc. U. S. A.
- Nisbet, R. H. y Plummer, Jennifer M. 1968. . The fine structure of cardiac and other molluscan muscle. Symp. Zool. Soc. Lond. No. 22. Studies in the structure, physiology and ecology of molluscs, Fretter,Vera (ed). pp. 193-211.
- Pérez P., Manuel y D. Aldana Aranda. 2000. Distribución, abundancia, densidad y morfometría de *Strombus gigas* (Mesogasteropoda: Strombidae) en el Arrecife Alacranes, Yucatán, México. Rev. Biol. Trop. No. 48 Supl. 1. pp. 51-57.
- Pérez P, Manuel y D. Aldana Aranda. 1999. Distribution and Seasonality of Reproduction of the Queen Conch, *Strombus gigas*, on Coral Reefs in Yucatán, México. Proc. Gulf Caribb.Fish.Inst. No. 52.
- Pérez Pérez, M. y D. Aldana Aranda. 1998. Estimación Preliminar de la densidad y talla del caracol rosado, *Strombus gigas* (Linné, 1758) en el Arrecife Alacranes, Yucatán, México. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. No. 50. pp. 49-65.

Prophet, Edna B. 1995. Procesamiento de tejidos: Deshidratación, aclaración e infiltración. Métodos histotecnológicos. Instituto de patología de las fuerzas armadas de los Estados Unidos de América, AFIP. Washington, D.C. 280 p.

Randall, John E. 1964a. Contributions to the biology of the queen conch, *Strombus gigas*. Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean. No. 14(2). pp. 246-295.

Randall, John E. 1964b. The habits of the queen conch. Sea Frontiers. No. 10(4). pp. 230-239.

Ray C., Melody. 2001. Conch News website: About conch news. Oak Hammock Publishing. (Consultado en noviembre de 2001). <http://oakhammockbooks.com/conchnews/about.html>.

Reed, Shawna E. 1996a. Reproductive anatomy and biology of the genus *Strombus* in the Caribbean: I. Females. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. No. 44. pp. 413-426

Reed, Shawna E. 1996b. Reproductive anatomy and biology of the genus *Strombus* in the caribbean: II. Males. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. No. 44 pp. 427-438.

Reed, Shawna E. 1995a. Reproductive anatomy and biology of the genus *Strombus* in the caribbean: I. Males. Journal of Shellfish Research. Vol. 14, No. 2. pp. 325-330.

Reed, Shawna E. 1995b. Reproductive anatomy and biology of the genus *Strombus* in the caribbean: II. Females. Journal of Shellfish Research. Vol. 14, No. 2. pp. 331-336.

Reed, Shawna E. 1994. Masculinized females in the genus *Strombus*: Aspects of their biology and possible advantages for mariculture of conch (mesogastropoda: Strombidae). Proceedings of the workshop on biology, fisheries, mariculture and management of the queen conch, *Strombus gigas*. "Taller sobre biología, pesquería, cultivo y manejo del caracol *Strombus gigas*. Appeldoorn, R. S. y Rodríguez, B. (eds). Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. pp. 213-221.

Reed, Shawna E. 1993. Gonadal comparison of masculinized females and androgynous males to normal males and females in *Strombus* (mesogastropoda: Strombidae) Journal of Shellfish Research. Vol. 12, No. 1. pp. 71-75.

Reed, S.E. 1992. Reproductive anatomy, biology and behavior of the genus *Strombus* in the Caribbean with emphasis on *Strombus pugilis*. Ph.D. dissertation, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 149 pp.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL. 1994. Decreto: Por el que se declara como área natural protegida, con carácter de Parque Marino Nacional la zona conocida como Arrecife Alacranes ubicada, frente a la costa del Municipio de Progreso, del Estado de Yucatán. Diario Oficial de la Federación. Tomo CDLXXXIX, No. 4, Lunes 6 de junio de 1994. México, D.F. pp. 73-77.

Stewart, V. N. 2001. Queen Conch: A summary of information and statistics on Florida's marine organisms and the marine environment. Sea-Stats. No. 14. U. S. Environmental Protection Agency. (Consultado en febrero 2001). <http://www.epa.gov/gumpo/seast14.html>.

SEPESCA. 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico para el cultivo del Caracol *Strombus gigas* en Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Secretaria de Pesca, Subsecretaria de fomento y desarrollo pesquero, Dirección general de Acuicultura. Convenio SEPESCA/CIQRO. 21 p.

Stoner, Allan W y Glazer, Robert A. 1998. Variation in natural mortality: Implications for queen conch stock enhancement. Bulletin of Marine Science. No. 62(2). pp. 427-442.

Stoner, A.W. and K.C. Schwarte. 1994. Queen conch, *Strombus gigas*, reproductive stocks in the central Bahamas: distribution and probable sources. Fish. Bull. Vol. 92(1). pp. 171-179.

Stoner, A.W. and V.J. Sandt. 1992. Population structure, seasonal movements and feeding of queen conch *Strombus gigas*, in deep-water habitats of the Bahamas. Bulletin of Marine Science. No. 51(3). pp. 287-300.

University of Utah. "Histotechniques". (Consultado en Noviembre de 2000). <http://www-medlib.med.utah.edu/WebPath/HISTHTML/HISTOTCH/HISTOTCH.html>.

Wefer, J. and J.S. Killingley. 1980. Growth histories of strombid snails from Bermuda recorded in their O-18 and C-13 profiles. Mar. Biol. No. 60. pp. 129-135.

- West, David L. 1978a. Reproductive Biology of *Colus Stimpsoni* (Prosobranchia: Buccinidae). I. Male Genital System. The Veliger. Vol. 20, No. 3. pp. 266-273.
- West, David L. 1978b. Reproductive Biology of *Colus Stimpsoni* (Prosobranchia: Buccinidae). II. Spermiogenesis. The Veliger. Vol. 21, No. 1. pp. 1-9.
- West, David L. 1978c. Reproductive Biology of *Colus Stimpsoni* (Prosobranchia: Buccinidae). III. Female Genital System. The Veliger. Vol. 21, No. 4. pp. 432-438.
- West, David L. 1978d. Reproductive Biology of *Colus Stimpsoni* (Prosobranchia: Buccinidae). IV. Oogenesis. The Veliger. Vol. 24, No. 1. pp. 28-38.
- Wilkins, R. M., M.H. Goodwin y D.M. Reid. 1987. Research applied to conch resource management in St. Kitts/Nevis. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. No. 38. pp. 370-375.
- Wood, D. y D.A. Olsen. 1983. Application of biological knowledge to the management of the Virgin Islands conch fishery. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. No. 35. pp. 112-121.

X. ANEXOS

Anexo A. Decreto: Por el que se declara como área natural protegida, con carácter de Parque Marino Nacional la zona conocida como Arrecife Alacranes ubicada, frente a la costa del Municipio de Progreso, del Estado de Yucatán, México.



Hemeroteca del Estado
José Ma. Pino Suárez

Omar Hernando
Avila Poveda

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION

ORGANO DEL GOBIERNO CONSTITUCIONAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Tomó CDLXXXIX No. 4

México, D.F., lunes 6 de junio de 1994

CONTENIDO

Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Secretaría de Desarrollo Social

Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

Secretaría de Salud

Departamento del Distrito Federal

Banco de México

Avisos

Índice en página 126

DECRETO por el que se declara como área natural protegida, con carácter de Parque Marino Nacional la zona conocida como Arrecife Alacranes, ubicada frente a la costa del Municipio de Progreso, del Estado de Yucatán.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Presidencia de la República.

CARLOS SALINAS DE GORTARI, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que me confiere el artículo 89 fracción I de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 27 párrafo tercero de la propia Constitución; 10 fracciones IV a VI, 20 fracción III, 50 fracciones I, II, IV, XI, XIII y XVIII, 80 fracciones I a IV, 38, 44, 45, 46 fracción V, 57 a 61, 64, 65, 71, 73, 76, 78, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 10, a 60, 18, 21, 22 y 36 de la Ley Federal del Mar; 10, 20, 30 fracción I, 60 fracción I, 16, 38 fracción II, 85 y 86 fracciones III, IV y VII de la Ley de Aguas Nacionales; 30, y 40 de la Ley de Vías Generales de Comunicación; 10, 30, 60 fracción I, 70 fracciones VII y XVI de la Ley de Navegación; 10, 20, 30 fracciones V y VI, 25 a 27 de la Ley de Pesca; 10,

30, 40, incisos a), b) y d), 90, y 15 de la Ley Federal de Caza; 1, 4 fracciones III, IV y V, 19 fracciones I y IV y 20 de la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas; 33, 34, 37 y 38 de la Ley de Planeación; 30, 32, 35, 36 y 43 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; y

CONSIDERANDO

Que el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 establece que la planeación y ejecución de la acción gubernamental en materia ecológica, deberá realizarse bajo la premisa básica de que los recursos naturales conforman una reserva estratégica fundamental para la soberanía nacional y el desarrollo integral del país, por ello se plantea la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, así como la instrumentación de programas para la conservación, manejo y administración de dichas áreas.

Que frente a las Costas del Municipio de Progreso, Estado de Yucatán, se encuentra ubicado el "Arrecife Alacranes", constituido por un complejo de arrecifes coralinos con geomorfología de gran potencial científico, económico, educativo, pesquero, histórico, turístico y cultural.

Que el "Arrecife Alacranes" presenta una forma semiunai con la parte convexa hacia el este y orientado en el sentido sureste-noreste, su longitud máxima alcanza los 26.79 kilómetros con un ancho máximo de 14.61 kilómetros; está constituido por una plataforma que se levanta desde el fondo marino situado a 50 metros de profundidad; su frontera natural se localiza en la isobata de 40 metros; el perímetro del zócalo arrecifal se ubica a 5 metros de profundidad e incluye las partes emergentes a nivel del mar de las barreras coralinas y las islas del arrecife.

Las características morfológicas sobresalientes del "Arrecife Alacranes" las constituyen el Cantil y la Barrera de Barlovento; el Cantil Norte; el Cantil de Sotavento; la Meseta o Zócalo Arrecifal; la Isla Blancas o Pájaros; la Isla Pérez; la Isla Desertora o Muertos; la Isla Chicas, y la Isla Desterrada. Dichas islas están constituidas por la llamada arena coralina de grano medio o grueso, formada por la fragmentación de conchas de moluscos, foraminíferos, algas calcáreas, corales y fragmentos

de equinodermos, mineralógicamente compuestas de caliza casi pura sin mezcla de elementos terrígenos.

Que la Secretaría de Desarrollo Social y el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, realizaron estudios técnicos de los que se desprende la necesidad de establecer el área natural protegida con el carácter de Parque Marino Nacional denominada "Arrecife Alacranes", cuya delimitación se prevé en el plano oficial que obra en el Instituto Nacional de Ecología, a fin de preservar el ambiente natural de la zona; salvaguardar la diversidad genética de las especies existentes, y proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio del ecosistema y su equilibrio.

si Que la Secretaría de Desarrollo Social en coordinación con las de Marina, de Pesca y de Comunicaciones y Transportes, han propuesto al Ejecutivo Federal a mi cargo incorporar la zona conocida como "Arrecife Alacranes" al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, con el carácter de Parque Marino Nacional, por lo que he tenido a bien expedir el siguiente

DECRETO

ARTICULO PRIMERO.- Por ser de interés público se declara Área Natural Protegida con el carácter de Parque Marino Nacional la zona conocida como "Arrecife Alacranes", ubicada frente a la costa del Municipio de Progreso del Estado de Yucatán, con una superficie de 333,768-50-50 Has, integrada por dos zonas núcleo denominadas "Zona Núcleo Norte" con superficie de 19,732-70-00 Has. y "Zona Núcleo Sur" con superficie de 11,937-39-00 Has., cuya descripción limitrofe analítico-topográfica es la siguiente:

DESCRIPCION LIMITROFE DEL POLIGONO GENERAL

El polígono se inicia en el vértice 1 de coordenadas 89°43'16" Long. W; 22°47'56" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 10,688.62 m. se llega al vértice 2 de coordenadas 89°49'20" Long. W; 22°46'58" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 10,183.16 m. se llega al vértice 3 de coordenadas 89°54'15" Long. W; 22°43'46" Lat.

N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 10,890.01 m. se llega al vértice 4 de coordenadas 89°58'17" Long. W; 22°39'15" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 10,408.28 m. se llega al vértice 5 de coordenadas 90°00'28" Long. W; 22°33'53" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 11,656.86 m. se llega al vértice 6 de coordenadas 90°00'06" Long. W; 22°27'38" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 10,867.38 m. se llega al vértice 7 de coordenadas 89°57'06" Long. W; 22°22'24" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 10,470.91 m. se llega al vértice 8 de coordenadas 89°54'08" Long. W; 22°17'21" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 10,716.80 m. se llega al vértice 9 de coordenadas 89°50'00" Long. W; 22°13'06" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 10,678.01 m. se llega al vértice 10 de coordenadas 89°44'49" Long. W; 22°10'00" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 10,394.22 m. se llega al vértice 11 de coordenadas 89°38'47" Long. W; 22°09'01" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 10,376.17 m. se llega al vértice 12 de coordenadas 89°33'12" Long. W; 22°11'01" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 10,438.33 m. se llega al vértice 13 de coordenadas 89°28'27" Long. W; 22°14'28" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 10,596.95 m. se llega al vértice 14 de coordenadas 89°25'26" Long. W; 22°19'37" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 11,205.80 m. se llega al vértice 15 de coordenadas 89°24'04" Long. W; 22°25'39" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 11,016.35 m. se llega al vértice 16 de coordenadas 89°24'28" Long. W; 22°31'32" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 10,863.24 m. se llega al vértice 17 de coordenadas 89°27'00" Long. W; 22°37'02" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 10,907.79 m. se llega al vértice 18 de coordenadas 89°30'22" Long. W; 22°41'55" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 10,354.34 m. se llega al vértice 19 de coordenadas 89°35'12" Long. W; 22°45'22"

Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 10,374.91 m. se llega al vértice 20 de coordenadas 89°40'42" Long. W; 22°47'32" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 4,472.13 m. se llega al vértice 1 en donde se cierra el polígono con una superficie de 333,768-50-50 Has.

DESCRIPCION LIMITROFE DE LA ZONA NUCLEO NORTE

El polígono se inicia en el vértice 1 de coordenadas 89°39'24" Long. W; 22°34'29" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 5,315.07 m. se llega al vértice 2 de coordenadas 89°41'48" Long. W; 22°36'21" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 2,610.07 m. se llega al vértice 3 de coordenadas 89°43'17" Long. W; 22°36'45" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 6,013.31 m. se llega al vértice 4 de coordenadas 89°46'41" Long. W; 22°36'24" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 1,882.15 m. se llega al vértice 5 de coordenadas 89°47'25" Long. W; 22°35'42" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 6,407.02 m. se llega al vértice 6 de coordenadas 89°49'27" Long. W; 22°32'44" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SF y una distancia de 5,250.00 m. se llega al vértice 7 de coordenadas 89°49'27" Long. W; 22°29'57" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 6,204.23 m. se llega al vértice 8 de coordenadas 89°47'01" Long. W; 22°27'23" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 3,033.56 m. se llega al vértice 9 de coordenadas 89°46'43" Long. W; 22°25'49" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 2,277.05 m. se llega al vértice 10 de coordenadas 89°45'25" Long. W; 22°24'53" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 2,795.08 m. se llega al vértice 11 de coordenadas 89°44'17" Long. W; 22°26'27" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 1,500.83 m. se llega al vértice 12 de coordenadas 89°44'19" Long. W; 22°27'18" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 4,103.96 m. se llega al vértice 13 de coordenadas 89°45'16" Long. W; 22°29'18" Lat. N;

partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 2,701.85 m. se llega al vértice 14 de coordenadas 89°46'19" Long. W; 22°30'25" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 1,382.93 m. se llega al vértice 15 de coordenadas 89°46'03" Long. W; 22°31'08" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 1,430.03 m. se llega al vértice 16 de coordenadas 89°45'26" Long. W; 22°31'38" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 1,025.91 m. se llega al vértice 17 de coordenadas 89°44'59" Long. W; 22°31'13" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 1,755.70 m. se llega al vértice 18 de coordenadas 89°45'21" Long. W; 22°30'22" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 4,132.60 m. se llega al vértice 19 de coordenadas 89°43'13" Long. W; 22°29'29" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 11,351.60 m. se llega al vértice 1 en donde se cierra el polígono con una superficie de 19,732-70-00 Has.

DESCRIPCION LIMITROFE DE LA ZONA NUCLEO SUR

El polígono se inicia en el vértice 1 de coordenadas 89°36'58" Long. W; 22°27'55" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 12,549.08 m. se llega al vértice 2 de coordenadas 89°43'48" Long. W; 22°25'30" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 3,182.27 m. se llega al vértice 3 de coordenadas 89°44'51" Long. W; 22°24'03" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 1,764.76 m. se llega al vértice 4 de coordenadas 89°44'12" Long. W; 22°23'21" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 1,894.04 m. se llega al vértice 5 de coordenadas 89°43'23" Long. W; 22°22'51" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 2,017.17 m. se llega al vértice 6 de coordenadas 89°42'44" Long. W; 22°21'52" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 2,552.66 m. se llega al vértice 7 de coordenadas 89°41'39" Long. W; 22°20'54" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 3,899.75 m. se llega al vértice 8 de coordenadas 89°40'36" Long. W; 22°22'46" Lat. N;

partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 1,518.91 m. se llega al vértice 9 de coordenadas 89°40'58" Long. W; 22°23'34" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 2,234.03 m. se llega al vértice 10 de coordenadas 89°39'39" Long. W; 22°23'43" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 2,055.48 m. se llega al vértice 11 de coordenadas 89°39'35" Long. W; 22°22'33" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SW y una distancia de 4,030.87 m. se llega al vértice 12 de coordenadas 89°40'25" Long. W; 22°20'33" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 1,969.77 m. se llega al vértice 13 de coordenadas 89°38'21" Long. W; 22°20'07" Lat. N; partiendo de este punto hacia el SE y una distancia de 1,470.85 m. se llega al vértice 14 de coordenadas 89°38'28" Long. W; 22°20'07" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 1,997.22 m. se llega al vértice 15 de coordenadas 89°37'28" Long. W; 22°20'32" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 955.24 m. se llega al vértice 16 de coordenadas 89°37'07" Long. W; 22°20'57" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 2,360.08 m. se llega al vértice 17 de coordenadas 89°36'17" Long. W; 22°22'01" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 1,551.69 m. se llega al vértice 18 de coordenadas 89°35'59" Long. W; 22°22'46" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 3,393.28 m. se llega al vértice 19 de coordenadas 89°37'59" Long. W; 22°22'51" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 4,792.70 m. se llega al vértice 20 de coordenadas 89°36'52" Long. W; 22°25'21" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NE y una distancia de 3,423.44 m. se llega al vértice 21 de coordenadas 89°36'41" Long. W; 22°27'11" Lat. N; partiendo de este punto hacia el NW y una distancia de 1,457.73 m. se llega al vértice 1 en donde se cierra el polígono con una superficie de 11,937.39-00 Has.

ARTICULO SEGUNDO.- La administración, conservación, desarrollo y vigilancia del Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes", quedan a cargo de las Secretarías de Marina y de Pesca, con la participación de las Secretarías de Desarrollo Social y de Comunicaciones y Transportes.

Dichas dependencias del Ejecutivo Federal formularán conjuntamente el programa de manejo del área, invitando a participar en su elaboración y en el cumplimiento de sus objetivos al Gobierno del Estado de Yucatán; al Municipio de Progreso; al Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y a otras instituciones de educación superior y de investigación; a investigadores y especialistas, así como a representantes de grupos sociales interesados, celebrando los acuerdos de coordinación y los convenios de concertación que sean procedentes.

ARTICULO TERCERO.- El programa de manejo del Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes" deberá contener por lo menos lo siguiente:

- I. La descripción de las características físicas, biológicas, sociales y culturales del Parque Marino Nacional, en el contexto nacional, regional y social;
- II. Las acciones a realizar a corto, mediano y largo plazos estableciendo su vinculación con el Sistema Nacional de Planeación Democrática. Dichas acciones comprenderán la investigación, uso de recursos, extensión, difusión, operación, coordinación, seguimiento y control;
- III. Los objetivos específicos del Parque Marino Nacional;
- IV. Las normas para el aprovechamiento de la flora y fauna silvestres y acuáticas, de protección de los ecosistemas, así como las destinadas a evitar la contaminación del suelo y de las aguas.
- V. El catálogo de especies de la flora y fauna acuática que se encuentran en la zona;
- VI. Los requisitos que deberán cumplir los solicitantes de concesiones, permisos o autorizaciones para la explotación, extracción o aprovechamiento de los recursos del Parque Marino Nacional, de conformidad con la legislación aplicable;
- VII. Las actividades permitidas dentro del Parque Marino Nacional;
- VIII. Las restricciones a la construcción, ocupación y funcionamiento de instalaciones marítimas o de otra clase de obras y

IX. Las actividades de protección de los ecosistemas y de sus elementos de investigación científica y de educación ecológica.

ARTICULO CUARTO.- Las obras y actividades que se realicen en el Parque Marino Nacional deberán sujetarse a los lineamientos establecidos en el programa de manejo del área y en las disposiciones jurídicas aplicables.

Todo proyecto de obra pública o privada que se pretenda realizar dentro del Parque Marino Nacional deberá contar previamente a su ejecución, con la autorización de impacto ambiental correspondiente, en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Impacto Ambiental.

ARTICULO QUINTO.- En el Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes", las Secretarías de Marina, de Desarrollo Social, de Comunicaciones y Transportes y de Pesca, en el ámbito de sus respectivas competencias, solamente autorizarán la realización de actividades relacionadas con la preservación de los ecosistemas acuáticos y sus elementos; la investigación, recreación y educación ecológica, y el aprovechamiento de recursos naturales, conforme a lo dispuesto en el programa de manejo, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables.

ARTICULO SEXTO.- En el Parque Marino Nacional se permitirá la pesca deportiva, así como la pesca comercial de las especies ícticas, malacológicas y cacinológicas, en las áreas, épocas y con los límites, artes, equipos y métodos que se establezcan en el programa de manejo, los avisos de veda, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables.

ARTICULO SEPTIMO.- En el Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes" se podrá autorizar el establecimiento de granjas marinas para el cultivo de moluscos, peces, crustáceos, algas y otras especies que se puedan utilizar para la repoblación del área.

ARTICULO OCTAVO.- Las actividades de recreación en el Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes" únicamente podrán realizarse de conformidad con los lineamientos establecidos en el programa de manejo del área.

ARTICULO NOVENO.- Las áreas y canales de navegación establecidas en el Parque Marino

Nacional "Arrecife Alacranes" continuarán en uso, debiendo delimitarse el área de fondeadero.

ARTICULO DECIMO.- La disposición final de residuos sólidos producto de desasolve de los canales de navegación localizados en el Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes", deberán ser deslastrados fuera de los límites del mar territorial.

ARTICULO DECIMO PRIMERO.- Las infracciones a lo dispuesto por el presente decreto, serán sancionadas administrativamente por las autoridades competentes en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley Federal del Mar, Ley de Vías Generales de Comunicación, Ley de Navegación, Ley de Pesca, Ley de Aguas Nacionales, el Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias, y demás disposiciones jurídicas aplicables.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- El presente decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- El programa de manejo del Parque Marino Nacional "Arrecife Alacranes" deberá ser elaborado en un término de 365 días naturales contados a partir de la fecha de entrada en vigor de este decreto.

TERCERO.- La Secretaría de Desarrollo Social procederá a tramitar la inscripción del presente decreto en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, en un plazo de 90 días naturales contados a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

CUARTO.- Se derogan las disposiciones administrativas que se opongan al presente decreto.

Dado en la Residencia del Poder Ejecutivo Federal en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los cinco días del mes de junio de mil novecientos noventa y cuatro.- Carlos Salinas de Gortari.- Rúbrica.- El Secretario de Marina, Luis Carlos Ruano Angulo.- Rúbrica.- El Secretario de Desarrollo Social, Carlos Rojas Gutiérrez.- Rúbrica.- El Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Carlos Hank González.- Rúbrica.- El Secretario de Comunicaciones y Transportes, Emilio Gamboa Patrón.- Rúbrica.- El Secretario de Pesca, Guillermo Jiménez Morales.- Rúbrica.



Universidad de Bogotá
JORGE TADEO LOZANO
<http://www.utadeo.edu.co>