
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS



Análisis gonadal a nivel histológico del erizo rojo
Strongylocentrotus franciscanus, en la Zona II,
Santo Tomás, Baja California, México.

MEMORIAS DE SERVICIO SOCIAL QUE
COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE

BIOLOGO

PRESENTA

Lauro Urías González

Ensenada, Baja California

Marzo de 1994

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA
CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS**

**Análisis gonadal a nivel histológico del erizo rojo
Strongylocentrotus franciscanus, en la Zona II, Santo
Tomás, Baja California, México.**

**Memorias de Servicio Social
que presenta:**

Lauro Urías González



PRESIDENTE

Biol. Olivia M. Tapia Vázquez



SECRETARIO

Biol. Elías Torres Balcazar



1ER. VOCAL

Biol. Pes. José Julián Castro González

DEDICO ESTE TRABAJO A:

A mis padres:

Edgardo Urías Gutierrez

Francisca González de Urías.

A mi hermana:

Rosa Elena Urías González.

A mis hermanos:

Héctor A. Urías G.

Marcos A. Urías G.

Eberardo Urías G.

Pedro A. Urías G.

Edgardo Urías G.

AGRADECIMIENTOS:

Agradesco a la maestra Olivia Tapia Por su ayuda incondicional durante el transcurso de este trabajo, al igual que al biólogo pesquero Julián Castro, a la doctora Meredith Gould y al biólogo Elias Torres por su apoyo y comprensión. También a todos los que hicieron posible de una u otra manera este trabajo, tanto a laboratoristas como a mis compañeros de generación y amigos.

INDICE	PAGINA
Agradecimientos.....	a
Resumen.....	b
Lista de figuras.....	c
Lista de gráficas y tablas.....	d
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	5
III. Antecedentes.....	6
IV. Materiales y métodos.....	15
V. Area de estudio.....	17
VI. Resultados.	
1.1 Descripción anatómica de las gónadas.....	19
1.2 Anatomía microscópica de la gónada hembra.....	21
1.3 Anatomía microscópica de la gónada macho.....	25
2.1 Tipos de células gaméticas en hembras.....	28
2.2 Tipos de células gaméticas en machos.....	32
3.1 Etapas de maduración gonadal.....	36
4.1 Análisis gonadal mensual.....	39
5.1 Escala morfocromática.....	51
VII. Discusión.....	52
VIII. Conclusión.....	56
IX. Bibliografía.....	58
X. Anexos.....	62

RESUMEN.

Se estudiaron histológicamente las gónadas del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus de un muestreo de cuatro meses (septiembre, octubre, noviembre y febrero), provenientes de Santo Tomás, Baja California, México. Las etapas de maduración gonadal encontradas fueron inmaduro o indiferenciado, maduración inicial madurez avanzada, reproductivo y desove o liberación de gametos. El comportamiento reproductivo indica que en los meses de septiembre, noviembre y febrero se encontraron en etapa de maduración avanzada y octubre en maduraz inicial. La primera madurez se encontró en organismos con un rango de talla de 6-7 cm. Se estableció una escala morfocromática para facilitar estudios porteriores de maduración gonadal del erizo rojo.

Figura 15. Espermatogonia con la tec. H-E.....	32
Figura 16. Espermatocito con la tec. tricrómica de Gallego.....	33
Figura 17. Espermatide con la tec. tricrómica de Gallego.....	34
Figura 18. Espermatozoide (fijado).....	35

LISTA DE GRAFICAS Y TABLAS	PAGINA
Gráfica 1. Relación talla-madurez gonadal de organismos hembras del mes de septiembre.....	46
Gráfica 2. Relación talla-madurez de organismos machos del mes de septiembre.....	46
Gráfica 3. Relación talla-madurez gonadal de organismos hembras del mes de octubre.....	47
Gráfica 4. Relación talla-madurez gonadal de organismos machos del mes de octubre.....	47
Gráfica 5. Relación talla-madurez gonadal de organismos hembras del mes de noviembre.....	48
Gráfica 6. Relación talla-medurez gonadal de organismos machos del mes de noviembre.....	48
Gráfica 7. Relación talla-madurez gonadal de organismos hembras del mes de febrero.....	49
Gráfica 8. Relación talla-madurez gonadal de organismos machos del mes de febrero.....	49
Gráfica 9. Proporción de sexos durante los diferentes meses de muestreo.....	50
Gráfica 10. Relación calidad gonadal-madurez durante el mes de septiembre.....	46
Gráfica 11. Relación calidad gonadal-madurez durante el mes de octubre.....	47
Gráfica 12. Relación calidad gonadal-madurez durante el mes de noviembre.....	48
Gráfica 13. Relación calidad gonadal-madurez durante el mes de febrero.....	49

Gráfica 14. Relación índice gonadal-maduración de los diferentes meses de muestreo..... 50

Gráfica 15. Relación índice gonadal-sexo durante los diferentes meses de muestreo..... 50

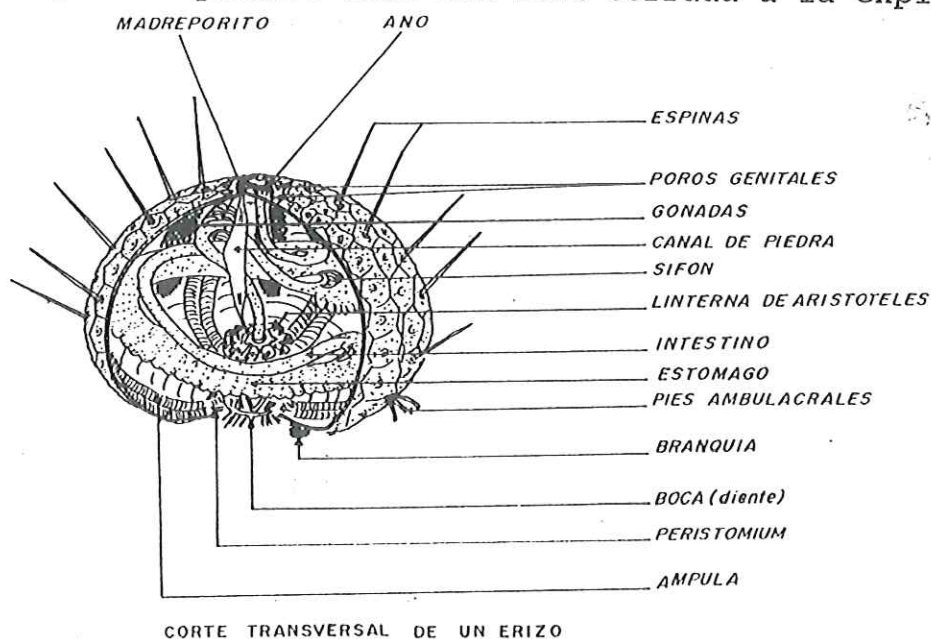
Tabla I. Parámetros macroscópicos, diámetro del organismo, peso total, peso gonadal, longitud gonadal, color gonadal, sexo..... 69

Tabla II. Rango de talla de los organismos de los diferentes meses de muestreo..... 70

Tabla III. Datos biométricos de promedios de talla, peso, número de organismo de cada uno de los meses de muestreo... 71

Isla de Todos Santos, Punta Banda, Arbolito, Bahía Soledad, Punta San Quintín, Punta Santo Tomás, Isla de San Jerónimo y Punta San Carlos (Palleiro, 1982).

La presente investigación corresponde a una parte del monitoreo realizado en un ciclo reproductivo de la zona II (Santo Tomás), durante los meses de septiembre, octubre, noviembre de 1991 y febrero de 1992; con el fin de contribuir al estudio de las condiciones reproductivas del erizo rojo S. franciscanus por medio del análisis gonádico a nivel citológico e histológico. Dicha investigación proporciona conocimientos con relación a cambios y variaciones en la maduración de los organismos con respecto a su talla, aspectos por demás importantes, ya que en zonas aledañas como en el caso de Punta San Miguel, se observó una sobre explotación reflejada en una baja proporción en la población de organismos de talla menores a los 80 mm y alteraciones morfofisiológicas como es un temprano desarrollo en la maduración así como un posible cambio en el comportamiento reproductivo de esta especie, ya que se presentó un caso de hermafroditismo en dicha zona, lo que provocó que durante la temporada pasada quedara como una zona cerrada a la explotación.



CORTE TRANSVERSAL DE UN ERIZO

Fig. 1: Anatomía externa e interna de Strongylocentrotus franciscanus (Tapia, 1986).

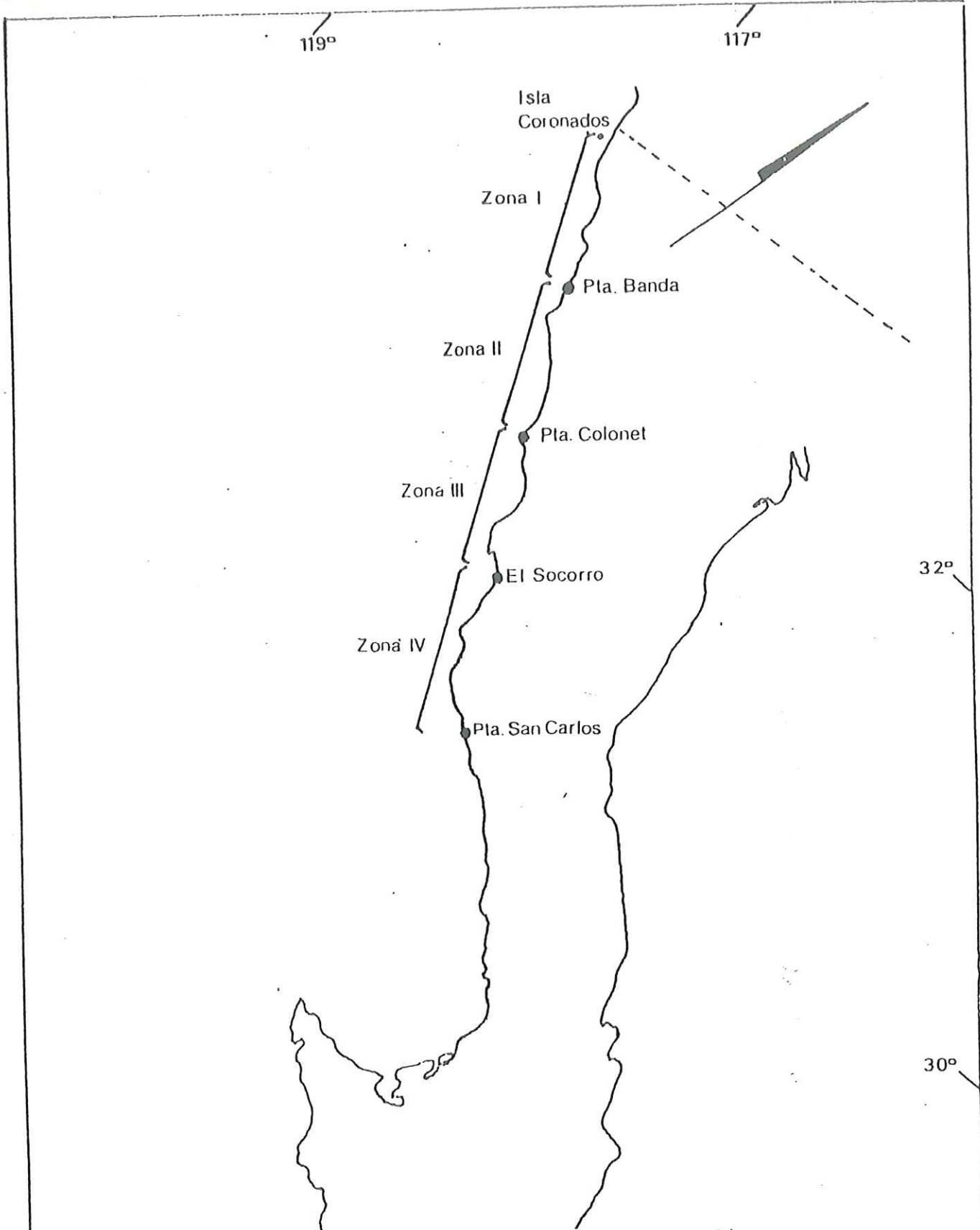


Fig. 2: Esquema de las 4 zonas de captura del erizo S. franciscanus en las costas del Baja California, México (Castro et al. 1992).

II. OBJETIVOS.

Objetivo general.

1. Analizar el comportamiento reproductivo del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus en la zona II (Santo Tomás), durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 1991 y febrero de 1992.

Objetivos específicos.

1.1 Registrar los diferentes tipos celulares gaméticos, tanto en hembras como en machos.

1.2 Distinguir las etapas de maduración sexual.

1.3 Establecer una escala morfocromática para dicha zona.

III ANTECEDENTES.

Los erizos del género Strongylocentrotus, son árticos templados, con ocho especies en las regiones costeras del Pacífico Norte, compartiendo una especie en el Atlántico Norte (Ekman, 1953 citado en Ruiz et al. 1987). Strongylocentrotus franciscanus se distribuye desde la Península de Baja California, hasta el Norte de Alaska, a través de las Islas Aleutianas en la costa Asiáticas y más hacia el Sur hasta Hokkaido Japón, en donde son abundantes; además de compartir su habitat con ocho erizos de la misma familia como S. droebachiensis y S. purpuratus (Mottet, 1976 citado en Ruiz et al. 1987).

La abundancia del erizo es controlada por una serie de elementos naturales, como son: la disponibilidad del alimento, las enfermedades, la acción del oleaje, descargas de agua dulce y un factor importante la depredación. Un depredador primordial en el control de la densidad del erizo rojo, en la parte Norte de la costa Occidental de California, E.U.A., ha sido la nutria de mar Enhydra lutris, esta por tener un gran valor comercial, ha sufrido una intensa caza y llegó casi a su total extinción alrededor del año de 1900 (Merriam, 1901 citado en Vazquez, 1983).

Los estudios de los equinodermos en México, se han orientado a la investigación de catálogos faunísticos de pequeñas localidades y trabajos taxonómicos y ecológicos de las especies más características de las zonas litorales; sin embargo los equinodermos y muy en especial los erizos de mar, conservan su tradicional importancia en la investigación biológica en el área de embriología experimental (Caso, 1978 citado en Ruiz et al. 1987).

En 1972 se inició la pesquería del erizo de mar a nivel comercial en el estado de Baja California, con un pequeño grupo de pescadores, asesorados por personal japonés interesado en explotar este recurso potencial del estado. Su interés era para satisfacer las necesidades del mercado de este organismo en Japón. Por esta razón desde entonces toda la producción del erizo de mar es exportada a Japón, no existiendo consumo local (Palleiro, 1982).

Deweese en 1991, realizó un estudio sobre la administración de la pesca del erizo rojo S. franciscanus de California. La pesca de este recurso empezó en 1972 en el sur de California, y los rangos de explotación fueron de 10 a 24 millones de libras durante 1976-1984. La administración de la pesca fue mínima. Durante 1985 la pesca se expandió al Norte de California, de tal forma que la preocupación acerca del recurso se dirigió al establecimiento de una forma de legislación. El Departamento de Industria y Pesca de California aseguró una serie de medidas muy restringidas, como son: entrada limitada de organismos con un mínimo de tamaño de talla y establecimiento de épocas de veda. La explotación a lo largo del estado continuo incrementandose en 1989 a 51 millones de libras. En 1990 se establecieron otras medidas de restricción, que aún no se sabe que tan eficientes puedan ser.

Bradbury en 1991, realizó un estudio sobre la evaluación de S. franciscanus en el estado de Washington, donde encontró que la pesca comercial se mantuvo estable durante la estación de 1988-1989. Por otra parte, para dirigir la administración de esta

pesca de crecimiento rápido; se tomaron en cuenta algunas características como el hecho de considerar que son organismos semi-sésiles, fácilmente cosechables a profundidades someras, que se distribuyen contagiosamente. Los erizos que se encuentran en lugares difíciles de capturar tienden a dirigirse a regiones más someras cerca de los mantos de algas (Nereocystis); particularmente cuando estas zonas someras han sido explotadas intensamente. La frecuencia en cuanto a la distribución del crecimiento y el tamaño de población también varían significativamente entre áreas. Estas peculiaridades de forma de vida del erizo y el comportamiento de los explotadores, les ha dirigido al manejo de la pesca vía rotación de las diferentes áreas de pesca con base a 3 años; otras de las características incluyendo una estación restringida, así como no permitir la captura de organismos de tallas pequeñas y muy grandes para áreas específicas, lo que ha llevado a la estabilidad del erizo durante esta temporada.

Miller en 1989, tomó en cuenta la demanda de las gónadas del erizo rojo S. franciscana por los japoneses y observó el agotamiento de muchas áreas de cultivo comercial en las costas del Pacífico, así como el incremento del valor en el mercado (más de 6.72 dólares la onza durante diciembre de 1988). Desarrolló un maricultivo comercial en tierra donde las ventajas del cultivo del erizo rojo se dió por la aceleración en la tasa de crecimiento, obteniendo hueva en un año con la consistencia y calidad gonadal requerida.

Levitan et al. en 1992, realizaron un estudio sobre como la distribución y la abundancia influyen para que la fecundación

tenga éxito en el erizo rojo S. franciscanus, llevado a cabo en el campo de las costas de Vancouver Canada; simulando a los organismos machos jeringas llenas de gametos y a las hembras frascos con tapa permeable a los espermias. Examinando la influencia de los grupos de expulsión, grado de agregación, posición dentro de un grupo de agregación y flujo de agua. El éxito de la fecundación está dada por el incremento de tamaño en el grupo, las posiciones centrales, disminución de la corriente dentro de el agregado.

Bennett y Giese (1955), Fuji (1962) y Buckle et al. (1980), indican que los ciclos reproductivos son determinados de manera importante por los factores endógenos y la disponibilidad de alimento a través del año.

Un estudio comparativo entre S. purpuratus y S. franciscanus fue realizado en dos localidades (Pescadero Point y Yankee Point) del Oeste de E. U. por Bennet et al. 1955, tomando en cuenta los ciclos reproductivos y el contenido nutritivo. En lo que refiere al ciclo reproductivo se determinó el índice gonadal (IG) y el contenido nutritivo por presencia de fluidos corporales. En el caso de S. purpuratus, presentó un ciclo reproductivo anual, sólo que en ambas localidades se encontró una variación en el mes de febrero, lo cual fue catalogado como un ciclo con variaciones al azar. En el caso de S. franciscanus presentó un ciclo reproductivo sin variaciones. Lo más importante de este trabajo fue descubrir las diferencias tan altas en el IG a final del 1954, comparadas con 1952-1953; tomando en cuenta algunos datos como la temperatura, lluvias ácidas y la cantidad de luz en los dos años de las localidades estudiadas. Se asumió que estos

factores si influyeron ya que se encontraron diferencias significativas en los años comparativos. El contenido nutricional de las dos especies coincidieron.

La gametogénesis en equinodermos sigue una secuencia regular de cambios en células gaméticas y fagocitos nutritivos, estas secuencias y cambios se denomina ciclos gametogénicos, Giese et al. (1991). Dentro de este mismo trabajo varios autores como son todos los siguientes comentan con respecto a los fagocitos nutritivos Holland y Giese (1965) introdujeron el término de fagocitos nutritivos, considerando a estas células con doble función; estas son también llamadas células nutritivas por Russo (1907), Williams y Anderson (1975); otros la describen de acuerdo a la morfología como células vesiculares, tal es el caso de Caullery (1925); también son llamadas como células auxiliares Yakoules (1983); como células intersticiales como Longo y Anderson (1988); y células accesoras como fue el caso de Millonig et al. (1968), Verhey y Moyer (1976). La composición bioquímica de los gránulos que presentan los fagocitos nutritivos según Chatlynne en 1969 son inclusiones de glucógeno y globulos de lípidos (citado en Giese et al. 1991)

Holland en 1970 realizó un estudio de la gametogénesis durante el ciclo reproductivo anual del erizo Stylocidaris affinis en Boca Picola, mediante el método histológico. Encontró dos tipos de ovocitos primarios, un grupo de ellos presentó en el transcurso del ciclo reproductivo anual un incremento en tamaño; iniciando en septiembre y finalizando en agosto del próximo año (donde se realizó el desove); y un grupo de ovocitos primarios que aparentemente se mantuvieron en tamaño. En la

espermatogénesis, se dió el crecimiento de espermatocitos los cuales se acumularon en capas dentro de los folículos gonadales y permanecieron durante el invierno primavera y verano; y no fue hasta el final del verano cuando se diferenciaron en espermátides y posteriormente en espermatozoides (la liberación de estos últimos fue en agosto y septiembre). El posible control del ciclo reproductivo por factores exógenos es discutido.

Chen y Chang en 1982, relizaron un estudio del ciclo reproductivo de Echinostrepus molaris y E. aciculatus en el norte de Taiwan, mediante el método histológico; para la determinación del estado reproductivo de los individuos se utilizaron los cinco estadios establecidos por Fuji (1960) Chang y Chen (1981 a) ambos citados en Chen y Chang (1982). E. aciculatus estuvo maduro desde julio a diciembre, mientras que E. molaris estuvo maduro de mayo a julio y de noviembre a enero. El proceso de desarrollo de las gónadas de E. aciculatus se observó más sincrónico que en E. molaris.

Holland y Giese en 1965 realizaron un estudio sobre gametogénesis por medio del método autoradiográfico siguiendo la incorporación de la timidina tritiada en las células germinales de S. purpuratus. Demostraron que las células sintetizadoras de ADN fueron en el caso de las hembras las células oogoniales y ovocitos primarios; en el caso de los machos las espermatogonia y espermatocitos primarios.

Geller en 1969 realizó un estudio de ovogénesis en Strongylocentrotus purpuratus, obtenidos en las costas de Oregon E.U.A. Mediante los métodos histológicos e histoquímicos, tomando

los cinco estadios reproductivos establecidos por Fuji (1960; recuperación del desove, crecimiento, premaduro, maduro y desove). Se correlacionó los cambios morfológicos y bioquímicos de las células gaméticas y células accesorias (fagocitos nutritivos) durante el ciclo reproductivo anual.

Gonor (1973a) realizó un estudio con Strongylocentrotus purpuratus en dos localidades en Oregon E. U. (Yaquina Head y Boiler Bay) en el cual identificó dos sucesos estacionales de ovogénesis por dos métodos cuantitativos: (1) estimación de los números absolutos de grupos oogoniales y ovocitos primarios, (2) la determinación de centros de proliferación en el ovario. Mediante el primer método identificó un período estacional de proliferación oogonial y un rápido crecimiento de los ovocitos; con el segundo método mostró que las gónadas sufrieron un incremento anual en el volumen de 4 a 7 veces su volumen inicial. Durante julio y agosto todos los ovocitos se encontraron en estado I entre 5 y 15 μm , en el verano tardío se encontraron por arriba de las 15 μm . En octubre, al inicio del otoño había un abrupto crecimiento en el diámetro, la mayoría de los ovocitos se hallaron en estado II. En noviembre se encontraron los tres estados de ovocitos, en noviembre y diciembre el 50% de los ovocitos terminaron su crecimiento.

Gonor en 1973b también realizó un estudio sobre proporción de sexos y hermafroditismo en S. purpuratus en tres localidades en Oregon E.U. (Yaquina Head, Boiler Bay y Whale Cove), durante tres años. Los organismos fueron sexados tanto externamente (fluido gonadal al momento de la disección) como histológicamente. Encontró una alta proporción de machos en Yaquina durante los

tres años, en tanto que las otras dos localidades no difirió mucho la proporción. Se identificaron dos hermafroditas (prominentemente femeninos) en Yaquina de un total de 1345 organismos estudiados. Se necesitan más estudios sobre la hipótesis de que la especie se S. purpuratus puede cambiar de sexo, de que la expresión sexual puede ser afectada por el medio ambiente.

Tapia, en 1986 mediante la aplicación de técnicas histológicas, y tomando en cuenta las características citológicas de las células gaméticas y la anatomía microscópica de las gónadas, establece cinco etapas de maduración para el erizo rojo S. franciscanus de la zona de Punta San Miguel, Baja California para el ciclo anual 1984-1985; observando que el inicio de la época reproductiva se da en noviembre y permanece en diciembre y enero, con la respectiva fase de expulsión o desove en febrero, prolongándose hasta final de abril, estableciendo la primera madurez en organismos de 61-65 mm.

Kenner et al. en 1991 reportó la primera madurez reproductiva de Strongylocentrotus purpuratus con un diámetro de testa de 16 mm en machos y 18 mm en hembras, además de mencionar que la disponibilidad de comida, las altas mareas y la latitud son factores que influyen en la madurez del organismo. En este mismo trabajo menciona que Kawamura & Tack en 1965 reportaron que Strongylocentrotus intermedium presentó su primera maduración en organismos que se encontraban en aguas someras con un diámetro de testa de 15 a 20 mm, y en aguas profundas con un diámetro de testa de 30 a 35 mm.

Ruiz et al. 1987, mencionan un ciclo reproductivo anual para S. franciscanus en Punta San Miguel, B.C. mediante el método histológico como bioquímico, además de indicar la importancia de la temperatura y el fotoperíodo; así como también que la ingestión de alimento, varía en relación inversa a los cambios de temperatura del mar. La composición bioquímica del material de inclusión encontrado en los folículos gonadales es principalmente glucógeno (carbohidratos de reserva) y lípidos con mayor proporción en hembras que en machos. Además midieron nitrógeno. Reportan que la talla de mayor frecuencia para el período comprendido de enero de 1984 a enero de 1985 correspondió a los 74.5 a los 94.5 mm.

Castro et al. en 1992, señalaron los picos de desove y liberación de gametos de S. franciscanus para la zona de Santo Tomás, un pico importante en el mes de julio en ambos sexos, otro de menos consistencia en noviembre; se muestran otros pequeños desoves en mayo.

La mayoría de los autores coinciden en que se da una periodicidad anual en cuanto a fases reproductivas; algunos de ellos se han basado en la determinación de índices gonadales, sin establecer una comparación y un análisis con los resultados microscópicos, lo que puede causar error, puesto que se ha observado que las gónadas pueden pesar mucho, pero no necesariamente se encuentran llenas de células gaméticas, sino por la presencia de sustancias de reserva (Tapia, 1986).

IV. MATERIALES Y METODOS.

En el presente trabajo se colaboró con la obtención de las gónadas de cuatro muestreos del erizo rojo Strongylocentrotus franciscanus en la zona II, correspondiente a Santo Tomás B. C. (figura 3). Dichos organismos fueron proporcionados por el proyecto de Investigación de "EQUINODERMOS" del Centro Regional de Investigación Pesquera del Sauzal de Rodriguez del Instituto Nacional de la Pesca de la Secretaría de Pesca; colaborando de esta manera a la integración del estudio del ciclo reproductivo de dicha zona.

Los organismos fueron colectados de la captura comercial, por buceo autónomo en las zonas ocupadas por los mantos de algas Macrocystis pyrifera.

Se proporcionaron un total de 69 organismos, las gónadas fueron disectadas, fijadas en formol al 10 % y depositadas en bolsas de plástico con su correspondiente etiqueta con los datos referentes al mes de colecta y el número de organismos.

Se tomaron algunos parámetros macroscópicos tanto del organismo como el aparato reproductor, indicados en la tabla I.

Para el análisis microscópico se obtuvo una pequeña muestra de la parte media de cada gónada, las que fueron empaquetadas y lavadas en agua corriente para eliminar el fijador. Posteriormente se sometieron al proceso de deshidratación mediante el uso de un procesador de tejido modelo American Optical; dicha deshidratación consiste del paso gradual de alcoholes que van desde 30% hasta el absoluto. Para la aclaración se utilizaron alcohol absoluto-xileno y xileno, y

posterior a este la inclusión se realizó en ameraffín con un punto de fusión de 60-62 grados centígrados (apéndice A).

Se obtuvieron los cortes en un microtómo tipo Minot mod. American Optical, del orden de 5 a 7 μ m. Una vez obtenidos los cortes se aplicó la técnica de desparafinación (apéndice B), aplicando posteriormente diferentes tipos de técnicas de coloración; la técnica topográfica hematoxilina-eosina (apéndice C). Dos técnicas especiales, tricrómica de Gallego y tricrómica de Masson (apéndices D y E). Se aplicaron también dos técnicas histoquímicas, la azul de toluidina (apéndice F) y la técnica del ácido peryódico-Schiff (apéndice G). Las preparaciones se montaron en resina sintética para su posterior análisis microscópico.

Para el análisis histológico se utilizó un microscópio óptico modelo Bausch & Lomb; y para la medición de las diferentes células gaméticas se contó con una reglilla micrométrica American Optical de 1 mm; midiendo 100 células gaméticas de los diferentes tipos celulares.

Los criterios empleados para el análisis microscópico de las gónadas fueron: forma de los folículos gonadales, tipos y proporción de células gaméticas, estructura, tipos de tejido, y cantidad de material de inclusión (reserva).

Para la obtención del índice gonadal (IG), se tomó la relación peso gonadal entre peso total del organismo en gramos por 100 para cada mes muestreado.

Se realizó el análisis estadístico básico sobre la frecuencia de organismos en relación a su grupo de talla, madurez sexual, proporción de sexo, calidad gonadal e índice gonadal por mes.

V. AREA DE ESTUDIO.

El presente trabajo se realizó para la zona II Santo Tomás, la cual comprende de Punta Banda hasta Punta Colonett (fig. 3); específicamente comprende de Bahía Soledad a la Bucana de Santo Tomás, encontrándose localizada aproximadamente a 45 Km al sur de Ensenada y ubicada dentro de las coordenadas 31 32' 32" a 21 36' latitud norte y 116 40' a 116 41' longitud oeste (Palleiro, 1982).

La zona está caracterizada por costas rocosas con lugares de alta energía (Punta Santo Tomás). El sustrato también es rocoso, con canales de arena y existiendo algunos lugares completamente arenosos (op. cit.)

El alga dominante en la zona es Macrocystis pyrifera, la cual es el principal constituyente de los mantos de algas, se observaron distribuidos en parches en toda la zona. Se encuentra también las algas: Egrecia laevigata, Cytoceira osmundacea, Gelidium pulchrum, Corallina sp. y Sargassum sp. (op. cit.).

Los invertebrados comunes encontrados son los siguientes. Equinodermos erizo purpura S. purpuratus, estrella de mar Astrometis sertulifera, Pisaster giganteus, P. ochraceus, Pycnopodia heliantoides. Gasteropodos: Astrea undosa, Norrisia norrissi. Crustaceos: en cangrejos, Cancer antennarius, C. productus y muy ocasionalmente langosta, Panulirus interruptus; abulón, Haliotis sp. el cual es raro encontrar en la zona (op. cit.).

Dentro de las especies más comunes de peces tenemos: Cabrilla, Paralabrax clathratus, P. maculofasticatus, P.

nebulifer, Garibaldi, Hypsypops radicunda, vieja, Pimelometopon pulchrum y señorita Haliichoeres semicintus (op. cit.).

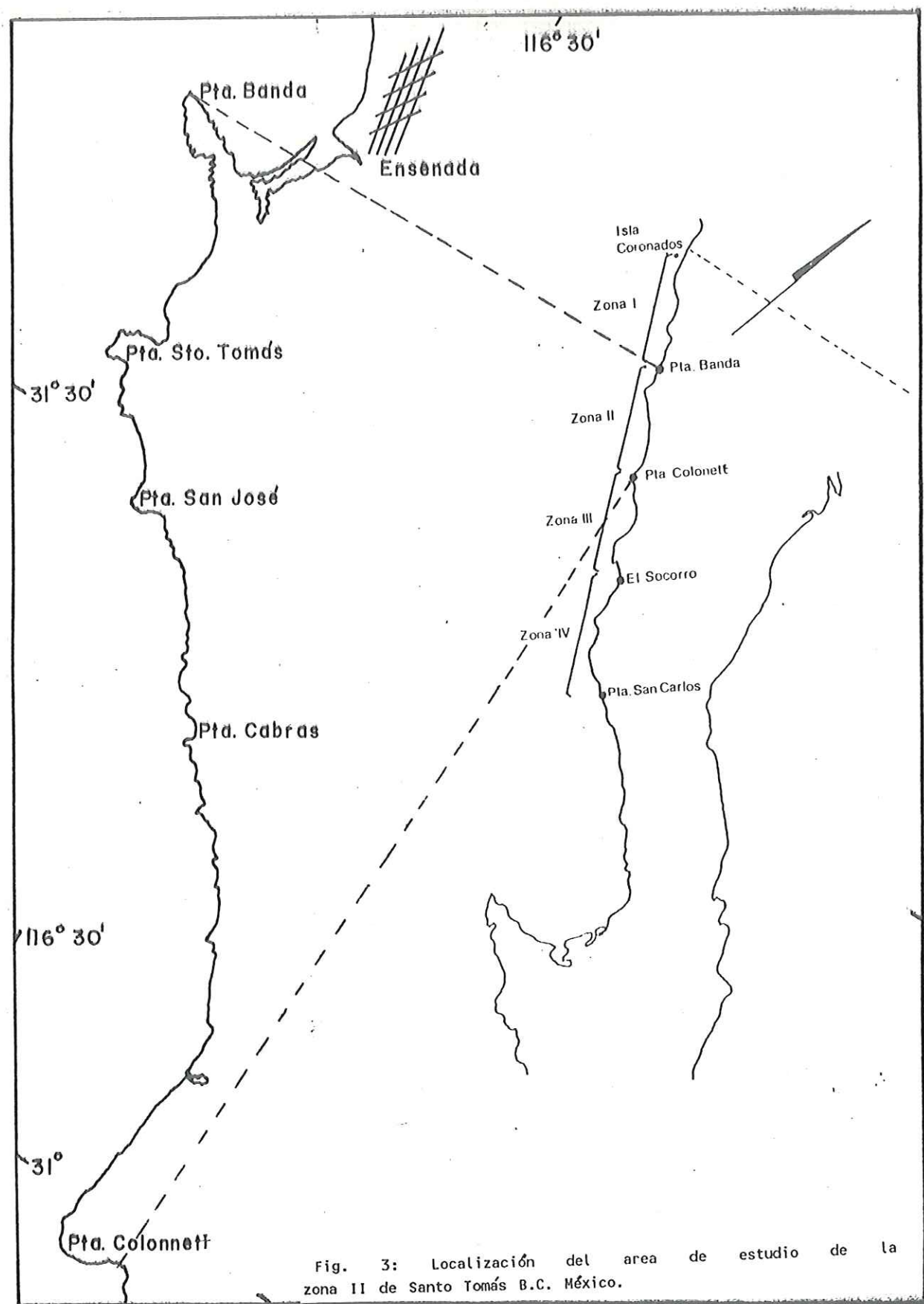


Fig. 3: Localización del area de estudio de la zona II de Santo Tomás B.C. México.

VI. RESULTADOS.

1.1 DESCRIPCION ANATOMICA DE LA GONADA.

Los erizos, particularmente el rojo S. franciscanus presenta cinco gónadas sencillas que se encuentran suspendidas en cada interradium por mesenterios y conducen por un gonoducto corto a la abertura del gonoporo, sobre las placas genitales en la superficie aboral (Leake, 1975).

Las gónadas en su interior están divididas en folículos o compartimientos, de aquí la morfología de la superficie externa con apariencia rugosa (fig. 4).

El tamaño de las gónadas está dado por la etapa de maduración en que se encuentra; siendo de mayor tamaño y peso en etapas de maduración sexual avanzadas. También el tamaño es afectado por el tiempo de vida de los organismos o por las veces que han liberado los gametos.

Tomando en cuenta los criterios del mercado japonés, se han establecido grados de calidad gonadal presentando diferentes precios; es así que se tiene fundamentalmente tres grados de esta (primera, segunda y tercera), consideradas por sus aspectos físicos como son la forma, color y consistencia (despeine); presentando baja calidad (tercera) en etapas de maduración avanzadas (liberación de gametos), y de más alta (primera) o intermedia (segunda) en etapas tempranas de desarrollo y cuando están maduros.

La coloración que presenta la secreción generalmente sirve para determinar el sexo, ya que el color en los organismos machos en etapas reproductivas son de color crema a blanco lechoso; en

tanto que en el caso de las hembras la coloración es naranja claro, ocasionalmente rosa.

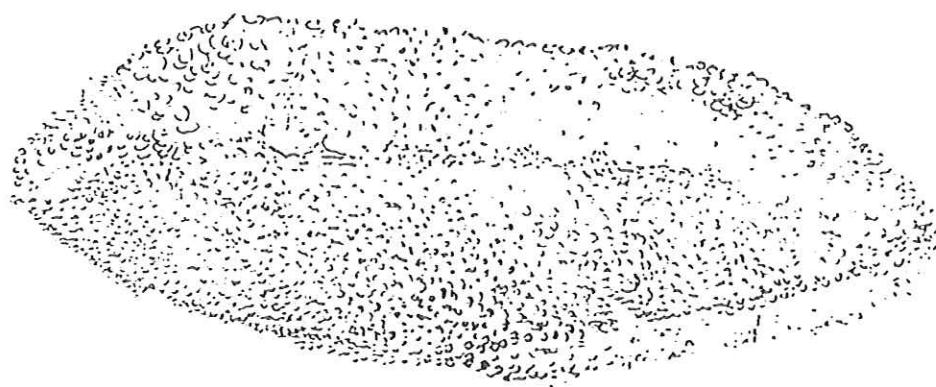
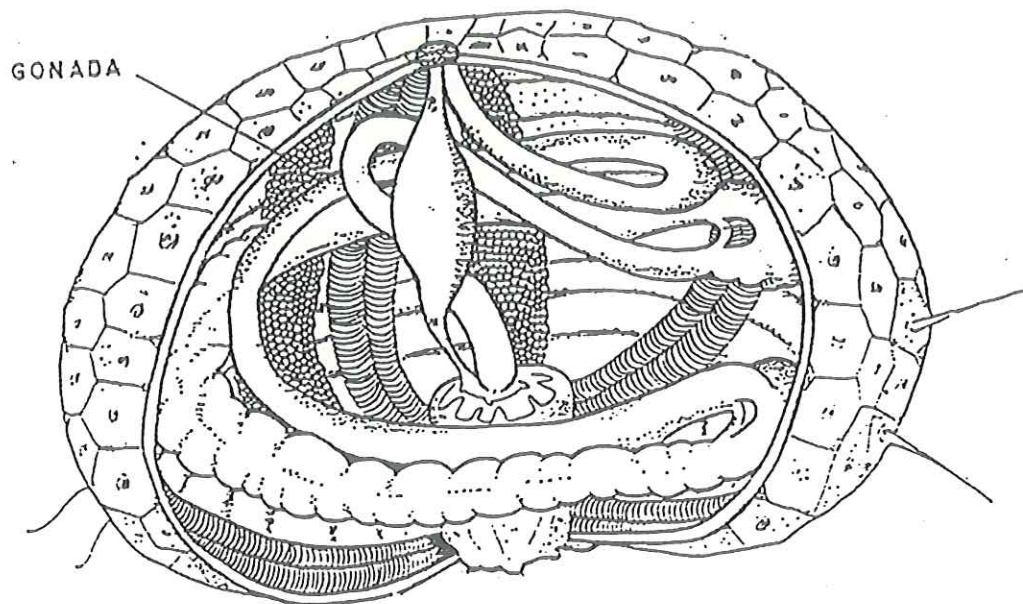


Fig. 4: Anatomía externa de la gónada de *Strongylocentrotus franciscanus*.

1.2 ANATOMIA MICROSCOPICA DE LA GONADA HEMBRA.

Las gónadas están cubiertas por un saco genital delgado o epitelio celómico. En su interior esta dispuesta en compartimientos tubulares con terminaciones acinosas y están altamente ramificadas.

En un corte transversal observado al microscópio (fig. 5), podemos apreciar que está constituida por acinos o folículos, que morfológicamente van de forma alargada, irregulares y circulares; esto es dependiente de las etapas de maduración del organismo.

Cada folículo o compartimento, esta cubierto por un tejido epitelial de revestimiento, que generalmente es cúbico debido a que los núcleos celulares son de forma circular (morado tec. H-E). Este epitelio descansa sobre la lámina basal, identificada como un pequeño hilo de coloración más intensa, debajo de la cual se encuentra la lámina propia compuesta por tejido conjuntivo denso regular, presentando una coloración verde con la técnica tricrómica de Masson. Hacia la parte más intensa de los folículos en algunos casos poco visible, encontramos una delgada capa de tejido muscular con mayor grosor en las gónadas de las hembras que en la de los machos, dicho músculo se torna con una coloración verde brillante con la tec. tricrómica de Gallego y un color rojo con la tec. tricrómica de Masson (fig. 6). Hacia el lumen folicular encontramos el epitelio germinativo, conformado por diversos tipos de células gaméticas, que conforme aumenta su maduración disminuye su basófilia (tec. H-E). Tanto los ovocitos tipo I como los tipo II se encuentran adheridos a la lámina propia del tejido conjuntivo, y los

ovocitos tipo III y IV se encuentran hacia la región central del folículo gonadal, con una coloración verde con la tec. tricrómica de Gallego. El tejido intrafolicular presenta inclusiones de material de reserva, que se tiñen de color rojo intenso con la tec. del ácido peryódico-Schiff; dando reacción positiva a los componentes de glucógeno (fig. 7).

En algunas preparaciones se encontró fibras colágenas entre los folículos gonadales, tornado de una coloración azul-verde con la tec. tricrómica de Gallego (fig. 8).

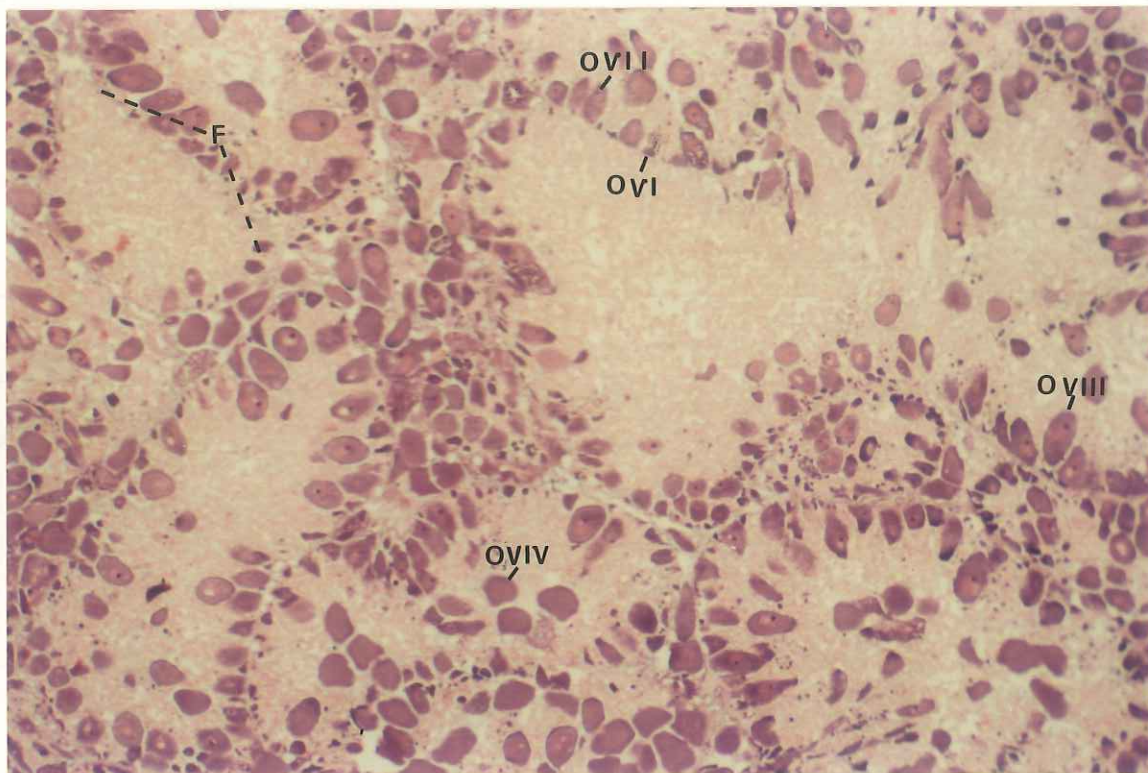


Fig. 5: Anatomía microscópica de la gónada de hembra del *S. franciscanus*, F (folículo gonadico), OVI (ovocito tipo I), OVII (ovocito tipo II), OVIII (ovocito tipo III), OIV (ovocito tipo IV). Tec. H-E, 56X.

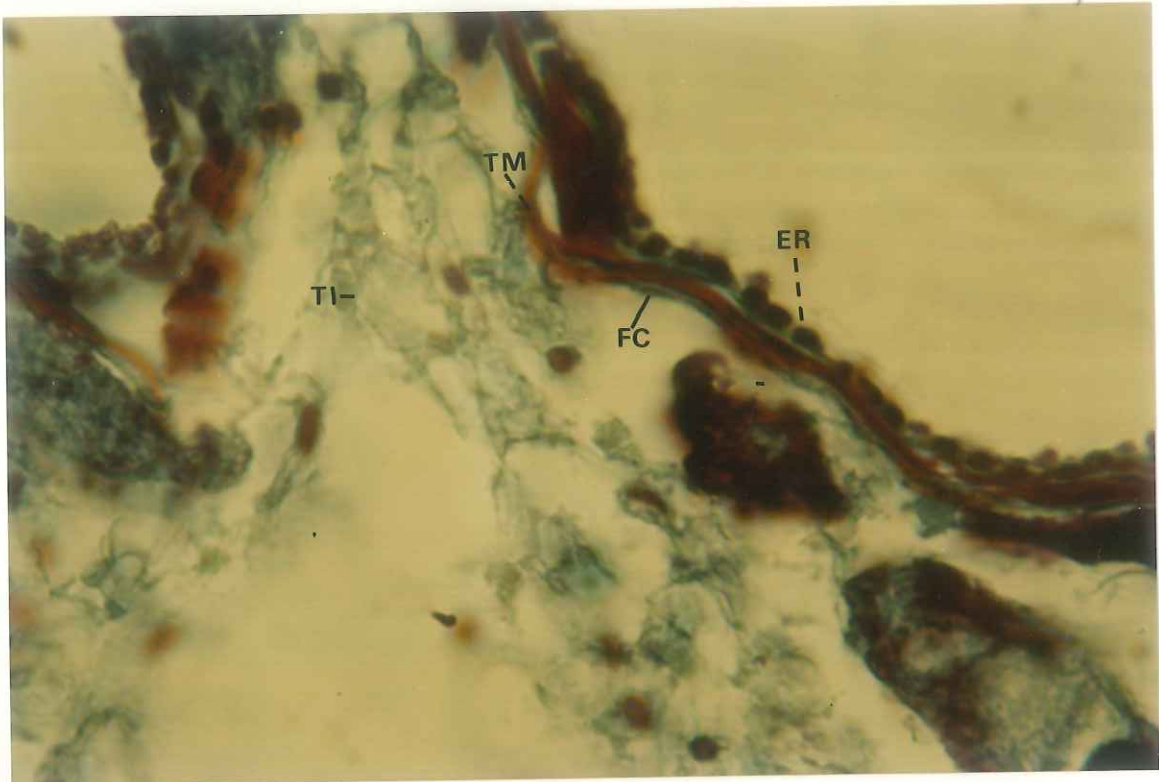


Fig. 6: ER (epitelio cúbico simple), FC (fibras colágena), TM (tejido muscular liso), TI (tejido intrafolicular). Tec. tric. de Masson, 1400X.

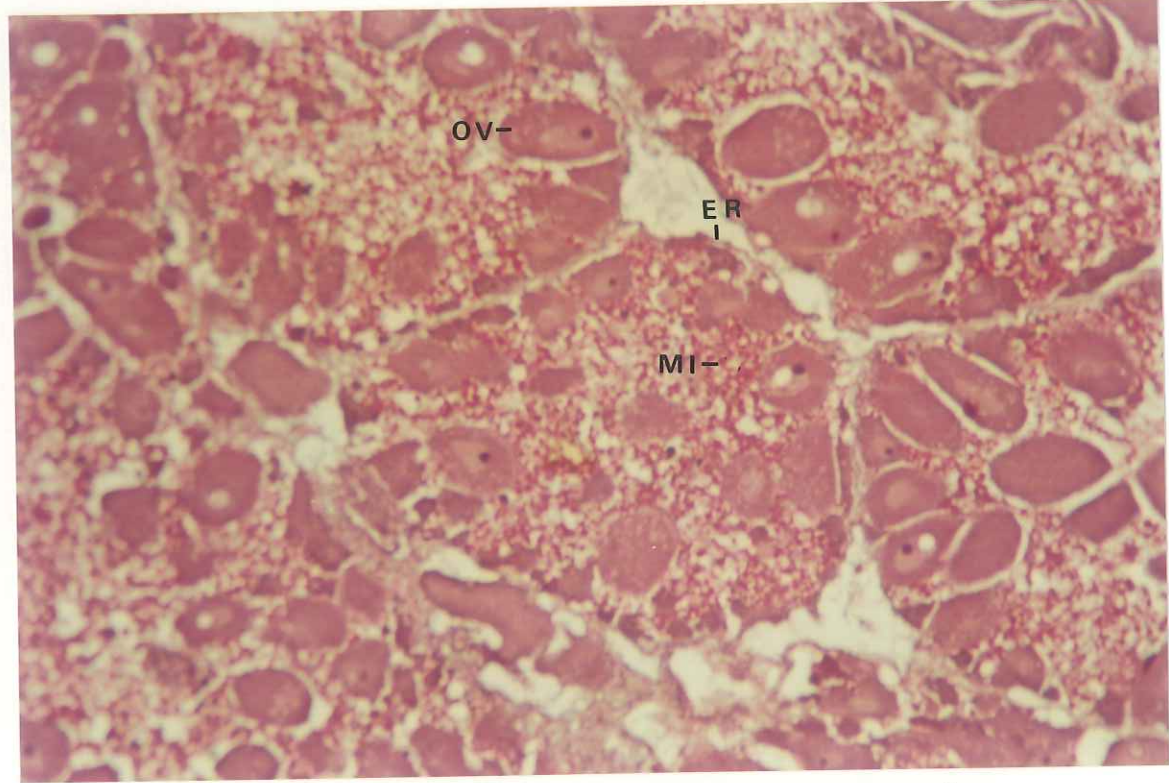


Fig. 7: MI (folículos con material de inclusión) con reacción positiva, ER (epitelio de revestimiento), OV (ovocito). Tec. ácido peryodico-Schiff, 560X.

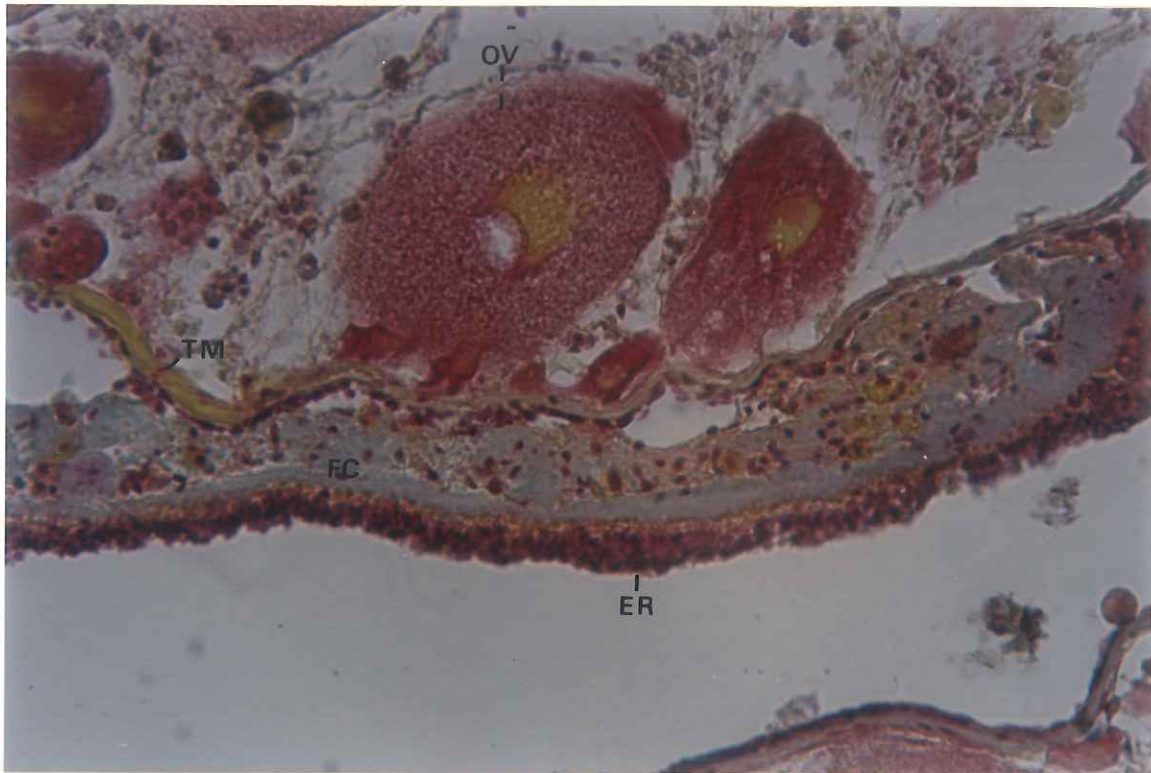


Fig. 8: FC (fibras colágenas), ER (epitelio de revestimiento), TM (tejido muscular), OV (ovocito). Tec. tric. de Gallego, 560X

1.3 ANATOMIA MICROSCOPICA DE LA GONADA MACHO.

Al igual que las hembras, las gónadas de los machos están cubiertas por un saco genital delgado que corresponde histológicamente al epitelio celómico. Estas en su interior están dispuestas en compartimientos o folículos tubulares con terminaciones acinosas que son altamente ramificadas.

En un corte transversal observado al microscopio (fig 9) podemos apreciar que están constituidos por folículos de formas diversas que van desde irregulares hasta circulares, esto al igual que en las hembras es debido a las etapas de maduración del organismo.

Cada folículo o compartimiento está cubierto por un tejido epitelial de revestimiento que generalmente es cúbico simple aunque algunas veces es de tipo plano (en etapas de maduración avanzadas). Este epitelio presenta la lámina basal, a manera de hilo que se tiñe intensamente morado con la tec. H-E. Por encima del epitelio de revestimiento se encuentra la lámina propia constituida por tejido denso regular, el que se tiñe verde con la tec. tricrómica de Masson.

Hacia la parte más interna del folículo, en algunos casos poco apreciable encontramos una fina capa de tejido muscular, verde brillante (tec. tricrómica de Gallego). Hacia el sitio en donde se lleva a cabo la espermatogénesis encontramos por lo tanto, diversas formas y tamaños celulares que se tornan de diferentes tonos de morado con la tec. H-E, pero presentando un patrón de distribución muy claro, que nos permite identificar las fases tempranas de desarrollo. Las células germinales primarias o

espermatogonias son las que se encuentran adheridas a la lámina propia del tejido conjuntivo, posterior a esta encontramos los espermatocitos y hacia el centro del folículo las células espermatides; catalogadas como las más pequeñas, y en el lúmen folicular se localizan las células maduras o espermatozoides.

Hacia el interior de los folículos se encuentra el tejido intrafolicular, que presenta una coloración verde con la tetracromática de Gallego; y en donde se encuentran inclusiones de material de reserva con una reacción positiva color rojo, con la tetracromática de azul de toluidina indicando presencia de mucopolisacáridos ácidos sulfatados, al igual que en las regiones de la lámina basal del epitelio germinativo (fig. 10).

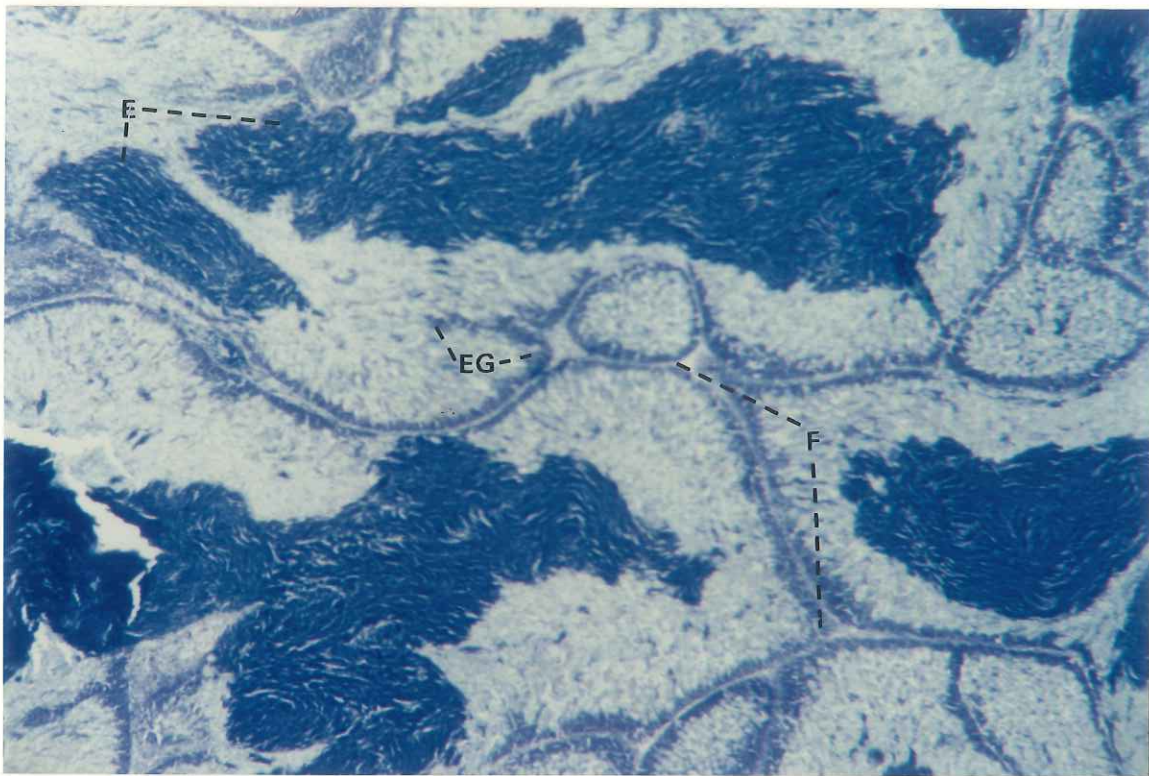


Fig. 9: Anatomía microscópica de la gónada de macho, F (folículo), E (espermatozoide), EG (epitelio germinativo). Tec. azul de toluidina, 490X.

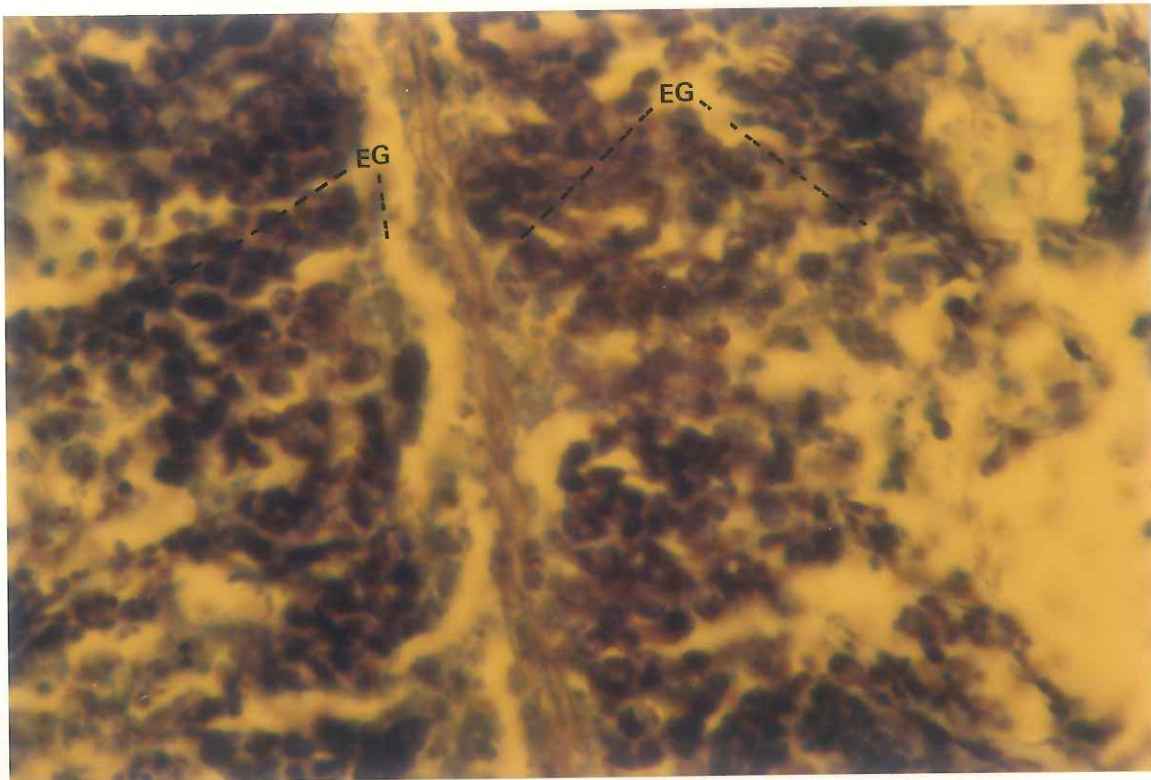


Fig. 10: EG (epitelio germinativo) con ligera
reacción metacromática. Tec. azul de toluidina
1160X.

2.1 TIPOS DE CELULAS GAMETICAS EN ORGANISMOS HEMBRAS.

OVOCITOS TIPO I.

Los ovocitos tipo I u ovocitos primarios se encuentran adheridos a la lámina propia de tejido cojuntivo denso. Su forma es semicircular con proyección hacia el centro del folículo, presenta en la base como un pequeño "cuello". Su citoplasma es basófilo con vacuolización tiñendose de color morado con la tec. H-E, siendo los más intensamente teñidos con respecto al resto de las células gaméticas. El núcleo es central con coloración menos intensa, y el nucleolo está localizado centralmente y teñido intensamente morado con la tec. H-E. El diámetro promedio es de 35 μm , en tanto que el núcleo es de 15 μm y el nucleolo es de 5 μm (fig. 11).

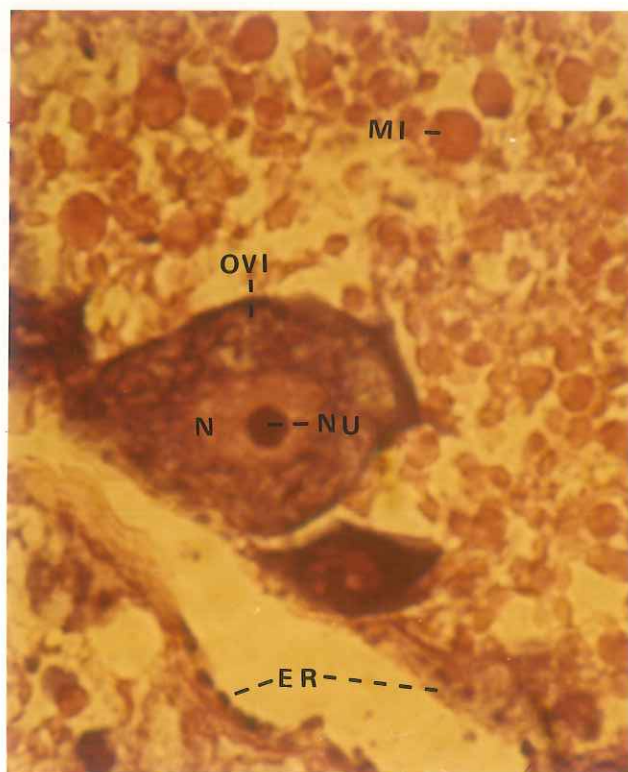


Fig. 11: OVI (ovocito tipo I), N (núcleo) acidófilo, NU (nucleolo) basófilo, ER (epitelio de revestimiento), MI (material de inclusión). Tec. H-E, 1160X.

OVOCITOS TIPO II.

Los ovocitos tipo II, se encuentran adheridos a la lámina propia del tejido conjuntivo denso, pero en menos proporción que el ovocito tipo I. Son células muy alargadas generalmente midiendo dos veces su ancho. Al igual que la célula el núcleo es de forma alargada con dirección hacia la parte central del folículo; el citoplasma es muy basófilo y vacuolado, el nucleolo intensamente teñido con la tec. H-E. La coloración de esta célula en comparación con el ovocito tipo I es de menor grado. La longitud promedio de la célula es de 83 um y el del núcleo y nucleolo es 32 y 8 um respectivamente (fig. 12).

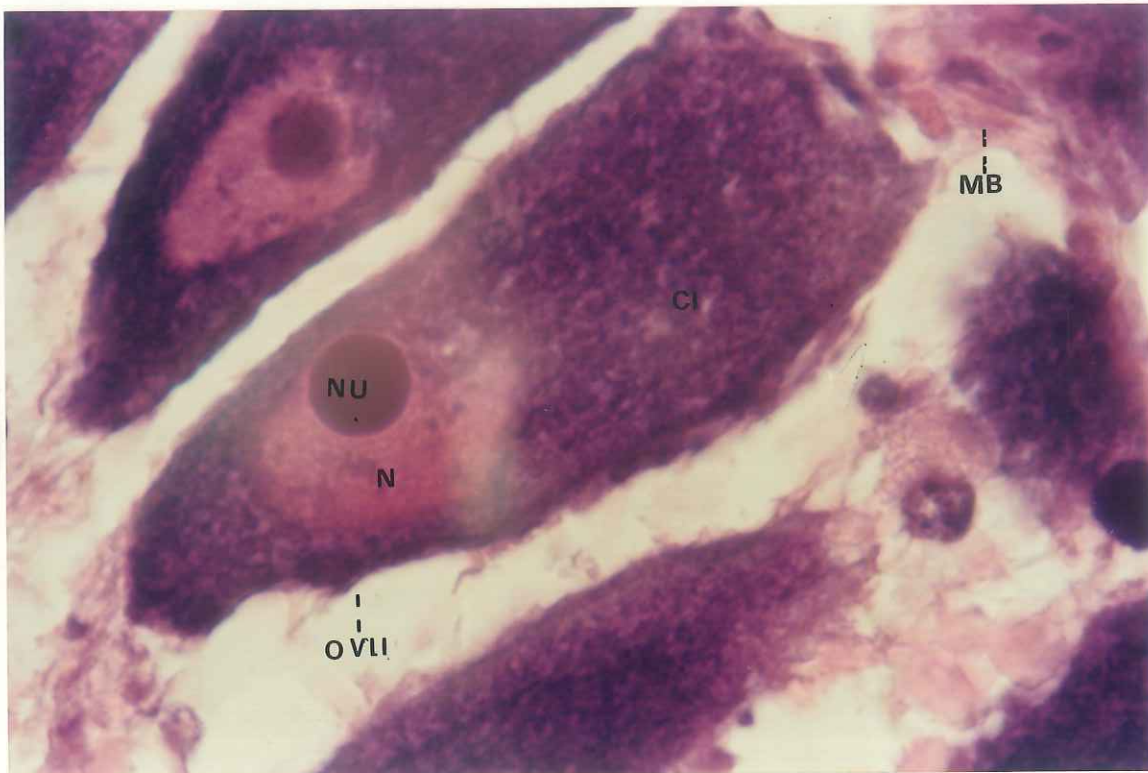


Fig. 12: OVII (ovocito tipo II), CI (citoplasma) basófilo, N (núcleo) acidófilo, NU (nucleolo) basófilo, MB (membrana basal). Tec.H-E, 1400X

OVOCITO TIPO III.

Los ovocitos tipo III, se encuentran suspendidos dentro del lumen folicular, descansando sobre el tejido intrafolicular cuya función es de nutrición; Su forma es circular y su núcleo es central y redondo por lo general al igual que su nucleolo, también presenta una vacuola a la altura del núcleo. La coloración disminuye conforme aumenta el proceso de maduración. El diámetro promedio de la célula es de 86 μm , el del núcleo es de 41 μm y el diámetro del nucleolo es de 11 μm (fig. 13).

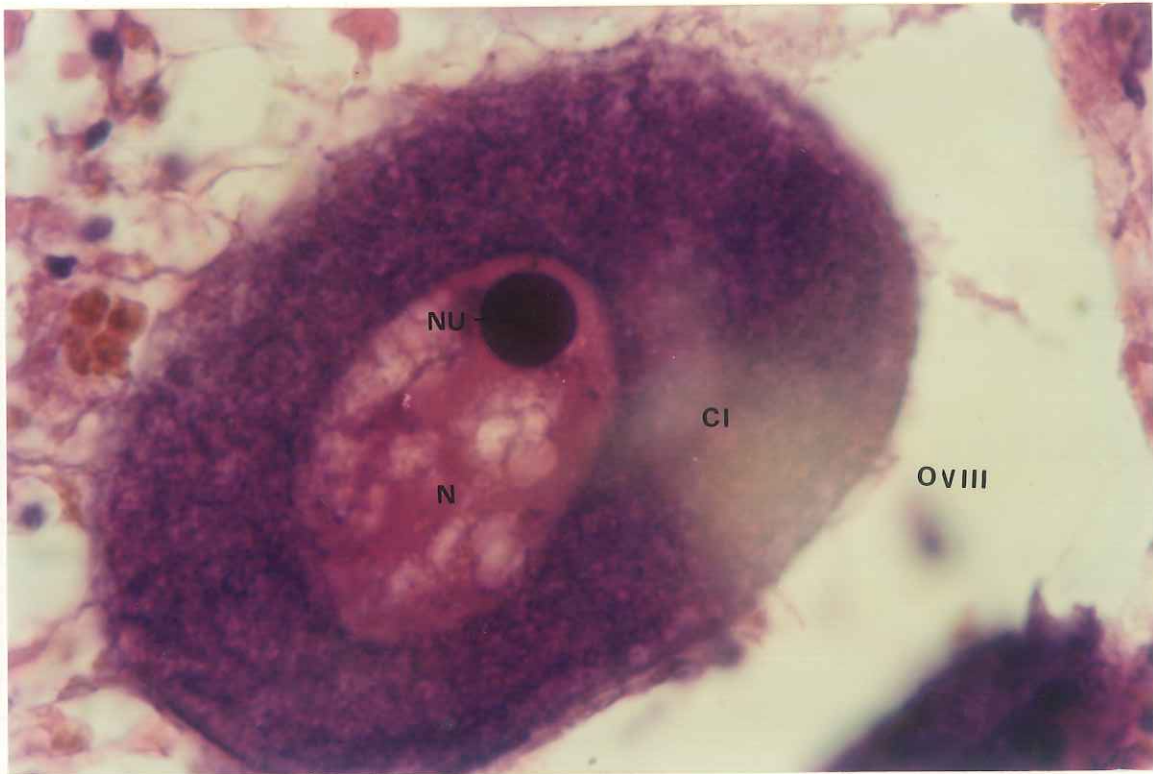


Fig. 13: OVIII (ovocito tipo III), CI (citoplasma) basófilo, N (núcleo) acidófilo, NU (nucleolo) basófilo. Tec. H-E, 1400X.

OVOCITO TIPO IV.

Considerados como óvulos maduros, se localizan en la parte central del folículo. Presentan formas irregulares, su citoplasma es de color morado ténue hasta café claro con la técnica H-E. No se aprecia el núcleo ni el nucleolo, sólo el citoplasma; la membrana que lo rodea se tiñe de un color más intenso que el resto celular. Su tamaño promedio es de 96 um (fig. 14).

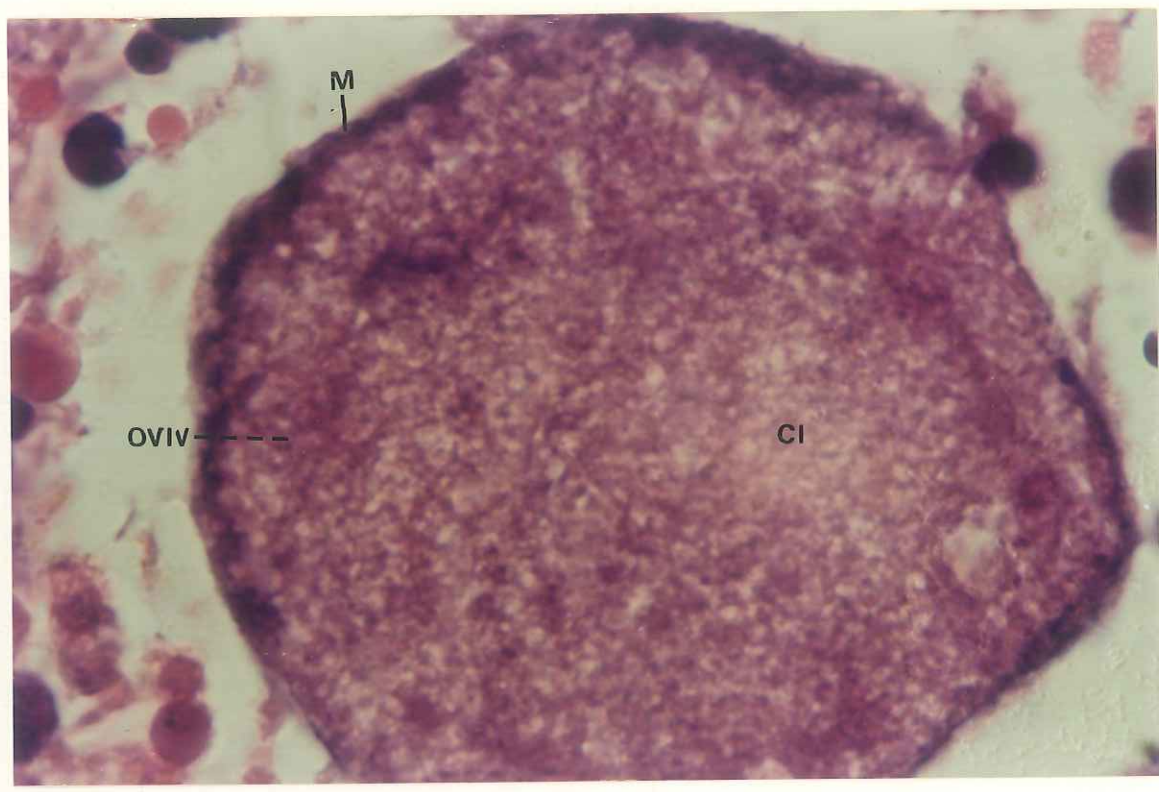


Fig. 14: OVIV (ovocito tipo IV), CI
 (citoplasma) basófilo, M (membrana). Tec. H-E,
 1400X.

2.2 TIPOS DE CELULAS GAMETICAS EN ORGANISMOS MACHOS.

ESPERMATOGONIA.

Células en principio de maduración, que se encuentran localizados por encima de la lámina propia del tejido conjuntivo denso formando varias capas de células, sus núcleos se tiñen de morado intenso con la técnica hematoxilina-eosina. Su tamaño promedio es de 4 um de diámetro (fig. 15).

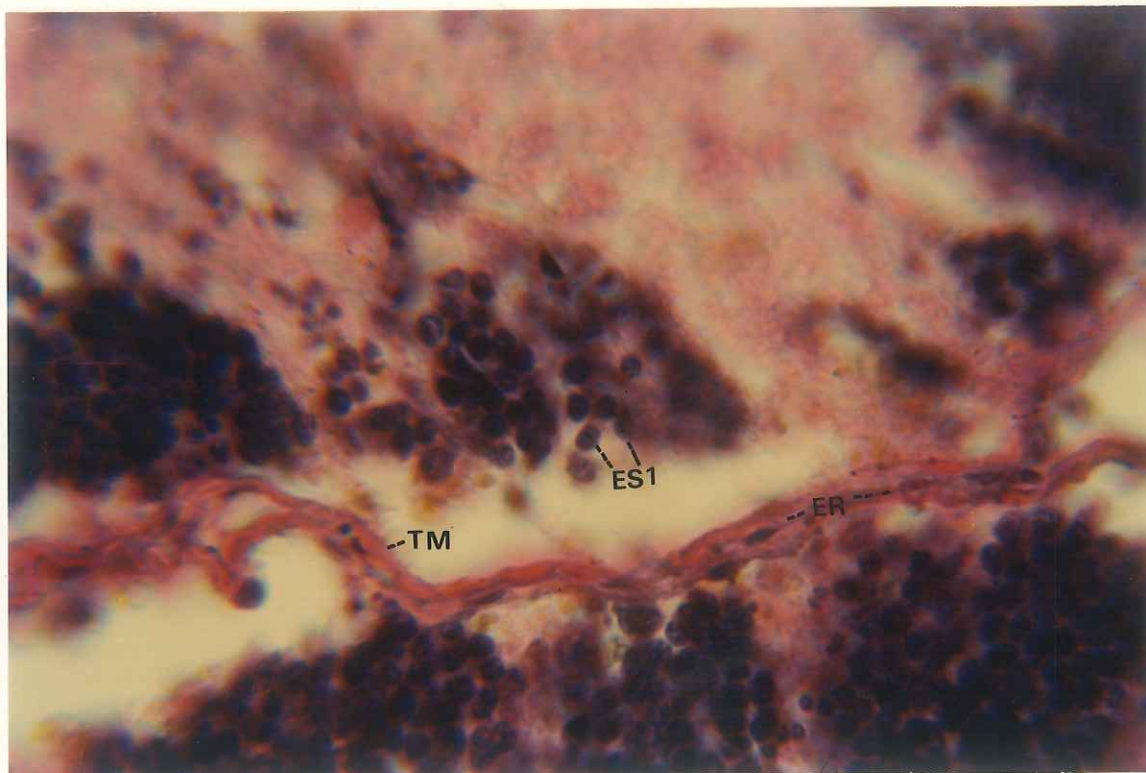


Fig. 15: ES1 (espermatogonia), TM (tejido muscular, ER (epitelio de revestimiento). Tec. H-E, 1160X.

ESPERMATOCITOS.

Células gaméticas que se localizan después de las espermatogonias con dirección hacia el lumen folicular. Presentan granulos basófilos en su interior del núcleo y se tiñen de color rojo con la técnica tricrómica de Gallego, con menor intensidad que las espermatogonias. Su tamaño promedio es de 3 μ m de diámetro (fig. 16).

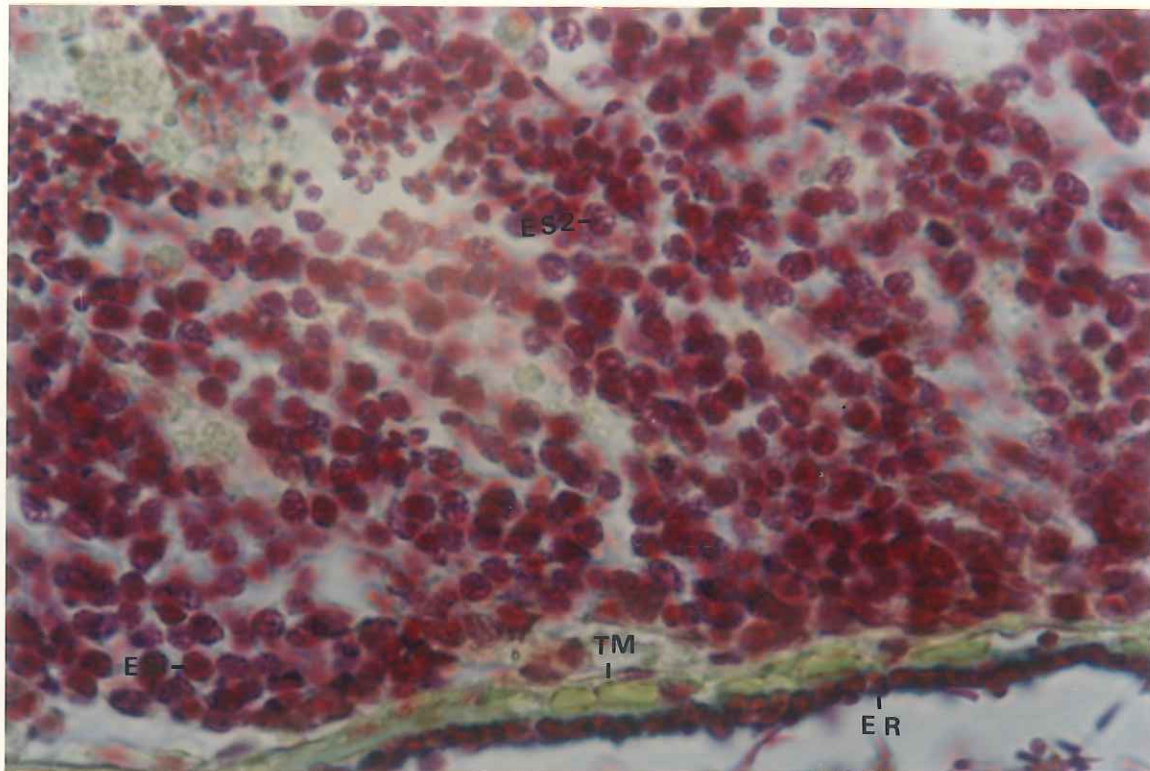


Fig. 16: ES2 (espermatocono), TM (tejido muscular), ER (epitelio de revestimiento). Tec. tric. de Gallego, 1400X.

ESPERMATIDES

Células dirigidas hacia el lumen folicular, son las de menor tamaño que el resto celular. Se tiñen intensamente de color rojo con la técnica tricrómica de Gallego. Su forma es circular al principio pero conforme aumenta su maduración se torna uno de sus extremos alargados. Su tamaño promedio es de 1.5 um de diámetro (fig. 17).

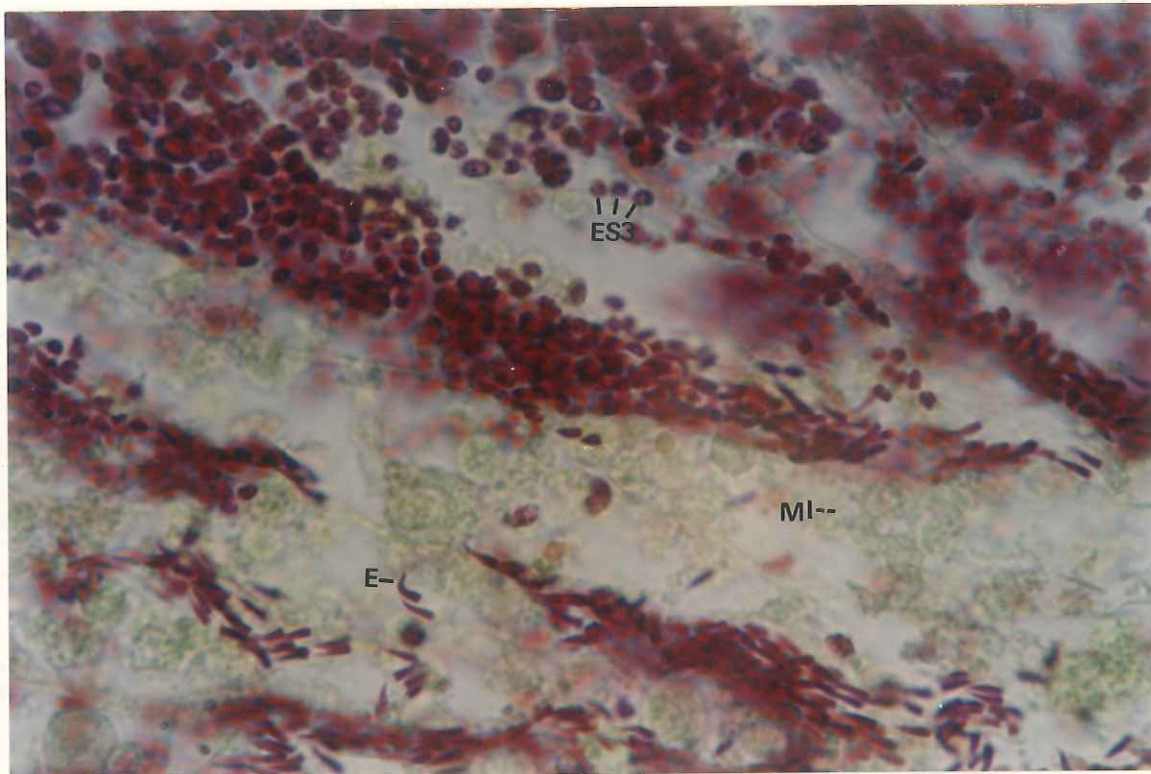


Fig. 17: ES3 (espermatide), MI (material de
inclusion), E (espermatozoides) Tec. tric. de
Gallego, 1160X.

ESPERMATOZOIDES.

Células gaméticas maduras, se localizan en el lumen folicular estan constituidas por tres regiones: la cabeza, cuello y la cola o flagelo. Se tiñen intensamente de color rojo con la técnica tricrómica de Gallego, debido que al microscópio sólo se aprecia las cabezas. En un microscópio de contraste de fases se observa claramente la cabeza de forma arqueada y el acrosoma con terminación en punta. En la parte central del espermatozoide se localiza el tronco en forma lobulada, la cola es larga y mide aproximadamente 25 μm ; la cabeza tiene un tamaño de 4 micras de diámetro (fig. 18).

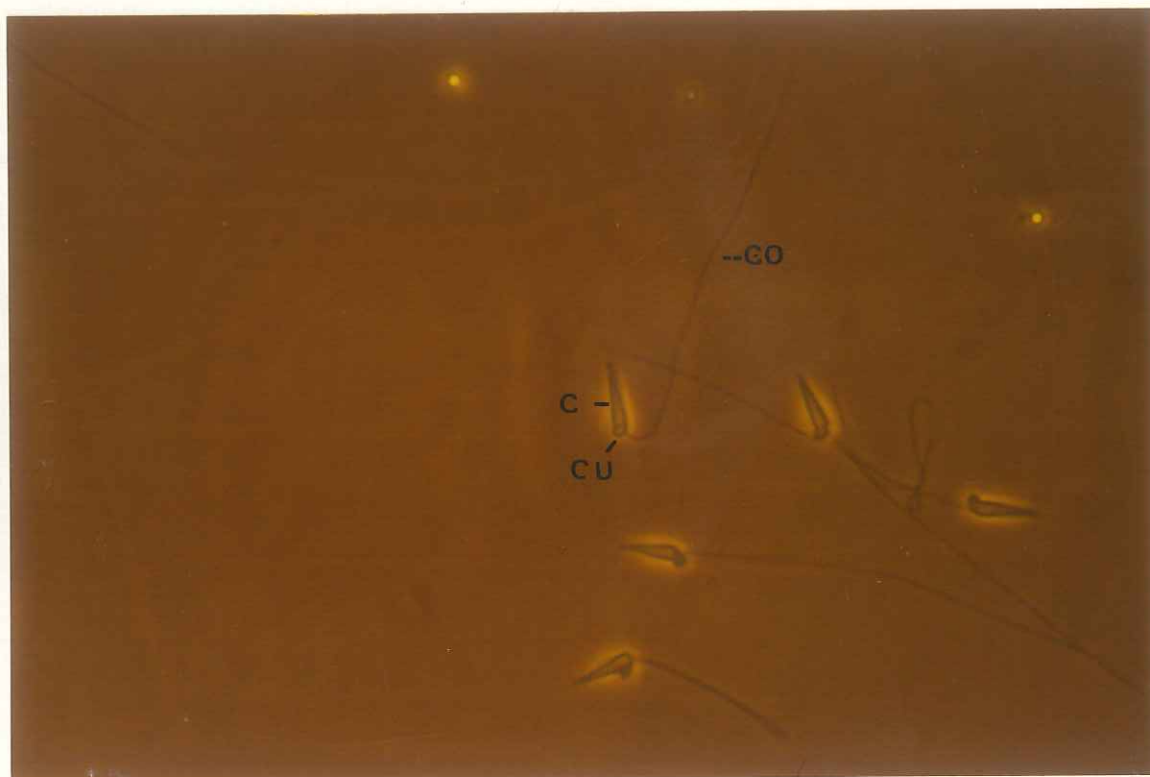


Fig. 18: Espermatozoide, C (cabeza), CU (cuello)
CO (cola o flagelo). figados en formol, 1160X.

3.1 ETAPAS DE MADURACION GONADAL.

La determinación de las etapas de maduración sexual que presentan los erizos de mar, fueron estudiadas y establecidas por Tapia et al. (1987), basandose en la morfología de las células componentes del tejido epitelial germinativo, así como otras características antes mencionadas en la metodología; por lo que uno de los objetivos en la presente investigación es el establecer una escala morfocromática (5.1 escala).

ETAPA I. (INDIFERENCIADO O INMADURO).

En esta etapa podemos considerar dos opciones morfológicas en las que se refiere al epitelio germinativo, una cuando el organismo no presenta células que hagan posible la diferenciación del sexo; por lo que se considera indiferenciada y la otra cuando se encuentran restos celulares gaméticas sin actividad mitótica, consideradas como inmaduro. En el primer caso, los folículos gonadales estan bien diferenciados y no existe mucho colapsamiento ya que este es el caso de los organismos que presentan su primera maduración sexual. En el segundo caso los folículos estan muy colapsados e irregulares ya que han sufrido una o mas expulsiones de gametos.

El tejido intrafolicular, en esta etapa de maduración es muy abundante, al igual que el material de inclusión (reserva); gran parte de estos granulos son de tipo basófilo. La composición bioquímica de este material es de mucopolisacáridos ácidos sulfatados y en algunos casos componentes de glucógeno ya que se aplican las técnicas histoquímicas de azul de toluidina y la del ácido peryódico-Schiff. La primera da reacción positiva

principalmente en la lámina basal del epitelio germinativo y la segunda da reacción positiva en el material de inclusión.

ETAPA II (MADUREZ INICIAL).

Esta etapa es considerada también como fase de proliferación celular o gametogénica, ya que es donde existe gran actividad mitótica en sus primeras fases de desarrollo. En esta etapa es fácil diferenciar sexos.

El epitelio germinativo se aprecia con mayor actividad; en el caso de las hembras las células que se asocian al epitelio son células oogoniales y ovocitos tipo I y II, los folículos se encuentran menos colapsados y mas regulares. La cantidad de material de inclusión es muy abundante, generalmente es mayor el número de inclusiones en hembras que en machos.

En el caso de organismos machos las células asociadas al epitelio germinativo son las espermatogonias y los espermatocitos.

ETAPA III (MADURACION AVANZADA).

Los folículos gonadales son muy regulares, el epitelio de revestimiento es más notorio o visible, por lo general es de tipo cúbico simple; en el caso de las hembras las células asociadas al epitelio germinativo son los ovocitos tipo I, II y los ovocitos III (con dirección hacia el lúmen folicula) y IV se encuentran en el lúmen folicular con una proporción más o menos igual.

En el caso de los machos se encuentra todo tipo de células gaméticas, presentando mayor proporción las espermatides y espermatozoides.

La cantidad de material de inclusión disminuye conforme aumenta el estado de maduración del organismo.

ETAPA IV (REPRODUCTIVA O MADURO).

En esta etapa los folículos gonadales están llenos de células germinales, por lo tanto los folículos presentan una morfología regular. El epitelio de revestimiento es muy notorio, al igual que una delgada capa de músculo, encontrada por debajo del epitelio germinativo.

Las células germinales que se encuentran en estadios tempranos de desarrollo y son escasas o están ausentes. En el caso de organismos hembras los ovocitos tipo IV u ovulos son los predominantes, pero también existen células tipo III.

Al igual que las hembras, en los machos los espermatozoides son mas abundantes llenando al folículo. Aunque existen células con menor grado de madurez en menor proporción, como es el caso de las células espermátides e inclusive algunas espermatogonias. Por lo general la cantidad de material de inclusión es escaso.

ETAPA V (DESOVE O EXPULSION)

En esta etapa los organismos liberan los gametos maduros para llevar a cabo la fecundación externa. El epitelio de revestimiento se hace irregular presentando un estado colapsado.

No se alcanzó a distinguir células gaméticas, sólo se aprecian restos celulares que se encuentran en proceso de reabsorción.

4.1 ANALISIS MENSUAL GONADAL.

4.2 MUESTREO DE SEPTIEMBRE DE 1991.

Durante el mes de septiembre para los organismos hembras, los rangos de tallas encontrados estuvieron entre los 7 a 14 cm de diámetro, siendo de mayor frecuencia los de 13-14 cm de diámetro, con un porcentaje de 37% del muestreo. Las etapas de maduración sexual encontradas fueron la madurez inicial y la maduración avanzada. La relación talla-madurez de los organismos hembras se aprecia en la gráfica 1 donde se puede observar que los especímenes con talla de 10 hasta 14 cm de diámetro presentaron un incremento en su maduración, en relación a los organismos de talla de 7-8 cm que presentaron una maduración inicial o etapa gametogénica.

En el mismo mes (septiembre) los machos presentaron un rango de talla que fue de 7 a 13 cm encontrando con mayor frecuencia los del rango de talla de 9-10 y 11-12 cm. Las etapas de maduración que presentaron fueron etapa de maduración avanzada y etapa reproductiva. En la relación talla-madurez (gráfica 2), se observa que dentro de los rangos de talla de 7-11 cm los organismos presentaron principalmente una etapa de maduración avanzada y de 11-13 cm en etapa reproductiva; sólo que existe un individuo en el rango de 8-9 cm que se encontró en etapa reproductiva.

Durante este mes los organismos machos presentaron un estado de maduración mayor que el de las hembras en relación a la talla del organismo.

Se encontró tanto en la etapa de maduración II y IV una equivalencia en cuanto a las dos calidades; para la etapa III

predominó la segunda calidad. La calidad gonadal mas baja no se presentó en este mes de septiembre (gráfica 10).

Las proporciones de sexo fueron de un 64% para machos y 36% para hembras (gráfica 9).

La relación índice gonadal y etapa de maduración gonadal estuvo en correlación, ya que organismos que se encontraron en etapas de maduración inicial fue más bajo que en los organismos de etapas de maduración avanzada (gráfica 14). La relación sexo-IG, fue casi igual en machos con un promedio de 22.28 y en hembras con un promedio de 22.13 (gráfica 15).

4.3 MUESTREO DE OCTUBRE DE 1991

Para el mes de octubre el diámetro de los organismos osciló entre los 8 y 14 cm siendo el diámetro predominante el de 8-9 cm con 25% del muestreo para el caso de las hembras. Las tallas predominantes de maduración sexual fueron inmadurez o indiferenciada, maduración inicial o fase de gametogénesis y madurez avanzada; predominando la etapa de madurez inicial. Los organismos con un rango de talla de 11-12 cm de diámetro empezaron a presentar una maduración mas avanzada (gráfica 3).

En machos, los rangos de talla encontrados fueron similares al de las hembras. El comportamiento reproductivo correlacionandolo con la talla, fue que en organismos pequeños con rango de talla de 8-10 cm se encontraron en una etapa de inmadurez o indiferenciados, el rango de 9-14 cm presentaron una maduración avanzada, sólo que existió un organismo de 10-11 cm en un estado reproductivo de maduración inicial o gametogénica.

El comportamiento reproductivo fue similar tanto en hembras como en machos, sólo que en los machos presentan maduración más temprana en proporción a su tamaño (gráfica 3 y 4).

Para este mes se encontró las tres calidades establecidas, la primera calidad representada por 31%, la segunda con un 50% y la tercera calidad con un 19% del muestreo total. Relacionando la calidad con las diferentes etapas maduración sexual, se puede apreciar que tanto la etapa I, II y III se presentaron las tres calidades establecidas; la primera calidad para la etapa I y II fue superior en comparación con la etapa III. La tercera calidad fue encontrada con las tres primeras etapas de maduración, la

segunda calidad fue mayor en etapas de maduración II y III (gráfica 11).

4.4 MUESTREO DE NOVIEMBRE DE 1991.

Las tallas encontradas para este mes para los organismos hembras fueron de 7-12 cm de diámetro, siendo los de 8-9 cm los mas frecuentemente encontrados con 36%. Se presentó sólo dos etapas de maduración: la etapa de maduración inicial o gametogénica y la etapa de maduración avanzada.

Los organismos encontrados en rango de talla de 7-8 y algunos de 8-9 cm presentaron una etapa de maduración inicial y el resto del muestreo para hembras con rango de talla de 8-9 hasta 11-12 cm se encontraron en etapa de maduración avanzada (gráfica 5).

En el caso de los organismos machos sólo se encontró una etapa de maduración sexual, con organismos maduros tanto especímenes pequeños un de (7-8 cm) como grandes dos de (11-12 cm) (gráfica 6).

La calidad encontrada para este mes fueron: 79% para primera calidad y 19% para segunda calidad gonadal, presentando un mayor porcentaje en primera calidad para ambas etapas de maduración (gráfica 12).

La proporción de sexo para este mes fue de 78.5% en hembras y 21.5% en machos (gráfica 9).

La relación IG-madurez para este mes también como en los meses anteriores, presentó valores mas altos en la etapa de maduración avanzada (III) que en la etapa de maduración inicial (II) (gráfica 14). La relación IG-sexo fue mayor en hembras que en machos, presentado un promedio de IG de 17.36 y 15.42 respectivamente (gráfica 15).

4.5 MUESTREO DE FEBRERO DE 1992.

En el mes de febrero, el rango de talla para hembras fue de 6 a 12 cm de diámetro, organismos un poco más pequeños. Los especímenes en tamaños pequeños se encontraron en etapas de maduración temprana. El mayor porcentaje de organismos se presentaron en etapa de maduración avanzada; pero también se encontró un organismo en etapa de maduración inicial con tamaño de 10-11 cm de diámetro (gráfica 7). Como se puede apreciar en este mes no existió una relación muy clara entre talla-madurez.

Los rangos de talla para los organismos machos del mes de febrero, fueron de 6-12 cm de diámetro; encontrando el mayor porcentaje en talla de 7-8 cm (30% del muestreo de machos).

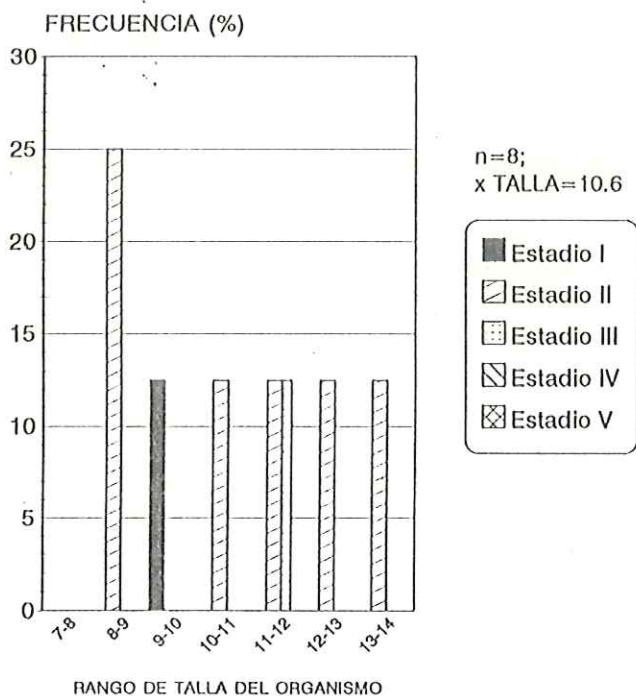
La relación talla-madurez no es proporcional, ya que hay organismos pequeños en etapa de maduración avanzada y organismos de talla grande en etapas tempranas de madurez (gráfica 8).

Se presentaron en este mes las tres calidades gonadales con porcentajes respectivos de 76, 14 y 6 % en primera, segunda y tercera. La primera calidad gonadal fue predominante para las cuatro etapas reproductivas, sólo en la tercera etapa se presentaron con una menor proporción las otras dos calidades (gráfica 13).

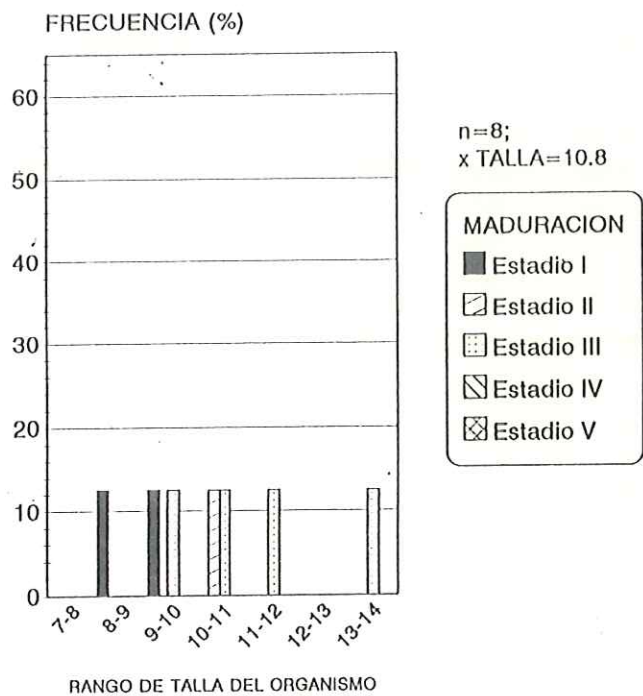
La proporción de sexo fue de 57% de machos y de 43% de hembras.

En este mes de febrero no se presentó una relación en promedios de IG-etapas de madurez, ya que la etapa de inmadurez o indiferenciada fue la que presentó valores más altos de IG, posterior a esta etapa, los valores siguientes fueron organismos que presentaron una madurez inicial o etapa

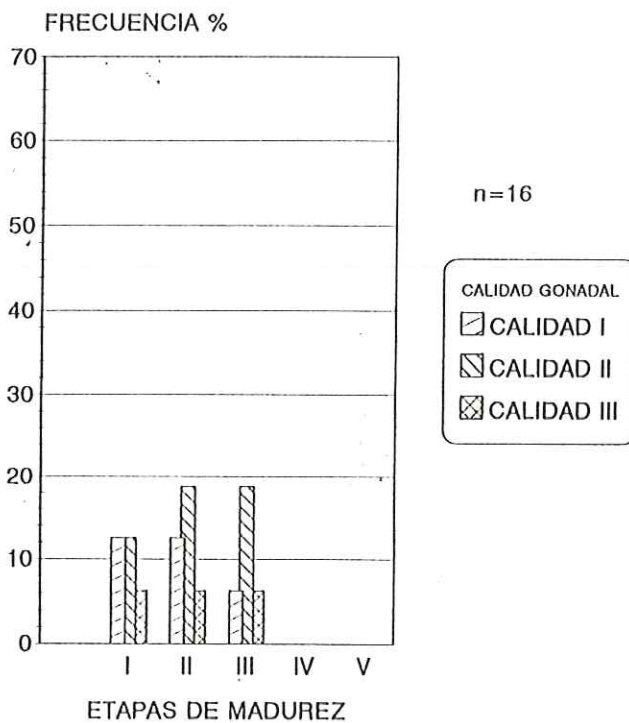
gametogénica, los valores de IG para las etapas reproductivas ocuparon el tercer lugar y el último lugar en valores de IG fue para los organismos que se encontraron en una etapa de maduración avanzada (gráfica 14). La relación sexo-IG fue mayor en organismos machos con un promedio de 16.7 y en hembras con un promedio de 14.96 (gráfica 15).



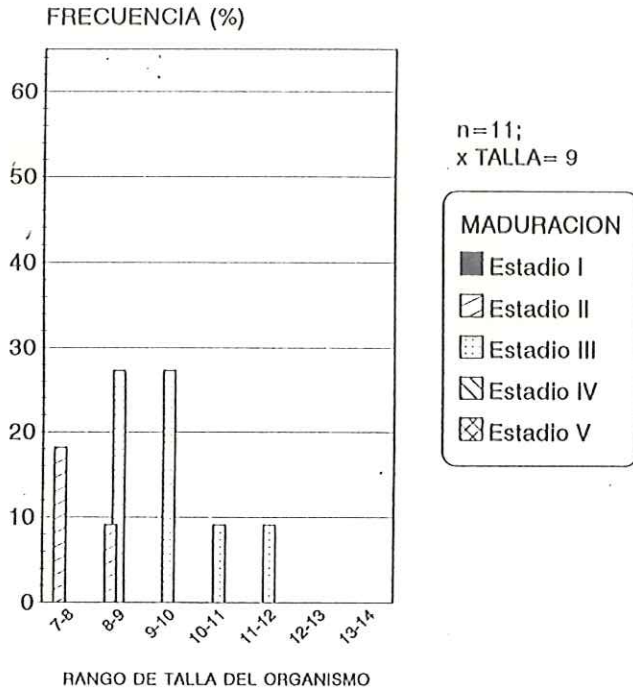
Gráfica no. 3: relación talla-madurez gonadal de organismos hembras del mes de octubre.



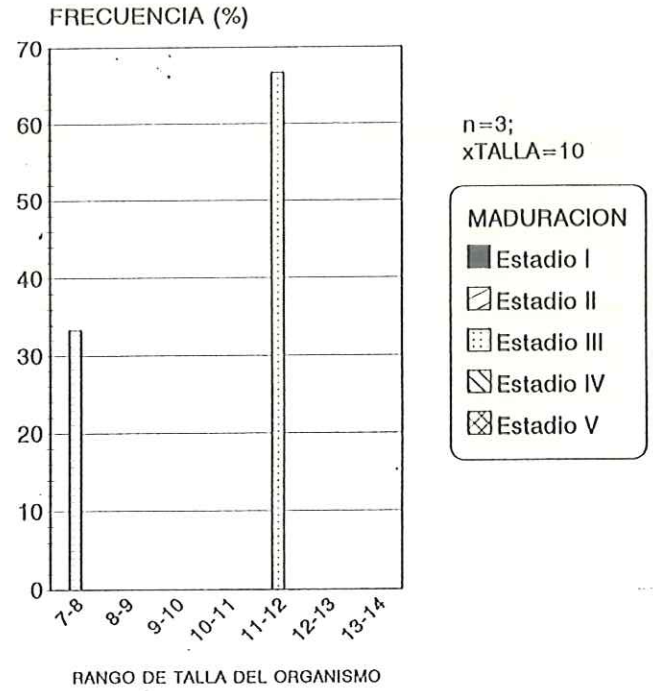
Gráfica no. 4: relación talla-madurez gonadal de organismos machos del mes de octubre.



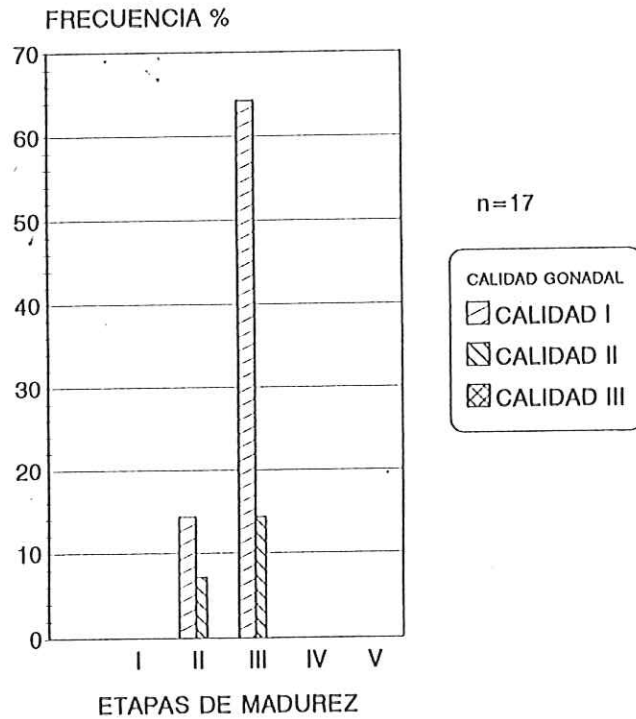
Gráfica no. 11: relación calidad gonadal-madurez durante el mes de octubre.



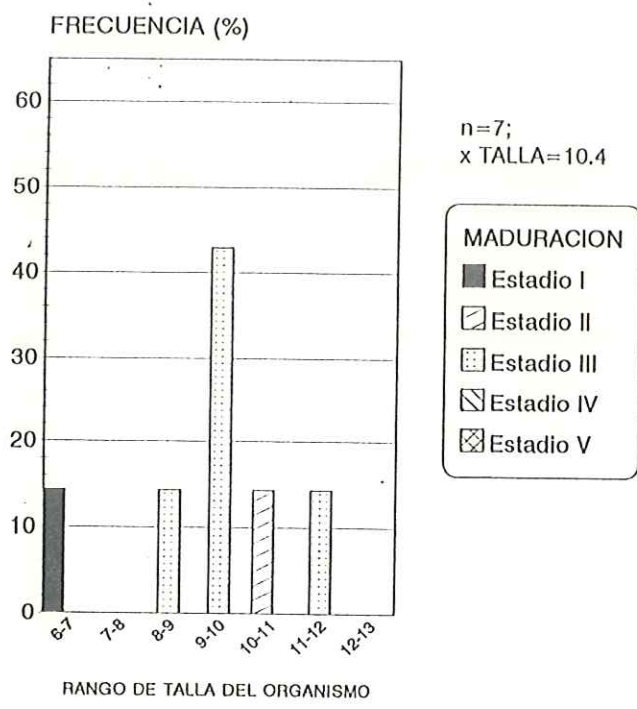
Gráfica no. 5: relación talla-madurez gonadal de organismos hembras del mes de noviembre.



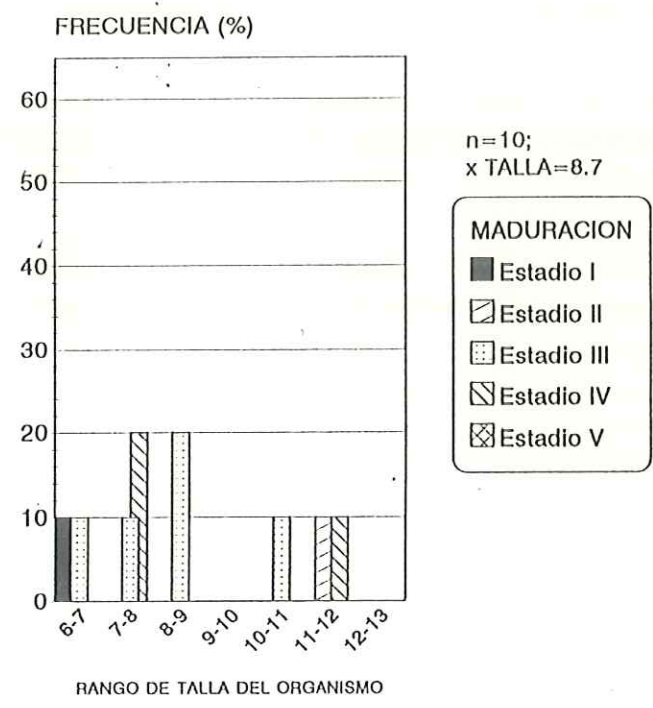
Gráfica no. 6: relación talla-madurez gonadal de organismos machos del mes de noviembre.



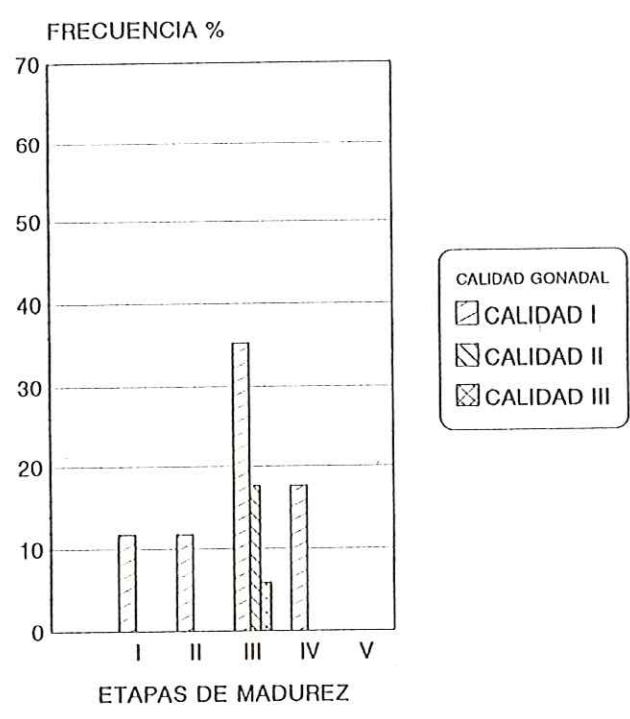
Gráfica no 12: relación calidad gonadal-madurez durante el mes de noviembre.



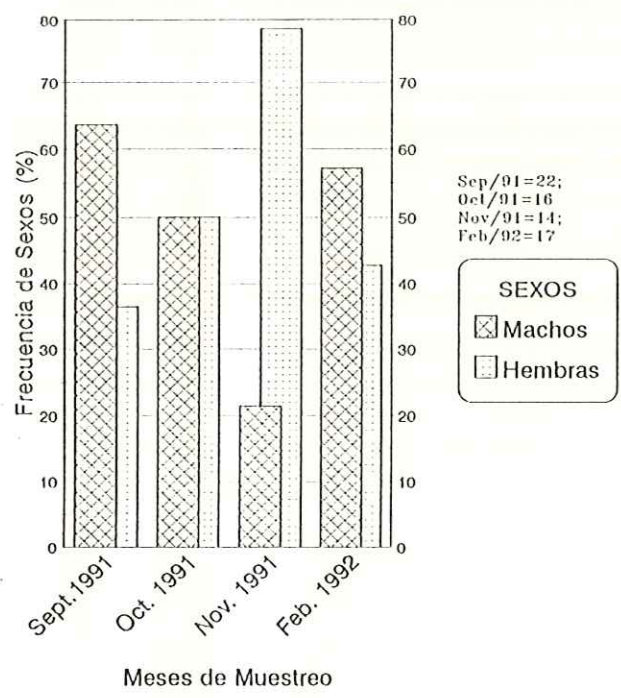
Gráfica no 7: relación talla-madurez gonadal de organismos hembras del mes de febrero.



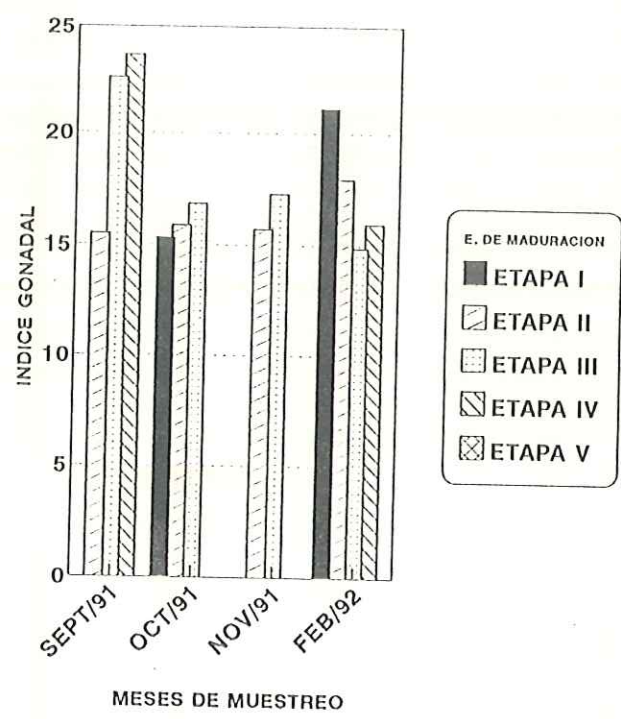
Gráfica no 8: relación talla-madurez gonadal de organismos machos del mes de febrero.



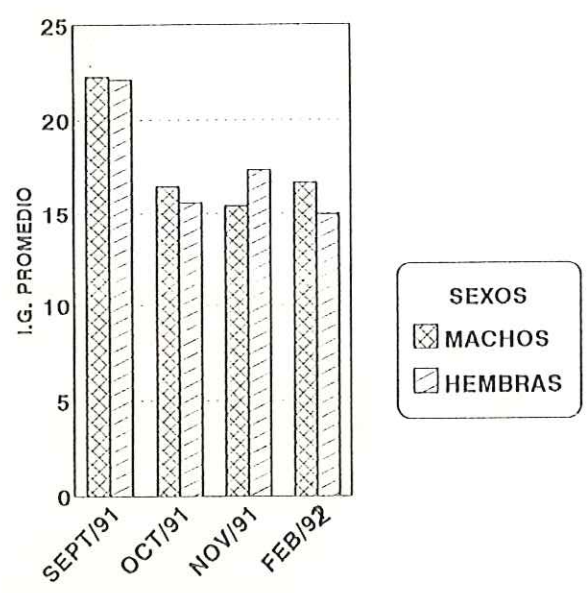
Gráfica no 13: Relación calidad gonadal-madurez durante el mes de Febrero



Grafica no 9: Proporción de sexos durante los diferentes meses de muestreo



Grafica no 14: Relación Índice gonadal-maduración de los diferentes meses de muestreo

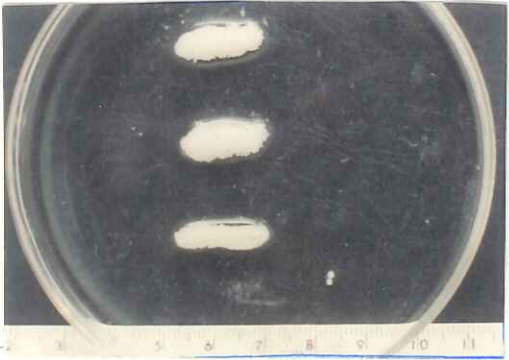
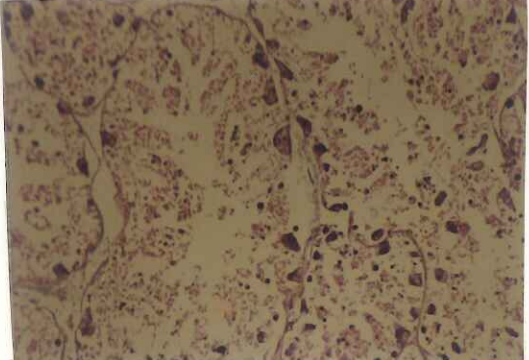


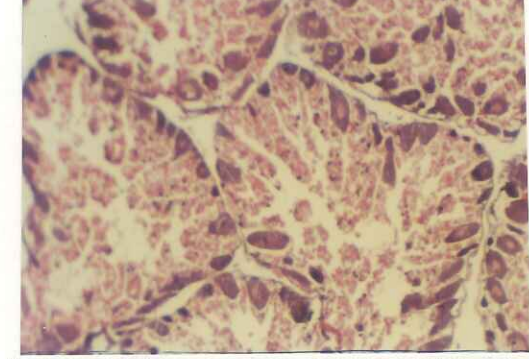


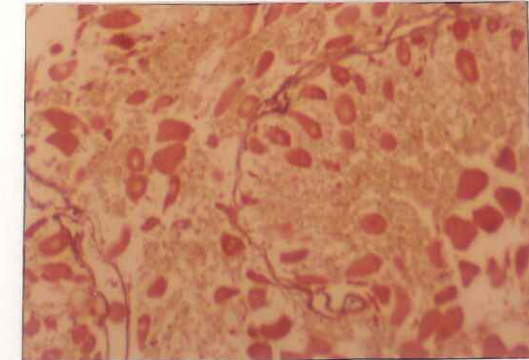
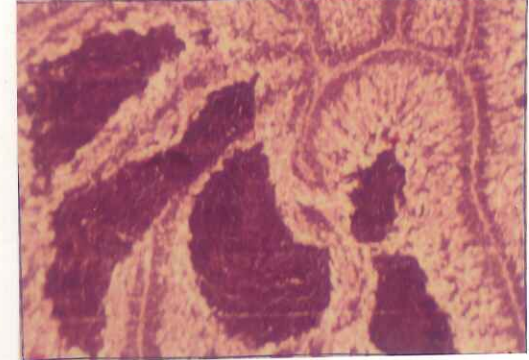
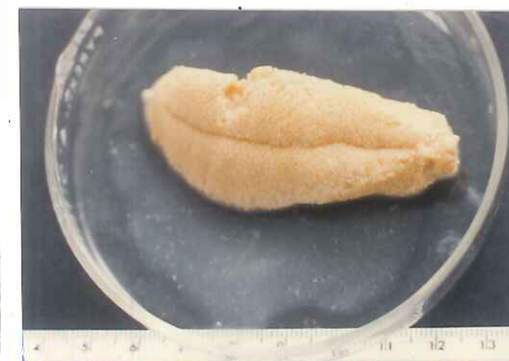
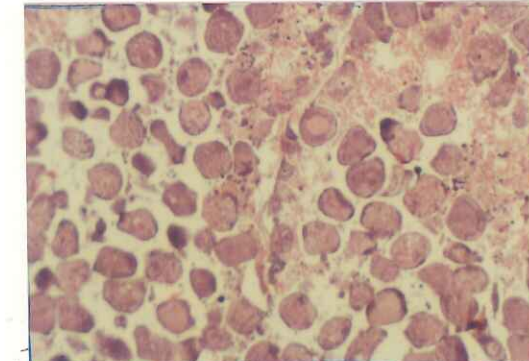


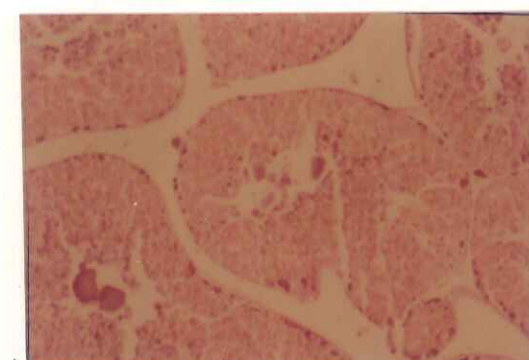
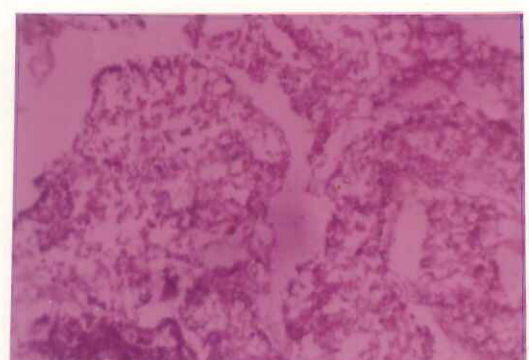


MACHOS	22.28	16.48	15.42	16.7
HEMBRAS	22.13	15.59	17.36	14.96

MESES DE MUESTREO

Grafica no 15: Relación Índice gonadal-sexo durante los diferentes meses de muestreo

5.1. ESCALA MORFOCROMÁTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE GRADOS DE MADUREZ EN EL ERIZO ROJO *Strongylocentrotus franciscanus* DE LA ZONA DE SANTO TOMÁS, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

MADURACION	ASPECTOS MACROSCÓPICOS DE LA GONADA	ASPECTOS MICROSCÓPICOS DE LA GONADA - HEMBRAS- - MACHOS-	
ETAPA I	 <p data-bbox="272 606 756 761">Gónadas pequeñas en forma de lengua alargada, color casi transparente cuando aún no han madurado y amarillo muy pálido cuando ya han presentado expulsión de gametos.</p>	  <p data-bbox="876 606 1925 761">Podemos considerar dos opciones morfológicas. Una cuando el organismo no presenta células que hagan posible la diferenciación del sexo, y la otra cuando se encuentran restos celulares gaméticos aunque sin actividad mitótica. En el primer caso, los folículos gonadales están bien diferenciados y no existe mucho colapsamiento; en el segundo caso, los folículos están muy colapsados e irregulares ya que han sufrido una expulsión de gametos. El material de inclusión es muy abundante.</p>	
ETAPA II	 <p data-bbox="272 1165 756 1320">Se caracteriza cada gónada por presentar una estructura en forma de lengua alargada, aumentado su grosor y de color amarillo muy intenso. Inicio de formación de acinos.</p>	  <p data-bbox="876 1165 1925 1320">Fácil de diferenciar sexos. El epitelio germinativo se aprecia con mayor actividad. En el caso de las hembras las células que se asocian al epitelio son las células oogoniales, ovocitos tipo I y II, los folículos se encuentran menos colapsados y más regulares. La cantidad de material de inclusión es muy abundante, generalmente es mayor en número de inclusiones en hembras que en machos. En el caso de organismos machos las células asociadas al epitelio germinativo son espermatogonias y espermatocitos.</p>	
ETAPA III	 <p data-bbox="272 1724 756 1880">Las gónadas se hacen más grandes tanto en grosor como en longitud, la coloración va de amarillo fuerte a anaranjado. Observándose al hacer un corte transversal en el conducto central, una secreción de color blanco en el caso de los machos y amarillo intenso o bien ligeramente anaranjado en las hembras.</p>	  <p data-bbox="876 1724 1925 1880">Los folículos gonadales son muy regulares. En el caso de las hembras las células asociadas al epitelio germinativo son los ovocitos tipo I, II y en el lumen folicular ovocitos tipo III y IV, con la misma proporción aproximadamente. En el caso de los machos se encuentran todo tipo de células gaméticas, presentando mayor proporción las espermátides y espermatozoides.</p>	
ETAPA IV	 <p data-bbox="272 2284 756 2439">Cada gónada se observa muy grande y voluminosa; pero conserva una estructura bien definida, lo que permite que sea considerada como la de mejor calidad; su coloración es de amarillo fuerte o anaranjado y al aplicar una pequeña presión sobre la gónada; o bien al ascender la temperatura ambiental, se expulsan las células gaméticas.</p>	  <p data-bbox="876 2284 1925 2439">Los folículos gonadales están casi llenos de células gaméticas por lo tanto presentan una morfología muy regular para las hembras los ovocitos tipo IV u óvulos son los predominantes, pero también existen células tipo III. En los machos son los espermatozoides los abundantes y llenan el folículo; aunque existen células con menor grado de madurez en menor proporción como es el caso de las espermátides e inclusive algunas espermatogonias. Por lo general la cantidad de material de inclusión es escaso.</p>	
ETAPA V	 <p data-bbox="272 2843 756 3030">Una de las características fundamentales de las gónadas en esta etapa es que la periferia de las mismas se observan irregulares "despalmadas"; lo que además las hace frágiles y presentan gran cantidad de secreción. Su color es amarillo fuerte o anaranjado.</p>	  <p data-bbox="876 2843 1925 3030">El epitelio de revestimiento se hace irregular presentando un estado colapsado. El epitelio germinativo carece de células gaméticas o bien se encuentran en procesos de reabsorción.</p>	

VII. DISCUSION.

Para el análisis histológico de las gónadas de los erizos de mar se han establecido varias etapas o estados de maduración, de acuerdo a la sincronización durante el ciclo reproductivo; Fuji en 1960 estableció cinco etapas de maduración durante el ciclo reproductivo de S. purpuratus las cuales las denominó como recuperación del desove, crecimiento, premaduro, maduro y desove; estas etapas fueron corroboradas de acuerdo a las características de las gónadas de Echinostrephus aciculatus y Echinostrephus molaris por Chen y Chang en 1982. Posteriormente Tapia en 1986 establece cinco etapas para S. franciscanus las cuales comprende de una etapa de indiferenciado o inmaduro, maduración inicial o fase gametógena, maduración avanzada o etapa reproductiva y una fase de expulsión o desove; mismas que fueron utilizadas por Ruiz et al. en 1987 y Castro et al. en 1992.

El comportamiento reproductivo durante el ciclo anual de los erizos, presenta una fase de reproducción o un estado maduro; Chen y Chang en 1982 reportaron que los erizos Echinostrephus molaris y E. aciculatus presentaron este estado durante los meses de mayo a julio y noviembre a enero para el primero, y julio a diciembre para el segundo. Gonor (1973a) reportó que las hembras de S. purpuratus se encontraron maduras durante el mes de diciembre. Holland en el año 1970 encontró un estado de liberación de gametos en Stylocidaris affinis durante agosto y septiembre. En tanto que Tapia en 1986 reportó para S. franciscanus una etapa reproductiva durante los meses de noviembre a enero y una fase de expulsión o desove durante

febrero-abril; Castro et al. en 1992 reportaron una fase de liberación de gametos en julio y una pequeña en noviembre.

Con respecto a la talla de los organismos, Ruiz et al. en 1987 reportaron que la talla de los organismos encontrados donde con mayor frecuencia fueron de 7.45 a 9.45 cm de diámetro. En el presente trabajo las tallas más frecuentes, se presentaron en las hembras a los 13-14 cm durante el mes de septiembre y 8-10 y 11-12 cm en machos; en el mes de octubre fueron 8-9 y 11-12 cm para hembras y 9-11 para machos; en el mes de noviembre 8-9 cm en hembras y 11-12 en machos y para el mes de febrero los rangos de tallas más frecuentes fueron 6-7 en hembras y 7-8 y 11-12 cm en machos.

Kenner et al. en 1991 reportaron que los organismos de S. franciscanus presentaron su primera madurez para el caso de las hembras a los 1.8 cm de diámetro y los machos en 1.6 cm de diámetro. Tapia para la especie de franciscanus en 1986 identificó la primera madurez reproductiva en organismos con diámetro de testa de 6.1-6.5 cm. En tanto que el presente investigación la primera madurez fue encontrada en el rango de organismos con talla de 6-7 cm.

Algunos autores establecen ciclos reproductivos con base a la proporción del peso húmedo de la gónada sobre el peso húmedo del erizo (IG), es el caso de Bennett et al. en 1955, lo cual según los resultados obtenidos en el presente trabajo, debido que durante el mes de febrero organismos con IG altos se encontraron en etapas tempranas de maduración y viceversa, esto puede ser debido a la alta cantidad de granulos de reserva que presentan los organismos en las etapas tempranas de su ciclo

reproductivo.

Miller y Skith (1931) y Moyer (1967) citados en Giese et al (1991), comentaron que los fagocitos nutritivos varían en tamaño y contenido durante el ciclo gametogénico, estos se encuentran en menor proporción cuando las gónadas se encuentran llenas de gametos. Holland y Giese (1965) notaron que después de que las gónadas liberaran sus gametos, los fagocitos nutritivos se vuelven a especializarse activamente en fagocitos de células gaméticas restantes (que no fueron liberadas).

Con respecto a la composición bioquímica del material de inclusión (granulos de reserva), Chatlynne (1972) y Ruiz et al. (1987) reportaron que están constituidos principalmente por glucógeno (carbohidratos de reserva), lípidos con mayor cantidad en hembras que en machos, además de nitrógeno. En el presente trabajo se aplicó la técnica de ácido peryódico-Schiff (para glucógeno) la cual dió reacción positiva en granulos de reserva y también la técnica para mucopolisacáridos (azul de toluidina), la cual dió leve metacromasia en la membrana basal del epitelio germinativo.

Gonor (1973b), comenta que las desviaciones de una proporción 1:1 entre animales adultos es común pero diferencias consistentes de proporción de sexo entre poblaciones son notables y proveen información sobre factores que afectan la expresión del sexo. El estudio de S. purpuratus en tres localidades en donde dos de ellas no difieren mucho de la proporción 1:1, pero en una de ellas hubo una diferencia notable, donde se encontraron además dos casos de hermafroditismo. La proporción de sexo en el presente trabajo, durante septiembre hubo una proporción 1:1.7,

en octubre una proporción 1:1, en noviembre 3.7:1 y en febrero 1;1.3 hembras-machos respectivamente; es importante para el establecimiento de proporciones de sexos tener un muestreo grande para que pueda ser representativo de la zona de interes.

VIII. CONCLUSION.

* Se determinaron gran cantidad de granulos de reserva en etapas de maduración I y II, que corresponde a la etapa de inmadurez o indiferenciado y madurez inicial.

* Se se determinó la anatomía microscópica de los folículos gonadales en hembras y en machos.

* Se establece una escala morfocromática con base a la anatomía microscópica de las gónadas.

* El comportamiento reproductivo indicó que para el mes de septiembre, noviembre y febrero una maduración avanzada y para el mes de octubre una maduración inicial.

* La incidencia de gónadas de primera calidad se da en organismos de maduración inicial y maduros; y la segunda y tercera calidad en organismos con maduración avanzada principalmente.

* Con respecto a la talla, los machos maduran antes que las hembras.

* Se observaron organismos en etapa de maduración avanzada, en el rango de talla de 6-7 cm en el mes de febrero.

* Los organismos más grandes estuvieron en el grupo de talla de 13-14 cm en el mes de septiembre y octubre.

* Los promedios de peso de los organismos fueron en el mes de septiembre 412.3 gr., octubre 427.3 gr., noviembre 297.5 gr. y febrero 273.5 gr. La talla máxima y mínima de los organismos fueron: septiembre 13.5-7.4 cm, octubre 13.4-8.4 cm, noviembre 11.3-7.8 cm y febrero 11.1-6.3 cm.

* El IG no representa el estado de maduración real de la gónada de los organismos.

IX. BIBLIOGRAFIA.

Barnes, R. 1986. Zoología de Invertebrados. Cuarta edición. Nueva Editorial INTERAMERICANA. México, D.F.

Bennett, J. and A. C. Giese. 1985. The Annual Reproductive and Nutritional Cycles in Two Sea Urchin. BIOL. BULL. (Woods Hole). 109 (2): 226-236 p.

Bradbury, A. 1991. Management and Stock Assessment of the Red Urchin (Strongylocentrotus franciscanus) in Washington State: Periodic Rotation of the Fishing Grounds. J-SHELLFISH-RES. Vol. 10. No. 1, 233 p.

Buckle, L. C. Taferino, L. Guisano, C. Cordiba, L. serrano, Valenzuela. 1980. Biological Studie on the Chilean Sea Urchin Loxechinus albus (milina) (Equinodermata, Echinoidea) Food Analysys and Seasonal Feeding rate. An Centro ciencias del mar y LIMNOL. UNAM. México 7 (10): 149:158 p.

Carney, D. 1991. Gonadal and Relative Movement Differences With Depth of Sea Urchis S. franciscanus in Southeast Alaska, J-SHELLFISH-RES. Vol. 10: No. 1, 233 p.

Castro, J. O. Tapia, H. Valles. 1992. Informe Técnico del Comportamiento Reproductivo del Erizo Rojo S. franciscanus, en las Cuatro Zonas Establecidas Para Captura Comercial, Durante el Perio de Marzo a Noviembre de 1990. CRIP. Ensenada B. C. México. Documento Interno.

Chen, C. P. & K. H. Chang. 1982. Reproductive Periodicities of Echinostrepus molaris and Echinostrepus acciculatus (Echinoidea). Institute of Zoology. Academia Sinica, Taipei, Taiwan. 443-446 p.

Deweese, C. M. 1991. Management of California's Sea Urchin Fishery. J-SHELLFISH-RES. VOL. 10: No. 1, 234-235 p.

Fuji, A. 1962. Studies on the Biology of the Sea urchin Food Consumption of Strongylocentrotus franciscanus y S. purpuratus Along the California Coast. J-SHELLFISH-RES. Vol. 10: No. 1, 236p.

Geller, C. L. 1969. A Histochemical Study of Oogenesis in the Sea Urchin, S. purpuratus. BIOL. BULL. Vol. 136, 167-184 p.

Giese, A., J. Pearse, Vicki, P. 1991. Reproduction of Marine Invertebrates, Echinoderms and Lophophorates. EDITED BY THE BOXWOOD PRESS. Printed In The U. S. A.

Gonor, J. 1973a. Sex Ratio and Hermaphroditism in Oregon Intertidal Population of the Schinoid S. purpuratus. MAR BIOL. Vol. 19, 278-280 p.

Gonor, J. 1973b. Ciclos Reproductivos en Poblaciones de Oregon del Equinoideo, S. purpuratus. EXP. MAR. BIOL. Vol. 12, 65-78 p.

Holland, N. 1970. Gametogenesis During the Annual Reproductive Cycle in A Cidaroid Sea Urchin (Stylocidaris affinis). MAR. BIOL. 578-590 p.

Holland, N. and Giese, A. 1965. AN Autoradiographic investigation of the Gonads of the Purple Sea Urchin (Strongylocentrotus purpuratus). 241-258 p.

Kenner, M. C. and M. T. Lares. 1991. Size at First Reproduction of the Sea Urchin Strongylocentrotus purpuratus in A Central California Kelp Forest. MAR ECOL PROG SER Vol. 76: 303-306 p.

Leake, L. 1975. Comparative Histology Academic Press. Department of Biological Sciences, Portsmouth Polytechnic. New York, E. U. A.

Levitan, D. R; M. A. Sewell; Chia, Fu-Shiang. 1992. How Distribution and Abundance Influence Fertilization Success in the Sea Urchin S. franciscanus. ECOLOGY. Vol. 73: No. 1, 248-254 p.

Marshall, A., W. Williams, T. Jeffrey. 1980. Zoología de Invertebrados. Editorial REVERTE, S.A. Barcelona España. Vol. 1.

Miller, R. M. 1989. Commercial Culture of the Glant Red Sea Urchin S. franciscanus in Hawaii. J-SHELLFISH-RES. Vol. 8: No. 2, 414-415 p.

Nishikawa, K. 1972. Estudio Técnico Sobre la exportación de las Gónadas del Erizo de Mar (genero Strongylocentrotus) de Baja California. (UNAM), Instituto de Investigación Oceanológica. Baja California, México.

Palleiro, N. 1982. Estimación de la Densidad y Crecimiento del Erizo Rojo S. franciscanus Para la Zona de Santo Tomás. Baja California México. (UABC). Escuela Superior de Ciencias Marinas. Baja California México.

Ruiz, A. A; D. Herrera; J. Castro. 1987. Análisis Histológico y Productividad Organica Gonadal en el Ciclo Reproductivo del Erizo Rojo S. franciscanus en Punta San Miguel. (UABC), Escuela Superior de Ciencias, Ensenada Baja California, México.

Tapia, V. O. 1986. Informe de Resultados Obtenidos Sobre la Determinación de la Madurez Gonadal en S. franciscanus, Durante el Ciclo Anual de Enero de 1984 a Enero de 1985 en Punta San Miguel Baja California. B. C. México.

Vazquez, S. 1983. Estimación de la Densidad y Biomasa en una Población de Erizo de Mar S. franciscanus, en Xatay Baja California México. Escuela Superior de Ciencias Marinas, (UABC). B. C. México.

APENDICE A.

TECNICA DE DESHIDRATAACION.

Alcohol al 30 % (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol al 40 % (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol al 50 % (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol al 60 % (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol al 70 % (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol al 80 % (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol al 90 % (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol abs. (3 veces).....	1.30 horas c/u.
Alcohol abs-Xileno.....	15 min.
Xileno (I, II, III).....	5 min. c/u.
Parafina (I, II).....	45 min. c/u.

APENDICE B.

DESPARAFINACION E HIDRATAACION DE LOS CORTES

Para teñir los cortes es indispensable desparafinarlos e hidratarlos, para lo cual se pasan a xileno y cambios de alcoholes, en concentraciones descendentes de la siguiente manera:

- a) Colocar en 3 cambios sucesivos de xileno de 5 a 10 min. cada uno.
- b) Colocar en alcoholes de 100, 96, 80, 70 y 50 por ciento de 5 a 10 min. c/u.
- c) Colocarlos en agua destilada.

APENDICE C.

TECNICA DE COLORACION HEMATOXILINA-EOSINA.

Hematoxilina..... 3 min.
 Lavado con agua corriente.
 Alcohol ácido..... rápido.
 Lavado con agua corriente.
 Agua amoniacal..... 5 min.
 Lavado con agua corriente.
 Lavado con agua destilada.
 Eosina..... 4 min.
 Alcohol de 96%..... 5 min.
 Alcohol absoluto..... 5 min.
 Alcohol abs-xileno..... 5 min.
 Xileno..... 5 min.
 Xileno..... 5 min.
 Xileno..... 5 min.
 Montar en resina sinética.

RESULTADO:

Núcleo..... azul-morado.
 Citoplásma y sustancia
 intercelular..... de naranja a rojo.

APENDICE D.

TECNICA DE COLORACION TRICROMICA DE GALLEGO.

Agua formolada..... 12 horas.

Fucsina acética..... 10 min.

Lavado con agua destilada.

Formol acético..... 4 min.

Lavado con agua destilada.

Picro índigo carmín..... 5 min.

Alcohol pícrico..... rápido.

Alcohol absoluto..... 1 min.

Alcohol abs-xileno..... 2 min.

Xileno..... 5 min.

Xileno..... 5 min.

Xileno..... 5 min.

Montar en resina sintética.

RESULTADO:

Núcleo..... rojo violáceo.

Haces musculares..... azul verdoso.

Fibras musculares..... verde amarillo.

Queratina y eritrocitos..... amarillo.

APENDICE E.

TECNICA DE COLORACION DE MASSON.

Cloruro de mercurio..... 5 a 10 min.
 Agua corriente..... varios cambios.
 Lugol..... 5 a 10 min.
 Tiosulfato de sodio..... 45 seg a 10 min.
 Lavar con agua destilada.
 Alumbre de hierro..... 5 a 30 min.
 Hematoxilina de Regaud..... 30 seg a 1 min.
 Agua corriente..... varios cambios.
 Diferenciar con alcohol pícrico..... rápido.
 Agua corriente..... Varios cambios.
 Fucsina ácida..... 5 a 10 min.
 Agua corriente..... varios cambios.
 Ponceao de xilidina..... 10 seg a 5 min.
 Agua destilada..... 2 a 3 cambios.
 Diferenciar con ácido fosfomolibdico. 5 a 10 min.
 Verde rápido..... 2 a 5 min.
 Agua ácida..... 2 cambios rápidos.
 Acohol absoluto.
 Alcohol abs-xileno.
 Xileno.
 Montar en resina sintética.

RESULTADO:

Núcleo..... azul fuerte a negro.
 Citoplásma rosa fuerte.
 Musculo..... rojo.
 Colágenas..... verde.

APENDICE F.

TECNICA DE COLORACION AZUL DE TOLUIDINA PARA
MUCOPOLISACARIDOS ACIDOS SULFATADOS.

Agua destilada.

Azul de toluidina..... 1 a 10 min.

Solución reguladora de fosfatos..... 10 seg.

Eliminar la solución reguladora.

Alcohol butílico..... 3 seg.

Tolueno..... 3 a 4 min.

Montar en resina sintética.

RESULTADO:

Núcleo..... azul.

musina..... rojo intenso.

Células cebadas..... púrpura o rojo.

APENDICE G.

TECNICA DE COLORACION DEL ACIDO PERYODICO-SCHIFF.

Agua destilada.

Acido peryódico al 0.6 %..... 10 min.

Lavado con agua destilada.

Reactivo de Schiff..... 35 min.

Lavar 3 veces con agua sulfurosa..... 1 min c/u.

Lavado con agua destilada.

Hematoxilina de Harris..... 2 min.

Lavado con agua corriente (3 veces).

Amarillo de metanilo..... 1 min.

Lavar con agua acética.

Alcohol abs. (2 veces)..... 5 min c/u.

Alcohol abs-xileno (3 veces)..... 5 min c/u.

Xileno (3 o 4 veces)..... 5 min c/u.

Montar en resina sintética.

RESULTADO:

Glucógeno..... rojo o purpura.

Tabla E: Parámetros macroscópicos, diámetro, peso total, peso gonadal, longitud gonadal, color gonadal, sexo.

RANGO TALLA (cm)	DIAMETRO (cm)	PESO TOTAL (g)	PESO GONADA (g)	LONG. GON. (cm)	COLOR GONADAL	SEXO
07-08						
08-09						
09-10						
10-11						
11-12						
12-13						
13-14						

Tabla II: Rango de talla de los organismos de los diferentes meses de muestreo.

RANGO DE TALLA DEL ORGANISMO (Cm)	F R E C U E N C I A (%)			
	SEPT/91	OCT/91	NOV/91	FEB/92
6-7	-	-	-	17.64
7-8	13.63	-	21.42	17.64
8-9	13.63	18.75	28.57	17.64
9-10	13.63	18.75	21.42	17.64
10-11	13.63	18.75	7.14	11.76
11-12	18.18	18.75	21.42	17.64
12-13	3.63	12.5	-	-
13-14	13.63	12.5	-	-

Tabla III: Datos biometricos de promedios de talla, peso, número de organismo de cada uno de los diferentes meses de muestreo.

MES DE MUESTREO	No. DE ORGANISMOS	PESO \bar{x} ORG. (g)	GONADA		TALLA ORG. (cm)		PROPORCION DE SEXOS (%)	
			PESO (g)	LONG. (cm)	MAX.	MIN.	HEMBRAS	MACHOS
SEPT. 91	22	421.3	99	7.9	13.5	7.4	36	64
OCT. 91	16	427.3	58.2	7.4	13.4	8.4	50	50
NOV.91	14	297.5	50.2	6.4	11.3	7.8	79	21
FEB.92	17	273.5	41.2	5.51	11.1	6.3	43	57