

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA

CICLO ANUAL DE MADUREZ GONÁDICA DE *Sterna*
STERNA (GOULD, 1851) (MOLLUSCA, BIVALVIA)
EN BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

TESIS
MAESTRO EN CIENCIAS

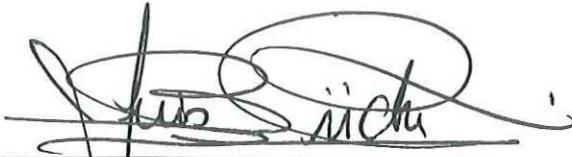
ARNULFO HERNÁNDEZ DÍAZ

Ensenada, Baja California, México, diciembre de 1993

RESUMEN de la Tesis de Arnulfo Hernández Díaz presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOLOGIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Diciembre de 1993.

CICLO ANUAL DE MADUREZ GONADICA DE *Pteria sterna* (Gould, 1851)
(MOLLUSCA, BIVALVIA) EN BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

Resumen aprobado por:



Dr. Luis Fernando Bückle Ramírez
Director de tesis

Se analizaron histológicamente 376 organismos obtenidos de una balsa experimental en Bahía de Los Angeles, repartidos al azar en siete muestreos bimensuales a partir de agosto de 1987 hasta agosto de 1988. Con los muestreos se sacaron organismos desde dos a 14 meses de edad.

Pteria sterna es una especie dioica, con una proporción sexual hembra:macho de 1.19:1, y con el algoritmo de von Bertalanffy se demostró que en promedio las hembras son más grandes que los machos.

En base a las observaciones de este trabajo, se propone una escala histológica de madurez gonádica para la especie que consiste en seis etapas de madurez con diez estadios, de los cuales ocho son sexualmente diferenciables y dos indiferenciables.

La edad de la primera madurez ocurrió en las hembras y posteriormente en los machos (octubre y diciembre respectivamente), las hembras inician un desove incipiente que constituye un estímulo inicial, que posteriormente es intenso en ambos sexos. Del estudio de la primera cohorte fijada a la balsa en junio de 1987, se concluye que ésta desovó en enero y mayo; de las otras fijaciones de reclutas (octubre de 1987, febrero y junio de 1988) se desprende que la población natural lo hizo en septiembre, enero y mayo del respectivo año.

Los primeros organismos que desovaron fueron hembras de 3.49 cm, mientras que en los machos fue de 5.18 cm en el eje de crecimiento máximo.

ANUAL CYCLE OF GONADAL MATURITY OF *Pteria sterna* (Gould, 1851)
(MOLLUSCA, BIVALVIA) IN BAJA CALIFORNIA, MEXICO.
ABSTRACT.

For this experiment, 376 organisms were collected at random from an experimental floating raft, in a series of seven bimonthly catches from August 1987 to August 1988. The gathered organisms ranged from two to 14 months old.

Pteria sterna is a dioic species with a sexual female/male ratio of 1.19:1, and it was evidenced, through the von Bertalanffy algorithm, that in average females are bigger than males.

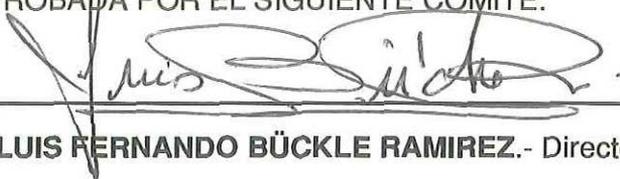
Taking into account the results of this work a gonadal maturity histological scale for this species is proposed. It is divided into six maturity stages, each one grouping 10 stages, being possible to sexually differentiate eight of them.

The initial maturity stage was present in the females first and later in the males (October and December respectively). Females commenced with an incipient spawn which constitutes an initial stimulus which later becomes intense in both sexes. From the first cohort studied, fixed to the raft in June of 1987, it was concluded that it spawned in January and May; adding to it the other recruits attachments (October, 1987 and, February and June, 1988), it can be assumed that the natural population did it in September, January and May of the same year.

The first organisms which spawned were females of a length of 3.49 cm while the males were 5.16 cm at the axis of maximum growth.

TESIS DEFENDIDA POR: ARNULFO HERNANDEZ DIAZ

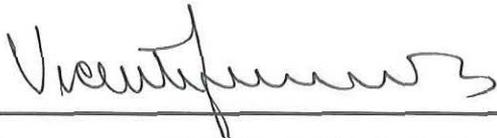
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITE:



DR. LUIS FERNANDO BÜCKLE RAMIREZ.- Director del Comité



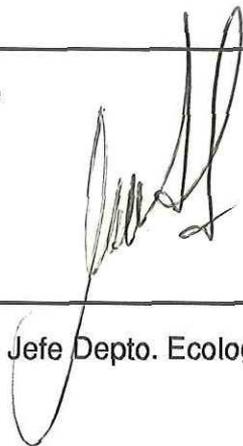
DR. FERNANDO DIAZ HERRERA.- Miembro del Comité



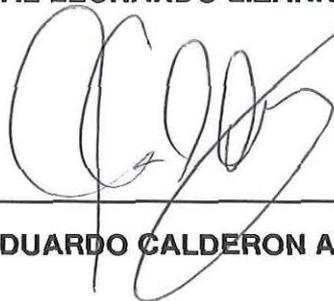
M.C. VICENTE FERREIRA BARTRINA.- Miembro del Comité



M.C. FELIX AGUILAR VALDEZ.- Miembro del Comité



DR. MARCIAL LEONARDO LIZARRAGA PARTIDA.- Jefe Depto. Ecología Marina



DR. LUIS EDUARDO CALDERON AGUILERA.- Director de Estudios de Posgrado

10. DE DICIEMBRE DE 1993



**CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y
DE EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA.**

DIVISION DE OCEANOLOGIA.

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA.

**CICLO ANUAL DE MADUREZ GONADICA DE *Pteria sterna* (GOULD, 1851)
(MOLLUSCA, BIVALVIA) EN BAJA CALIFORNIA, MEXICO.**

TESIS

**que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para
obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta:**

ARNULFO HERNANDEZ DIAZ

Ensenada, Baja California, México. Diciembre de 1993.

DEDICATORIA

A mi esposa Lilia Patricia.

A mi hija Joana Renee.

A mis padres y hermanos.

AGRADECIMIENTOS

**A mi director de tesis el Dr. Luis Fernando Bückle Ramírez,
por su valiosa colaboración, consejos y ayuda en mi
preparación académica y profesional.**

**A los miembros de mi comité de tesis por sus valiosos comentarios
en la elaboración del presente manuscrito.**

**A todos los profesores que de alguna manera
me formaron académicamente.**

A mis amigos y compañeros

**Al Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada.**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

A quienes me ayudaron y apoyaron física y moralmente.

CONTENIDO.

	<u>Página.</u>	
I	INTRODUCCION.	1
II.	ANTECEDENTES.	3
III.	OBJETIVOS.	5
IV.	MATERIAL Y METODOS.	6
IV.1.	Trabajo de campo.	6
IV.1.1.	Obtención de los organismos.	6
IV.1.2.	Datos morfométricos.	9
IV.1.3.	Muestras histológicas.	9
IV.2.	Trabajo de laboratorio.	9
IV.2.1.	Proceso de las muestras histológicas.	9
IV.2.2.	Lectura de las muestras.	12
IV.3.	Parámetros físicos y biológicos relacionados al ciclo gonadal.	12
IV.3.1.	Temperatura del agua e índice de condición (I. C.).	12
IV.3.2.	Índice promedio de madurez (I. P. M.).	13
IV.3.3.	Índice de crecimiento gonadal (I. C. G.).	13
IV.3.4.	Índice de liberación de gametos (I. L. G.).	14
V.	RESULTADOS.	15
V.1.	Análisis de la población.	15
V.2.	Ciclo gonadal de <i>Pteria sterna</i> .	19
V.2.1.	Ciclo de madurez de las hembras.	21
V.2.2.	Ciclo de madurez de los machos.	25
V.3.	Proporción sexual.	49
V.4.	Distribución temporal de los estadios gonadales de <i>Pteria sterna</i> .	49

CONTENIDO (Continuación).

	<u>Página.</u>
V.5. Parámetros físicos y biológicos.	50
V.5.1 Temperatura del agua e índice de condición (I. C.)	50
V.5.2. Índice promedio de madurez (I. P. M.).	58
V.5.3. Índice de crecimiento gonadal (I. C. G.).	59
V.5.4. Índice de liberación de gametos (I. L. G.).	62
V.6. Relación entre las variables.	62
V.7. Reclutas de <i>Pteria sterna</i> .	65
VI. DISCUSION.	67
LITERATURA CITADA.	72
APENDICE A. Características morfométricas de los individuos de <i>Pteria sterna</i> en estadio rt 9 encontrados durante el periodo de muestreo.	76
APENDICE B. Número de larvas Prodisoconcha II de <i>Pteria sterna</i> y temperatura superficial del agua en el sistema Bahía de Los Angeles, B. C. durante 1986. (Datos tomados de Serrano, 1992).	77

LISTA DE FIGURAS.

<u>Figura.</u>		<u>Página.</u>
1	Zona de estudio donde se obtuvieron las muestras del presente estudio. A) ubicación de la balsa para capturar semilla. (Tomado de del Río, 1992).	7
2	Balsa experimental. a: marco de la estructura; b: flotadores; c: anclaje; d: colectores de semilla; e: marco base de tubos de PVC llenos con arena; f: recolector de fondo.	8
3	Dibujo idealizado de <i>Pteria sterna</i> ; eje de crecimiento máximo (E. C. M.), altura y ancho del organismo. (Tomado de del Río, 1992.)	10
4	<i>Pteria sterna</i> (sin concha) el recuadro muestra la zona del organismo de donde se tomó la muestra histológica y las flechas la zona y la dirección del crecimiento gonadal: a: palpo labial; b: pie; c: papila urogenital; d: biso; e: glándula bisal; f: asa intestinal; g: músculo retractor; h: aurícula cardiaca; i: ventrícula cardiaca; j: recto; k: intestinos.	11
5	Curva de crecimiento observada y calculada en las hembras (A) y en los machos (B) de <i>Pteria sterna</i> por el algoritmo de crecimiento de von Bertalanffy. Eje de crecimiento máximo (E. C. M.).	17
6	Ciclo gonádico de <i>Pteria sterna</i> que incluye las etapas y estadios histológicos de madurez. 0, organismo etapa indiferenciado y estadio 0; Hd 1, 2, 3, 4 y Md 1, 2, 3, 4 hembras y machos etapa inmadura y estadio desarrollo 1, 2, 3, 4; Hd 5 y Md 5, hembras y machos etapa madura y estadio desarrollo 5; Hd 6 y Md 6, hembras y machos etapa desove y estadio desove 6; Hr 1, 2 y Mr 1, 2 hembras y machos etapa regresión y estadio regresión 1, 2; rt 9 organismo en etapa indiferenciable y en estadio de regresión total 9.	18
7	Tipos celulares encontrados dentro de los folículos gonadales de <i>Pteria sterna</i> .	20
8	Organismo indiferenciado estadio 0 (0). Iniciación de la maduración, en la cual no se puede distinguir el sexo: cg, células germinales primarias; go, gonias; pf, pared folicular. 200 aumentos.	31
9	Gónada de una hembra en desarrollo estadio 1 (Hd 1): cg, células germinales primarias; dg, divertículo digestivo; oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; og, ovogonias; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 200 aumentos.	32

LISTA DE FIGURAS (Continuación).

<u>Figura.</u>		<u>Página.</u>
10	Gónada de una hembra en desarrollo estadio 2 (Hd 2): c, citoplasma; n, nucleolo; N, núcleo; oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; og, ovogonias; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 200 aumentos.	33
11	Gónada de una hembra en desarrollo estadio 3 (Hd 3): oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; og, ovogonias; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 200 aumentos.	34
12	Gónada de una hembra en desarrollo estadio 4 (Hd 4): oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 10X.	35
13	Gónada de una hembra madura estadio 5 (Hd 5): om, óvulo maduro; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 10X.	36
14	Gónada de una hembra en desove estadio 6 (Hd 6): oi, ovocito inmaduro; om, óvulo maduro; op, ovocito piriforme; rc, restos celulares pf, pared folicular. 10X.	37
15	Gónada de una hembra en regresión estadio 7 (Hr 7). Las células contenidas pueden estar parcialmente lisadas, el corte muestra regresión, pero el organismo no pasó a través de un desove tan intenso como el cuadro anterior: fg, fagocitos; oa, óvulo atrésico; oi, ovocito inmaduro; pf, pared folicular. 200 aumentos.	38
16	Gónada de una hembra en regresión estadio 8 (Hr 8). Prácticamente sólo se observan restos de gametos y células gaméticas ocasionales: fg, fagocitos; lr, líquido residual; oa, óvulo atrésico; rc, restos celulares; pf, pared folicular. 200 aumentos.	39
17	Gónada de un macho en desarrollo estadio 1 (Md 1): cg, células germinales primarias; eg, espermatogonia; ep, espermatocitos, et, espermátidas; pf, pared folicular. 200 aumentos.	40
18	Gónada de un macho en desarrollo estadio 2 (Md 2): cg, células germinales primarias; cz, colas de espermatozoides; eg, espermatogonia; ep, espermatocitos, et, espermátidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 200 aumentos.	41
19	Gónada de un macho en desarrollo estadio 3 (Md 3): cz, colas de espermatozoides; ep, espermatocitos, et, espermátidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 40X.	42
20	Gónada de un macho en desarrollo estadio 4 (Md 4): cz, colas de espermatozoides; ep, espermatocitos, et, espermátidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 200 aumentos.	43

LISTA DE FIGURAS (Continuación).

<u>Figura.</u>		<u>Página.</u>
21	Gónada de un macho maduro estadio 5 (Md 5): cz, colas de espermatozoides; ep, espermatocitos, et, espermatidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 200 aumentos.	44
22	Gónada de un macho en desove estadio 6 (Md 6): cz, colas de espermatozoides; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 500 aumentos.	45
23	Gónada de un macho en regresión estadio 7 (Mr 7). Los restos espermáticos están dirigidos hacia el centro del folículo, formando un núcleo de restos celulares y por la parte periférica de este núcleo empiezan a aparecer fagocitos: ez, espermatozoides; fg, fagocitos; pf, pared folicular. 40X.	46
24	Gónada de un macho en regresión estadio 8 (Mr 8). Sólo se observan pocos restos celulares y líquido residual: lr, líquido residual; rc, restos celulares. 10X.	47
25	Gónada en regresión total estadio 9 (rt 9). Ocurrida después de un desove, en la cual no se puede distinguir el sexo; lr: líquido residual; pf, pared folicular. 200 aumentos.	48
26	Porcentaje de las muestras de hembras (A) y machos (B) contenidos en estadios de liberación de gametos. El recuadro marca el periodo de desove que incluye los estadios d5, d6 y r7, en el correspondiente sexo.	56
27	Índice de condición de <i>Pteria sterna</i> y temperatura del agua en Bahía de Los Angeles. Las barras en la curva del índice de condición indican los límites de confianza ($P < 0.05$), (Datos tomados de Bückle et al., 1992).	57
28	Comportamiento del índice promedio de madurez (I. P. M.) para ambos sexos con respecto a la temperatura a través del periodo de muestreo.	60
29	Comportamiento del índice de crecimiento gonadal (I. C. G.) para ambos sexos con respecto a la temperatura a través del periodo de muestreo.	61
30	Comportamiento del índice de liberación de gametos (I. L. G.) para ambos sexos con respecto a la temperatura a través del periodo de muestreo.	63
31	Reclutas de <i>Pteria sterna</i> fijadas a la balsa durante el periodo experimental, índices de liberación de gametos y temperatura del agua en Bahía de Los Angeles, B. C.	66

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla.</u>		<u>Página.</u>
I	Eje de crecimiento máximo (cm) mínimo, máximo, promedio (X) y edad (meses) por muestreo de <i>Pteria sterna</i> para ambos sexos.	16
II	Número y proporción de sexos de organismos analizados histológicamente.	51
III	Frecuencias de ocurrencia de hembras y machos de <i>Pteria sterna</i> , en los diferentes estadios de madurez y sus valores porcentuales por muestreo.	52
IV	Cuadro sinóptico de variables que sirven para calcular el estadio de madurez gonadal de <i>Pteria sterna</i> en base a la edad, eje de crecimiento máximo de los organismos y otros parámetros biológico-ambientales por sexos. I. C., índice de condición; E. C. M., eje de crecimiento máximo; I. P. M., índice promedio de madurez; I. C. G., índice de crecimiento gonadal; I. L. G., índice de liberación de gametos.	64

**CICLO ANUAL DE MADUREZ GONADICA DE *Pteria sterna* (GOULD, 1851)
(MOLLUSCA, BIVALVIA) EN BAJA CALIFORNIA, MEXICO.**

I. INTRODUCCION.

Mosk (1931) menciona que antes de la llegada de los españoles al Golfo de California, los indígenas conocían el recurso y lo explotaban en la medida de sus posibilidades. Los conquistadores que inicialmente exploraban con fines de colonización, conocieron la existencia de perlas en la zona y se avocaron a la extracción de éstas, llegando a tal grado que las expediciones españolas en los siglos XVI y XVII estaban enfocadas casi exclusivamente a sacar perlas. En los siglos XVIII y XIX la pesquería disminuyó y posteriormente a mediados del siglo XIX hubo un repunte debido a la invención del equipo de buceo submarino que facilitó las exploraciones de pesca.

A principios del siglo XX, de 1903 a 1914, Gastón J. Vives inició la única empresa de cultivo establecida en el mundo (Townsend, 1916). Vives desarrolló un proceso técnico para cultivar perlas y esta empresa fue próspera hasta que los acontecimientos políticos del país frenaron sus actividades, pero las poblaciones de bivalvos ya estaban sensiblemente disminuídas (Townsend, 1916; Mosk, 1931). Vives y su asociado Miguel Cornejo cultivaron y explotaron el recurso de la ensenada San Gabriel en la Isla Espíritu Santo a 92 kilómetros (50 millas) de La Paz en el Golfo de California y también en la zona de Manzanillo, Colima (Townsend, 1916). A causa de la sobrepesca del recurso se decretó una veda permanente (Expediente # 2793. 'Veda de la concha madre perla' de la Dirección Forestal de Caza y Pesca. 1929 citado en Mosk, 1931).

Las descripciones morfológicas de la época no fueron tan exactas como para distinguir entre las especies que hoy se conocen como *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, en consecuencia en la extracción de los organismos no se discernía entre una y otra porque ambas producen perlas. Los nombres vernaculares de *Pteria sterna* que involucra también

a la otra especie son: 'Concha Perla', 'Pega-pega', 'Madre Perla', 'Concha Nacar', 'Placeres', 'Callo de árbol' o antiguamente como *Avicula vivesi* (en honor a Gastón J. Vives). A pesar de las disposiciones legales en favor de la protección de *Pteria sterna*, la pesquería ha continuado clandestinamente para extraer principalmente el músculo abductor o "callo", la concha y las perlas.

En los moluscos bivalvos, se han hecho estudios de madurez gonadal por medio de cortes histológicos, sobre todo en la familia *Osteridae*; pero la madurez gonadal en *Pteria sterna*, nunca se ha estudiado y constituye la finalidad de esta investigación que es un aspecto fundamental de la biología de la especie y refleja una de las principales funciones del organismo para perpetuarse.

II. ANTECEDENTES.

Los cortes histológicos se han utilizado para observar las transformaciones tisulares que llevan a la madurez sexual en *Ostrea virginica* (Loosanoff, 1942), *Pinctada albina* (Tranter, 1958 I, II, III), *Pinctada maxima* (Tanaka y Kumeta, 1981) y (Rose et al., 1990) y *Pteria sterna* (Araya et al., 1991). Los estudios histoquímicos también han contribuido en el conocimiento de la maduración gonádica y del ciclo reproductivo en bivalvos en *Crassostrea rhizophorae* (Andrade y Miraglia, 1983).

Los índices de condición también han sido otra manera de calcular temporadas de maduración y desove en diferentes especies, *Crassostrea virginica* (Rainer y Mann, 1992), *Tivela stultorum* (Espina y Bückle, 1993) y *Pteria sterna* (Bückle et al., 1992).

También se han hecho observaciones indirectas como la presencia de larvas de *Pteria sterna* en el plancton (Ruíz y Cáceres, 1990), (Serrano, 1992) y su fijación o asentamiento en sistemas flotantes en Bahía de Los Angeles, B. C. (Bückle et al., 1992) y Cáceres et al., en 1992 lo hizo para *Pteria sterna* y *Pinctada mazatlanica* en la región de La Paz, B. C. S.

Pteria sterna ha sido poco estudiada y sólo se ha calculado su madurez gonadal por observaciones indirectas de sus máximos reproductivos. (Bückle et al., 1992) define cuatro desoves más o menos regulares en un año y sugiere que la madurez sexual se alcanza en un año. (Araya et al., 1991) mencionan cuatro etapas de maduración sin detallarlas.

Se han investigado otros aspectos biológicos como son la alimentación con dietas artificiales en *Pteria sterna* y *Pinctada mazatlanica* (Mazón, 1986), el cultivo y colecta

experimental (Singh, 1982), (Gaytán et al., U. A. B. C. S. Com. Pers. 1990) y (Monteforte y Cariño, 1992), la captación de juveniles (Ruíz y Cáceres, 1990), el crecimiento de juveniles de *Pteridasterna* en condiciones experimentales (del Ríó et al., 1992) y distribución espacial y temporal de las larvas en Bahía de Los Angeles (Serrano, 1992).

III. OBJETIVOS.

- Caracterizar las fases de maduración de una población de *Pteria sterna*.
- Observar la talla media de los organismos al momento de desovar por primera vez.
- Integrar toda la información obtenida de la población para conocer el número de desoves que tiene *Pteria sterna* durante 16 meses de estudio.
- Correlacionar los desoves de *Pteria sterna* con la presencia de reclutas de la especie en el zooplancton.

IV. MATERIAL Y METODOS.

IV.1. Trabajo de campo.

IV.1.1. Obtención de los organismos.

La distribución de la familia es amplia a nivel mundial pero *Pteria sterna* se encuentra desde el Golfo de California hasta el sur de Perú en fondos lodosos, intermareales y zonas someras (Brusca, 1980).

Individuos de *Pteria sterna* fueron recolectados de una población de Bahía de Los Angeles en Baja California, México (28°51' a 29°03' de Latitud Norte y 113°27' a 113°36' de Longitud Oeste) (Figura 1), durante los meses de agosto de 1987 a agosto de 1988. Los organismos se adhirieron a 20 paños de malla anchovetera (0.5 x 1 m) que colgaban de una balsa experimental diseñada para la captación y cultivo de bivalvos (Figura 2), anclada en julio de 1987.

Para el estudio histológico de la gónada de esta especie, se obtuvieron un total de 376 organismos, repartidos en siete muestreos cada dos meses, los cuales fueron extraídos de las estructuras captadoras (Figura 2d) y fijadas inmediatamente en formol al 10% neutralizado. En cada bimestre se sacaron tres paños de la balsa al azar con los animales fijados, en consecuencia se hicieron seis muestreos con tres paños y uno con dos paños que correspondió al mes de agosto de 1988.

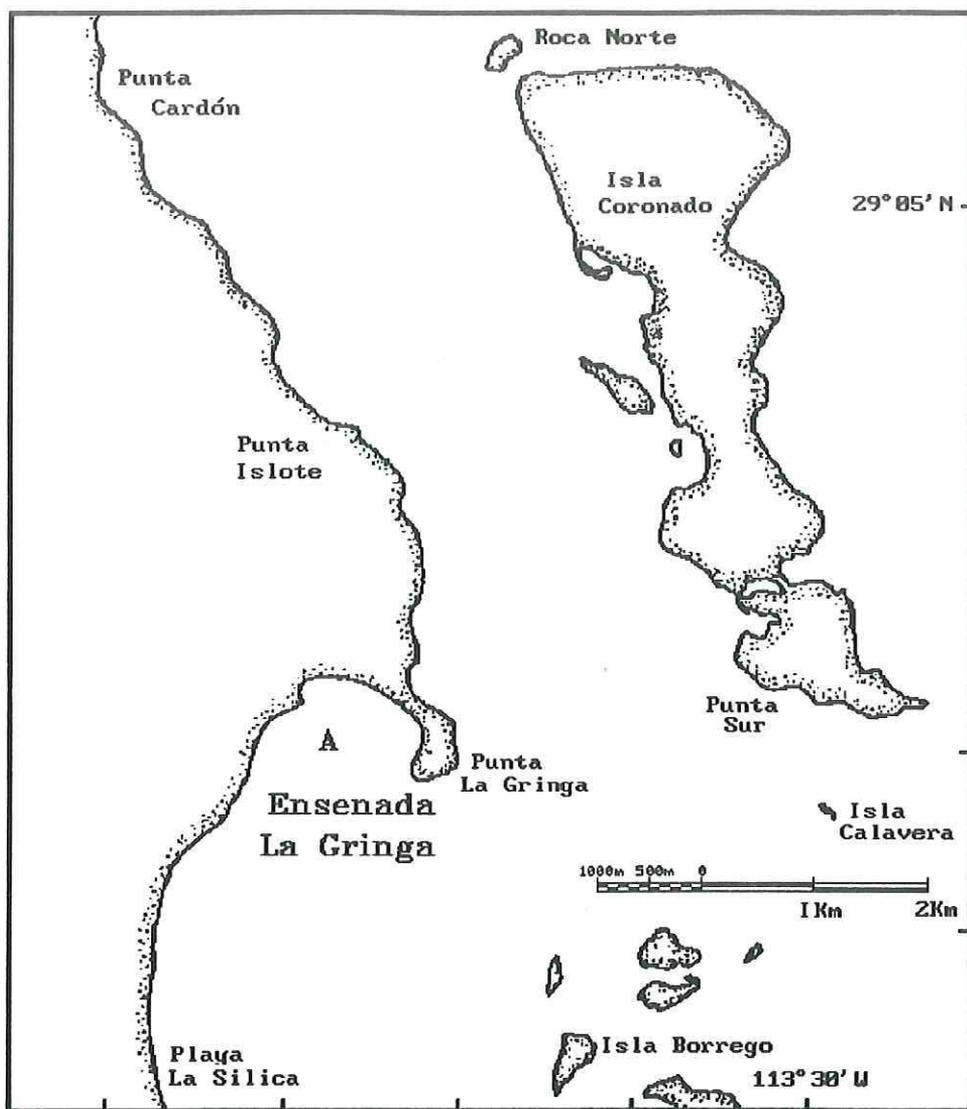


Figura 1. Zona de estudio donde se obtuvieron las muestras del presente estudio. A) ubicación de la balsa para capturar semilla. (Tomado de del Río, 1992).

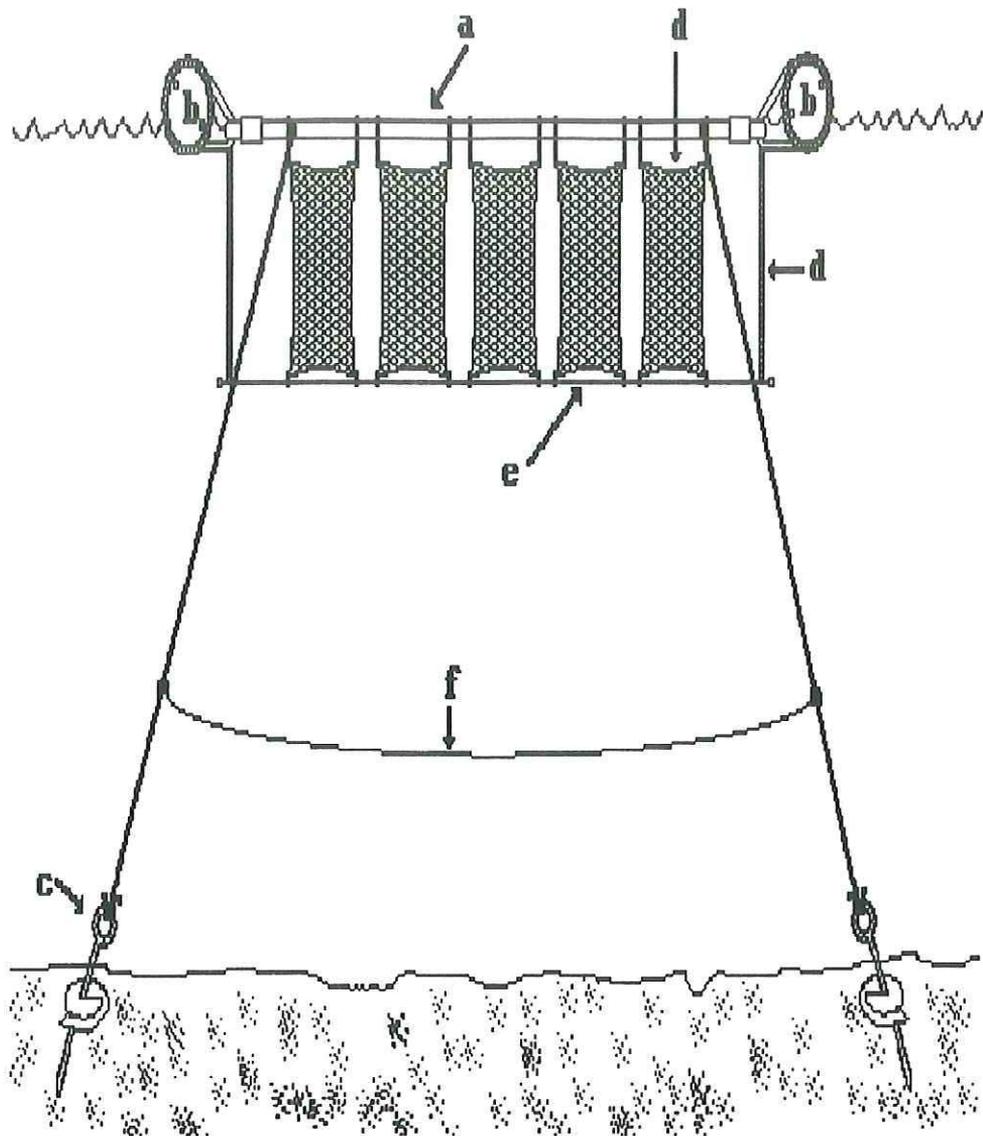


Figura 2. Balsa experimental. a: marco de la estructura; b: flotadores; c: anclaje; d: colectores de semilla; e: marco base de tubos de PVC llenos con arena; f: recolector de fondo.

IV.1.2. Datos morfométricos.

De cada organismo se obtuvo el peso total y peso de la carne con una balanza granataria de triple barra Ohaus con capacidad de 2610 g y una precisión de 0.01 g; el eje de crecimiento máximo (E. C. M.), el alto y el ancho de la concha, con un vernier (Figura 3). Se hizo un análisis de la estructura de la población y el seguimiento durante un año de los organismos de la primera cohorte fijada en las mallas recolectoras para conocer el crecimiento y maduración gonádica de *Pteria sterna*. Esta cohorte se aisló de otras tres que se fijaron a las mallas recolectoras por medio del método de análisis de distribución de frecuencias de tallas (Cassie, 1954).

IV.1.3. Muestras histológicas.

Las muestras histológicas de la gónada se disectaron de la parte antero-dorsal de la región del estómago del organismo (Figura 4) y se conservaron en viales de plástico con alcohol etílico al 70 % como fijador histológico.

IV.2. Trabajo de laboratorio.

IV.2.1. Proceso de las muestras histológicas.

Posterior a la fijación en alcohol las muestras se preservaron en líquido de Bouin como fijador definitivo; subsecuentemente se incluyeron en parafina histológica (punto de fusión 60-62°C) y se cortaron a 7 micras (μm) de grosor. Se montaron en portaobjetos y se tiñeron con Hematoxilina-Eosina según las técnicas descritas por Lynch *et al.*, (1972).

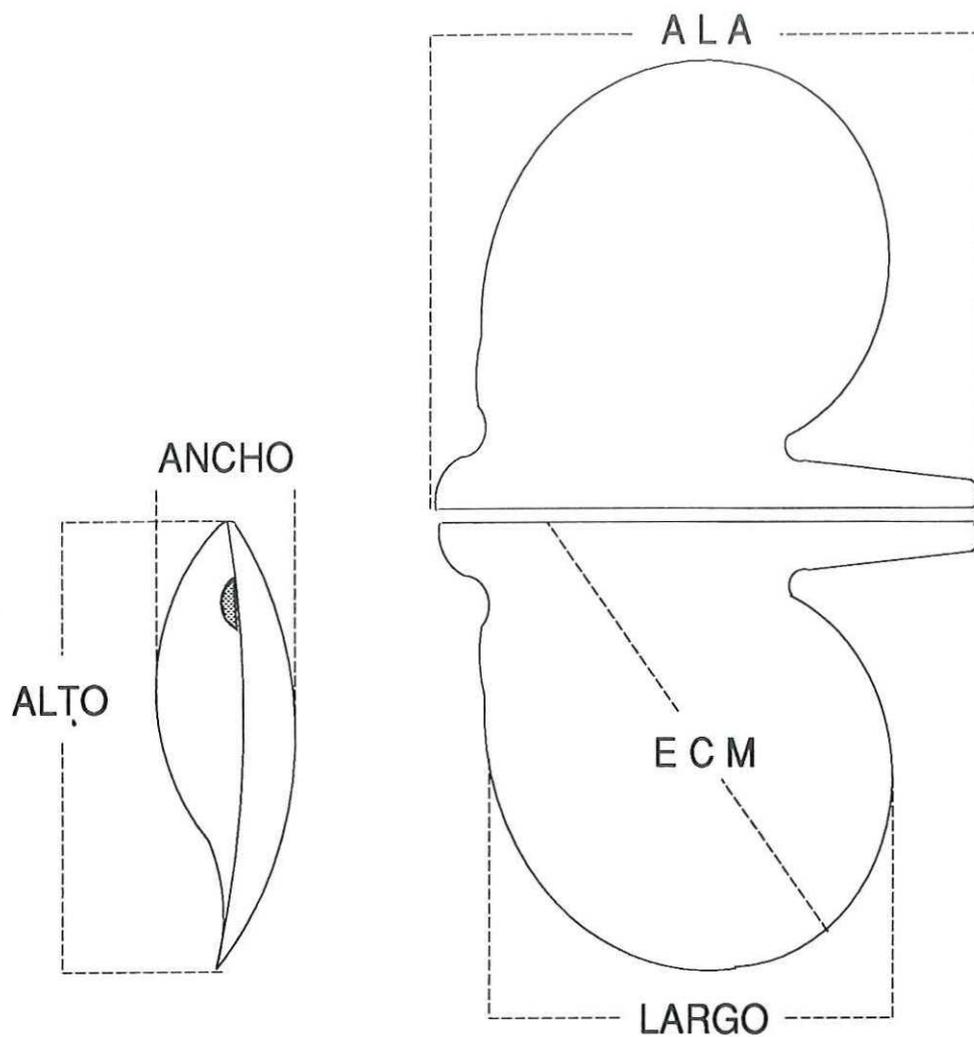


Figura 3. Dibujo idealizado de *Pteria sterna*; eje de crecimiento máximo (E. C. M.), altura y ancho del organismo. (Tomado de del Río, 1992).

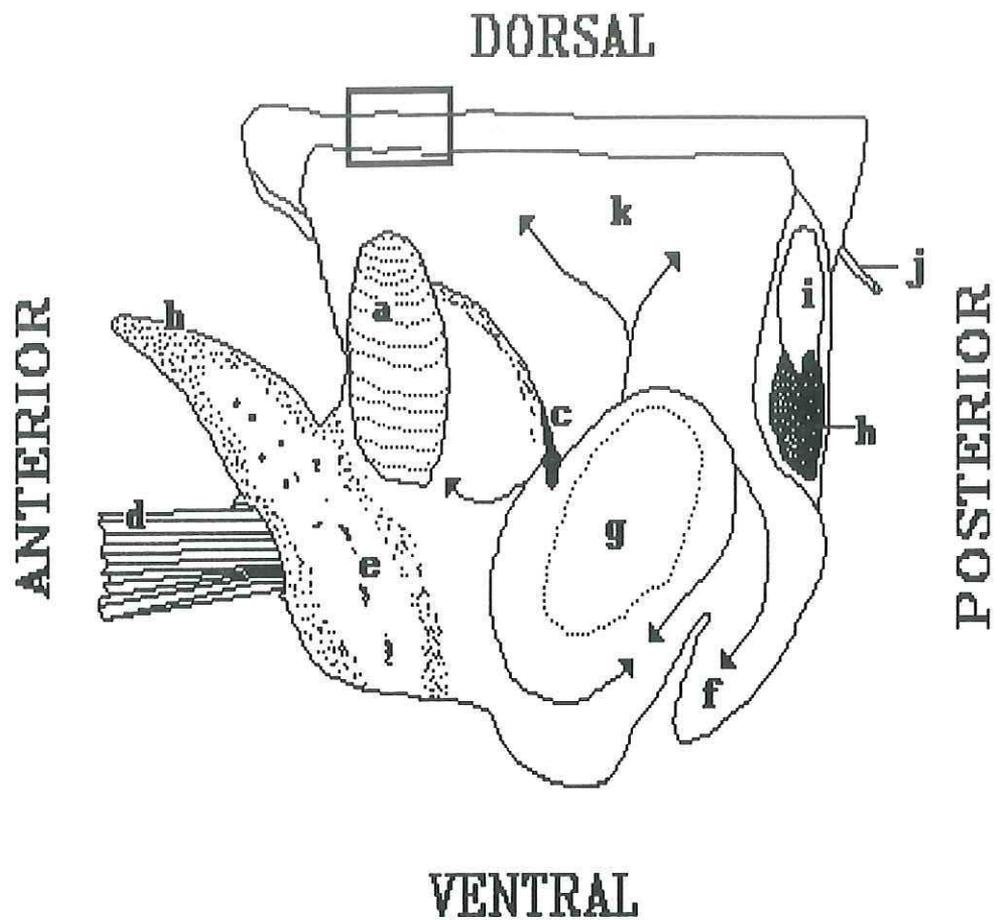


Figura 4. *Pteria sterna* (sin concha) el recuadro muestra la zona del organismo de donde se tomó la muestra histológica y las flechas la zona y la dirección del crecimiento gonadal (a: palpo labial; b: pie; c: papila urogenital; d: biso; e: glándula bisal; f: asa intestinal; g: músculo retractor; h: aurícula cardíaca; i: ventrícula cardíaca; j: recto; k: intestinos).

IV.2.2. Lectura de las muestras.

Para conocer las características celulares de los cortes histológicos, las muestras se observaron en un microscopio binocular Olympus Modelo BH-2, con reglilla; estas lecturas fueron anotándose en hojas para datos especialmente diseñadas para tal efecto.

De cada corte histológico, se realizaron tres lecturas, la primera con la finalidad de reconocer las características de los tipos celulares y establecer una escala general de maduración, la segunda para ajustar la escala y separarlos por sexo y la tercera se ordenó por tallas para determinar el grado de madurez.

Las fases de maduración de *Pteria sterna* se describieron inicialmente en base a las características histológicas utilizadas por Tranter (1958 II) para *Pinctada albina*, el que a su vez utilizó la escala de Kesteven (1945) para *Crassostrea commercialis*; sin embargo, con los resultados de esta investigación fue necesario modificar esa escala y establecer otra para describir mejor el proceso. A las laminillas más representativas de los estadios gonadales se les determinaron como cortes típicos de cada uno de los diferentes estadios de madurez, a los cuales se les fotografió con una película en color de alto contraste (ASA 400).

IV.3. Parámetros físicos y biológicos relacionados al ciclo gonadal.

IV.3.1. Temperatura del agua e índice de condición (I. C.).

Durante los muestreos bimensuales que iniciaron desde junio de 1987 se midió la temperatura del agua con el oxigenómetro YSI modelo 57 y un sensor polarográfico. La temperatura fue medida en el primer metro de profundidad cada cuatro horas durante ciclos

de 24 horas y se obtuvo una estimación diaria de la variabilidad de esta característica.

El índice de condición (I. C.), desarrollado por de Wilde (1975), relaciona el peso seco orgánico de los organismos y el eje de crecimiento máximo elevado a la tercera potencia (esta fórmula asume crecimiento isodiamétrico de los organismos), mediante la fórmula:

$$\text{Peso seco orgánico} \times 1000 / E. C. M.^3 = \text{Índice de condición} \quad 1$$

IV.3.2. Índice promedio de madurez (I. P. M.).

Este índice se obtuvo con el valor medio del incremento del E.C.M. de cada muestreo para cada sexo según la fórmula de Chipperfield (1953) de la siguiente manera:

$$I. P. M. = (\Sigma(AxB))/N \quad 2$$

donde **A** es el número de organismos en la misma etapa de madurez, **B** el rango numérico designado arbitrariamente a la etapa respectiva y **N** el número de organismos del periodo de muestreo analizado.

Este índice se puede desglosar en dos partes y obtener los índices de crecimiento gonadal y de liberación de gametos. En el cálculo de estos índices, no se utilizaron los estadios que son sexualmente indistinguibles.

IV.3.3. Índice de crecimiento gonadal (I. C. G.).

Este índice se calculó con la fórmula (2), pero en éste sólo se incluyeron las etapas de desarrollo de los organismos en cuestión y del sexo respectivo.

IV.3.4. Índice de liberación de gametos (I. L. G.).

En este caso se utilizó la misma fórmula (2) con los grados de madurez que implican la liberación de gametos en ambos sexos.

V. RESULTADOS.

V.1. Análisis de la población

La edad y crecimiento de los organismos capturados se puede observar en la Tabla I. En promedio las hembras son más grandes que los machos, el organismo más pequeño y el más grande también fueron hembras. La longitud de los machos y de las hembras fue contrastada con el algoritmo de von Bertalanffy (Stamatopoulos y Caddy, 1989), (Figura 5).

Para normalizar la descripción del ciclo de la maduración secuencial de los machos y de las hembras se describen las etapas de maduración que indican los cambios celulares más conspicuos que acaecen en el proceso de maduración de un organismo, empezando por una célula indiferenciada que formará óvulos o espermios que maduran dentro de los folículos hasta que son evacuados o reabsorbidos internamente. Algunas partes del ciclo, como por ejemplo la etapa de inmadurez, está constituida por varios estadios histológicos. Las etapas describen los aspectos más generales de la maduración de una gónada y, los estadios detallan las estructuras o formas celulares que permiten reconocer con más fidelidad el avance del proceso de la madurez gonádica.

En base a las observaciones de 376 organismos se construyó un ciclo anual de madurez gonádica con sus etapas y estadios histológicos de maduración para *Pteria sterna* (Figura 6).

Tabla I. Eje de crecimiento máximo (cm) mínimo, máximo, promedio (\bar{X}) y edad (meses) por muestreo de *Pteria sterna* para ambos sexos.

Fecha	Hembras			Machos			Edad.
	Mín.	Máx.	\bar{X}	Mín.	Máx.	\bar{X}	
1987							
Agosto	0.80	1.60	1.39	0.93	1.70	1.27	2
Octubre	1.39	4.56	3.49	1.79	4.46	3.19	4
Diciembre	4.49	7.14	5.82	4.24	6.26	5.18	6
1988							
Febrero	5.60	8.41	6.98	5.49	8.84	6.65	8
Abril	6.03	8.96	7.32	6.03	8.69	7.08	10
Junio	6.61	9.58	8.10	6.76	9.04	7.66	12
Agosto	8.96	11.72	9.76	8.28	8.99	8.90	14

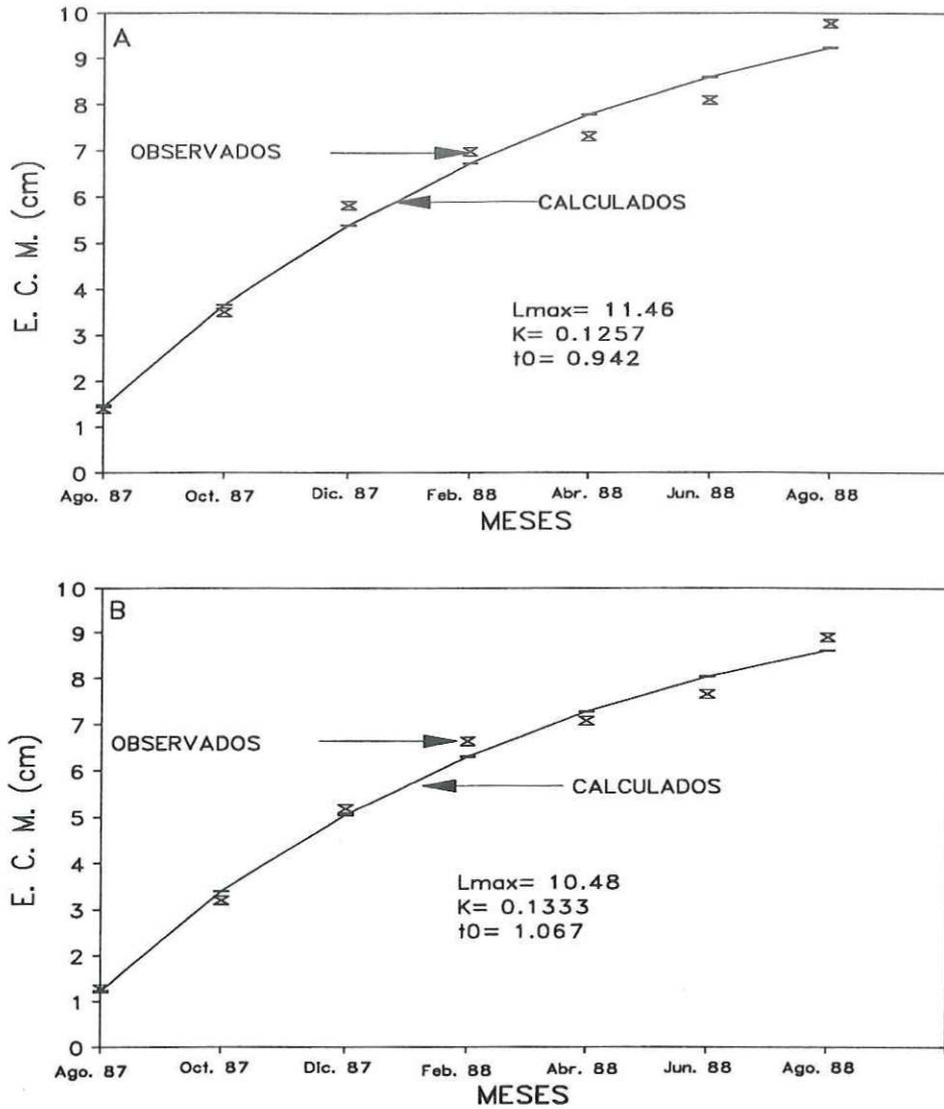


Figura 5. Curva de crecimiento observada y calculada en las hembras (A) y en los machos (B) de *Pteria sterna* por el algoritmo de crecimiento de von Bertalanffy. Eje de crecimiento máximo (E. C. M.).

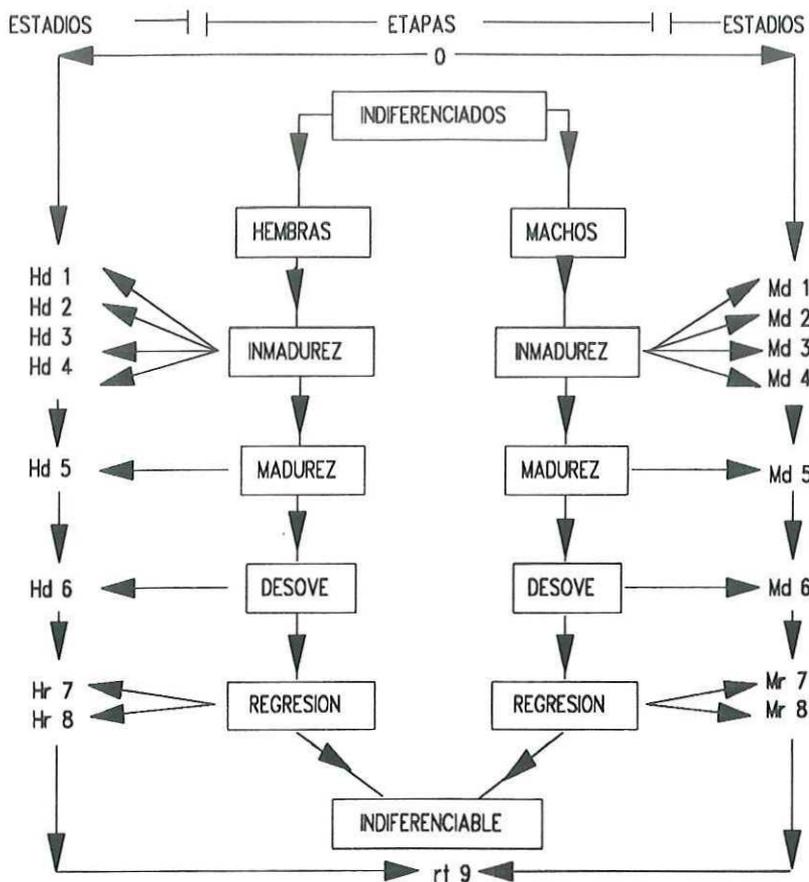


Figura 6. Ciclo gonádico de *Pteria sterna* que incluye las etapas y estadios histológicos de madurez. 0, organismo etapa indiferenciado y estadio 0; Hd 1, 2, 3, 4 y Md 1, 2, 3, 4 hembras y machos etapa inmadura y estadio desarrollo 1, 2, 3, 4; Hd 5 y Md 5, hembras y machos etapa madura y estadio desarrollo 5; Hd 6 y Md 6, hembras y machos etapa desove y estadio desove 6; Hr 1, 2 y Mr 1, 2 hembras y machos etapa regresión y estadio regresión 1, 2; rt 9 organismo en etapa indiferenciable y en estadio de regresión total 9.

V.2. Ciclo gonadal de *Pteria sterna*.

El ciclo gonadal (Figura 6) resume los eventos más conspicuos que ocurren en los organismos durante su maduración sexual. Las etapas que componen el ciclo están a su vez constituidas por estadios que son eventos característicos que ocurren en cada organismo para continuar avanzando a un estado subsecuente de maduración.

Se describieron los tipos celulares que se encuentran dentro de los folículos gonadales de *Pteria sterna*, con el propósito de identificación y reconocimiento de las distintas etapas y estadios de maduración que presenta el ciclo de madurez (Fig. 7).

Etapa Indiferenciada:

En la gónada de los organismos se encuentran pocos folículos visibles con células en desarrollo. No se puede reconocer el sexo porque las células germinales primarias (cg) y las gonias (go) pegadas a la pared folicular (pf) no son diferenciables. Se observan en ocasiones algunos divertículos digestivos, entre los cuales, posteriormente se desarrollarán y expandirán los folículos gonadales. También hay numerosos fagocitos en el sistema digestivo. Estos organismos son pequeños de no más de dos meses de haber metamorfoseado de una larva veliger (Figuras 7 y 8).

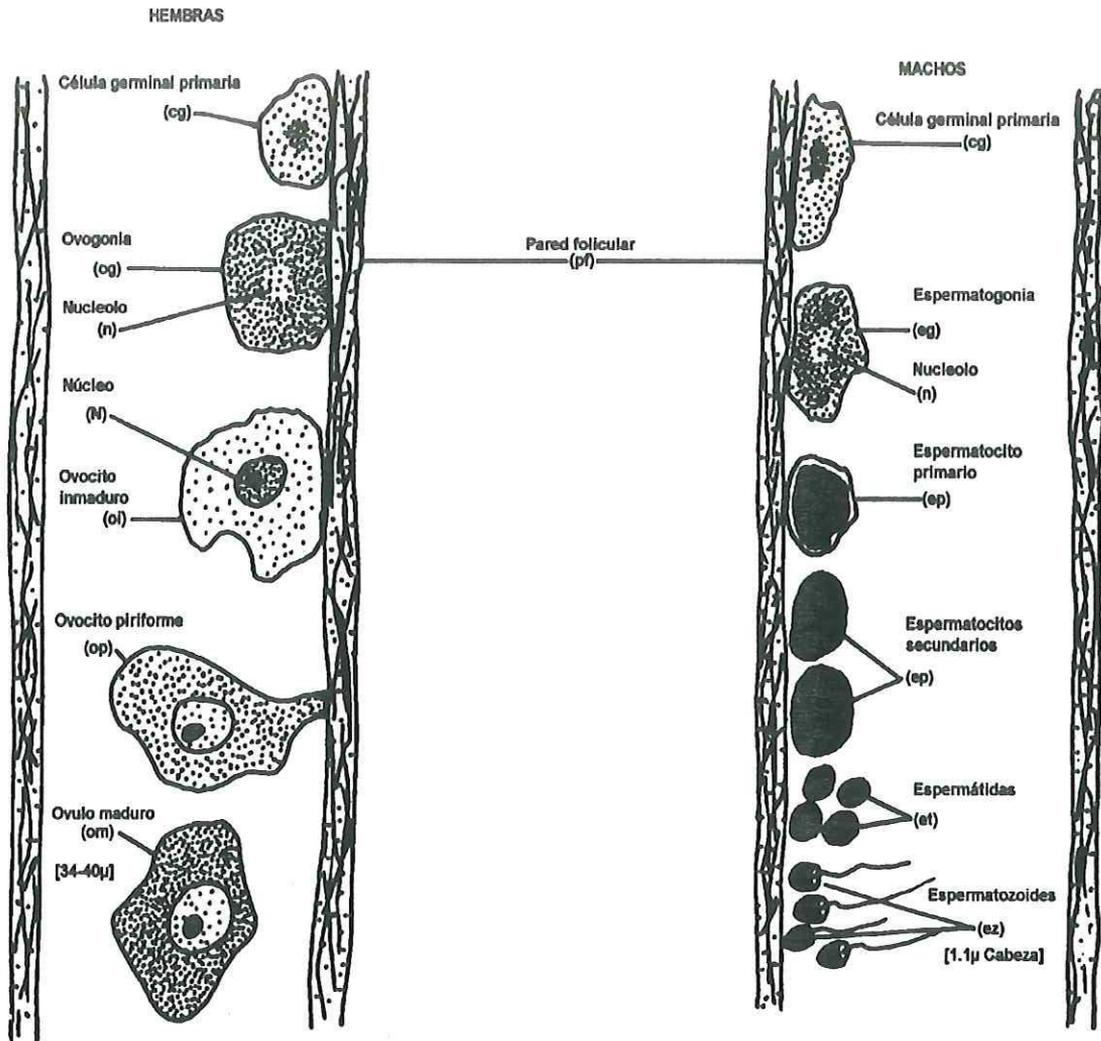


Figura 7. Tipos celulares encontrados dentro de los folículos gonadales de *Pteris sterna*.

V.2.1. Ciclo de madurez de las hembras.

Etapa de inmadurez:

En estos cortes histológicos se observan pocos fagocitos y folículos con células inmaduras. Dentro de los folículos se encuentran células germinales primarias (cg), ovogonias (og), ovocitos inmaduros (oi) pegados a la pared folicular (pf), ovocitos piriformes (op) y muy pocos óvulos maduros (om) (Figuras 7 y 9).

En las formas más avanzadas de la etapa inmadura se observan ovocitos inmaduros adheridos a la pared del folículo en menor proporción con respecto al cuadro anterior y pocos óvulos maduros hacia el centro (Figuras 7, 10 y 11).

En el grado más avanzado en este estadio se encuentran hacia la luz del folículo pocos ovocitos inmaduros con muchas células piriformes y óvulos maduros en iguales cantidades. Todas estas células tienden a ser de formas poligonales; el espacio interfolicular es pequeño en proporción al área ocupada por el material gonadal (Figuras 7 y 12).

La técnica de Hematoxilina-Eosina (H-E), tiñe los núcleos de color azul con la hematoxilina que es un colorante básico (tiñe sustancias basófilas) y el citoplasma de rosa con la eosina (colorea sustancias acidófilas). En la medida que maduran los óvulos, cambian su afinidad a la tinción; en los ovocitos más inmaduros el núcleo se tiñe de azul más densamente basófilo, reticulado y picnótico (que se tiñe fuertemente de color azul), también llamada "cromatina reticulada" y sin nucleolo visible. El

proceso avanza y la coloración nuclear es menos intensa, hasta ser muy tenue en los óvulos maduros, en tanto que el citoplasma se tiñe fuertemente debido a la acumulación de vitelo que es eosinófilo (Figuras 7 y 13).

Estadios de inmadurez:

Hd 1 (Hembras en desarrollo estadio 1).- Predominan las ovogonias (og) sin citoplasma, estas células son más grandes que en el macho y el núcleo no es muy picnótico ni denso. También hay ovocitos inmaduros (oi) con un claro nuclear, con el núcleo excéntrico y nucleolo no visible; células pequeñas de aproximadamente 5 a 8 μm (Figuras 7 y 9).

Hd 2 (Hembras en desarrollo estadio 2).- Abundantes ovocitos inmaduros (oi) que tienen el núcleo más oscuro que el citoplasma, todavía se observan ovogonias (og) cuyo nucleolo (n) puede ser visible y muy tenue; las células ováricas son grandes y están pegadas a la pared del folículo, algunos ovocitos son piriformes (op) y también hay óvulos maduros (om) ocasionales (Figuras 7 y 10).

Hd 3 (Hembras en desarrollo estadio 3).- El núcleo de las células se tiñe más claro que el citoplasma; estas células todavía están unidas al folículo y su forma es poligonal tendiendo a la redondez. Algunas células empiezan a desprenderse de la pared del folículo y se ven como ovocitos piriformes (op) pero también se encuentran algunos óvulos maduros (om) libres en el folículo (Figuras 7 y 11).

Hd 4 (Hembras en desarrollo estadio 4).- El proceso de inmadurez disminuye notablemente porque se encuentran óvulos maduros unidos a la pared folicular; algunos ovocitos son piriformes y otros tienden a ser circulares (pero toman la forma de polígonos a

causa de la presión que se ejerce entre las células), su núcleo y nucleolo se tiñen menos intensamente que el citoplasma. Células grandes de 34 a 40 μm de diámetro (Figuras 7 y 12).

Etapas de Madurez:

Predominantemente representada en los folículos por óvulos maduros de forma poligonal y pocos ovocitos piriformes desprendidos de la pared folicular y minoritariamente por ovocitos inmaduros ocasionales todavía unidos a la pared folicular. La pared folicular puede aparentar ser discontinua y el espacio interfolicular reducido e incluso no se observan membranas en las paredes foliculares.

Las células dentro de los folículos pueden estar separadas entre sí pero guardan la forma poligonal entre ellas (Figuras 7 y 13).

Estadio de madurez:

Hd 5 (Hembras en desarrollo estadio 5).- Prácticamente sólo se observan óvulos maduros, con células que tienden a la redondez con nucleolo, núcleo y citoplasma diferenciables, con algunos ovocitos piriformes ocasionales (Figuras 7 y 13).

Etapas de Desove:

Cuando inicia este proceso, los óvulos que han sido expulsados de la gónada, dejan espacios libres dentro de los folículos; en consecuencia los óvulos remanentes se redondean debido a la disminución de la presión entre ellos. Las células que no se desovaron corresponden principalmente a células que están unidas a la pared folicular y a óvulos que no fueron expulsados (Figura 14).

Estadio de desove:

Hd 6 (Hembras en desove estadio 6).- Algunos folículos tienen pocos óvulos casi esféricos que señalan el desove. En este estadio los folículos pueden estar casi vacíos con restos celulares (rc), ovocitos inmaduros (oi), ovocitos piriformes (op) y óvulos maduros (om) en su interior que no fueron desovados (Figura 14).

Etapa de Regresión:

En esta etapa se observan óvulos atrésicos (oa) de formas irregulares y discontinuas a la vez se encuentran los primeros fagocitos (fg) (Figura 15). En la última fase de la etapa de regresión se forma un líquido residual (lr) de color amarillento, mezclado con restos celulares (rc) y óvulos atrésicos ocasionales con abundantes fagocitos (Figura 16). Los fagocitos se tiñen de azul intenso debido al material fagocitado que se torna acidófilo cuando es digerido (Figuras 15 y 16).

Estadios de regresión:

Hr 7 (Hembras en regresión estadio 7).- Los óvulos pueden ser pocos y esféricos o casi esféricos. Hay algunos fagocitos y en los óvulos se detectan indicios degenerativos (citólisis y picnosis). Los folículos están vacíos o parcialmente vacíos y contienen líquido amarillento que constituyen los restos de óvulos (Figura 15).

Hr 8 (Hembras en regresión estadio 8).- Aquí se encuentran restos celulares (rc) de óvulos y muchos fagocitos; predomina el líquido amarillo. Todavía se distingue el sexo del organismo (Figura 16).

V.2.2. Ciclo de madurez de los machos.

Etapa de inmadurez:

Se comienza a diferenciar el sexo. Al observar un corte histológico de una gónada masculina inmadura es posible distinguir durante las primeras fases desde la pared del folículo hacia el centro células espermáticas en desarrollo y multiplicación; espermatogonias (eg), espermatocitos (ep), pocas espermátidas (et) y ocasionalmente espermatozoides (ez) en comparación con los demás tipos celulares (Figuras 7 y 17). En las fases subsecuentes de la maduración, se observan predominantemente espermatocitos y espermatogonias con pocas espermátidas (et) y espermatozoides (ez), las células más inmaduras se localizan en las paredes del folículo de coloración azul tenue, mientras que a las células más maduras con coloración picnótica hacia el centro del folículo. Los espermatocitos tienden a formar una banda de células hacia el centro del folículo con poco citoplasma claro, el núcleo desde 3 a 5 μm de diámetro y se encuentran en grupos. El núcleo puede ser de contorno irregular y picnótico. Las espermátidas tienen núcleo más pequeño que los espermatocitos, la cromatina densamente reticulada y se agrupan en capas o alrededor del centro del folículo donde están los espermatozoides. Al aumentar el volumen de los espermatozoides, disminuye el volumen de las demás células hasta predominar sólo espermatozoides, con cabeza picnótica un poco más pequeños que las espermátidas (Figuras 7 y 18). En la medida que avanza esta etapa, las bandas son menos notorias hasta que todo el folículo tiene sólo células en desarrollo, pocos espermatocitos, espermátidas predominantes y escasos

espermatozoides (Figuras 7 y 19). Finalmente se observan pocas colas de espermatozoides en el centro del folículo predominando espermátidas y espermatozoides en casi todo el folículo, con muy pocas células inmaduras en la pared del folículo (Figuras 7 y 20).

Es posible diferenciar entre espermátidas y espermatozoides con respecto de las células más inmaduras, las primeras son aproximadamente del mismo diámetro (media 1.1 μm), mientras que las células más inmaduras cuando menos son del doble de esta longitud.

La afinidad a los colorantes que tienen las células espermáticas, varía en sentido de inmadurez a madurez; es decir, se tiñen diferencialmente, las células inmaduras son ligeramente basófilas y acidófilas cuando maduran. Esto ayuda en la observación de los anillos de células que se forman cuando tienen aproximadamente el mismo grado de madurez. Las células germinales primarias y espermatogonias varían de coloraciones rosáceas hasta azuladas (ligeramente acidófilas); mientras que las espermatogonias y espermatoцитos que tienen poco citoplasma se tiñen de tonalidad azulada, el núcleo es granular, lobulado y algunas veces con claros nucleares (reticulado) de coloración más intensa. Las espermátidas y espermatozoides son de afinidad acidófila con núcleos picnóticos, a excepción de los espermatozoides cuyas colas adquieren un color rosa (eosinófilo) (Figuras 7 y 20).

Este estadio de inmadurez termina cuando las proporciones de abundancia de tipos celulares inmaduros sólo representan aproximadamente un 10% del contenido folicular (Figura 20).

El espacio interfolicular disminuye en la medida que los folículos se ensanchan al aumentar el volumen gonádico (Figuras 7, 17, 18, 19 y 20).

Estadios de inmadurez:

Md 1 (Machos en desarrollo estadio 1).- Se encuentran predominantemente células germinales primarias (cg), espermatogonias (eg) y pocos espermatozoides (ep). Sólo se pueden diferenciar sexos en este nivel en el caso de encontrarse espermatogonias y los espermatozoides que no tienen un nucleolo visible. La presencia de fagocitos en la periferia e interior del sistema digestivo es normal en este estadio (Figuras 7 y 17).

Md 2 (Machos en desarrollo estadio 2).- Se forman anillos concéntricos con las células más maduras hacia la luz del folículo. Cada anillo de tipos celulares disminuye en grosor en sentido centrífugo. Se observan predominantemente espermatozoides y espermatogonias con pocas espermátidas (et) y espermatozoides (ez) (Figuras 7 y 18).

Md 3 (Machos en desarrollo estadio 3).- Casi todo el espacio está ocupado por bandas de espermatogonias en un 50% del contenido folicular y las espermátidas y esperma en el resto del folículo, pero con pocas colas. Las espermátidas y esperma no tienen citoplasma; en las espermátidas el núcleo es reticulado pero picnótico y en el esperma el núcleo no es reticulado y muy picnótico (Figuras 7 y 19).

Md 4 (Machos en desarrollo estadio 4).- Se observan casi exclusivamente espermátidas y espermatozoides en un 80% del contenido folicular. Los espermatozoides están en el centro

del folículo y pocas espermatidas hacia las paredes del folículo. Se pueden observar espermatogonias en las zonas cercanas a la pared del folículo en una cantidad aproximada del 20 % del material gamético (Figuras 7 y 20).

Etapa de madurez:

En este periodo todos los folículos tienen el mismo tipo de células (espermatidas y espermatozoides), con aproximadamente <10% de células inmaduras. Todas las espermatidas y cabezas de espermatozoides tienen una coloración nuclear picnótica y una alta concentración de colas de espermatozoides de coloración eosinófila hacia la luz del folículo (Figuras 7 y 21).

Estadio de madurez:

Md 5 (Machos en desarrollo estadio 5).- Casi exclusivamente espermatozoides de un diámetro aproximado de 1.1 μm , con las colas ubicadas hacia el centro del folículo. Hay pocas espermatidas (10%) y espermatogonias ocasionales (Figuras 7 y 21).

Etapa de Desove:

Al iniciarse el proceso del desove, la luz de los folículos comienza a ser notoria, hay una gran concentración de colas de espermatozoides y zonas en las que se encuentran espermatozoides en varios niveles de la luz del folículo, es decir, espermatozoides o grupos de ellos desprendidos y entrelazados con las demás colas de espermatozoides. Conforme avanza el desove, la luz folicular aumenta o bien disminuye el tamaño folicular. Cuando el espacio interfolicular se incrementa, el tejido conectivo es laxo

y discontinuo, hasta el punto en que los folículos pueden llegar a contener sólo unas pocas células espermáticas o bien el inicio de la regresión si el desove no fue total o intenso (Figuras 7 y 22).

Estadio de desove:

Md 6 (Machos en desove estadio 6).- Folículos parcialmente vacíos, se observan muy pocos espermatozoides separados entre sí. Se puede perder la continuidad de la pared folicular, y formarse núcleos de espermatozoides con incremento del espacio intra e interfolicular (Figuras 7 y 22).

Etapas de regresión:

Los folículos pueden contener material espermático sin haber desovado e iniciar la reabsorción de los productos gaméticos o bien estar vacíos. En cualesquiera de los casos hay desprendimiento de la pared folicular del material sin desovar que se acumula en el centro del folículo junto a la presencia de fagocitos (fg) (algunos con núcleo lobulado) que inician la reabsorción del material (Figura 23). En las fases más avanzadas se observa sólo restos de material celular (rc) y líquido residual (lr), de coloración amarillenta a cafésosa hasta el grado en que no se puede discernir en gran parte del corte histológico el tipo celular que generó este material (óvulos o espermatozoides); también las paredes de los folículos generalmente son discontinuas (Figura 24).

Estadios de regresión:

Mr 7 (Machos en regresión estadio 7).- En los folículos, la masa de espermatozoides se observa discontinua, muchos fagocitos (fg) cercanos a las paredes del folículo (Figura 23).

Mr 8 (Machos en regresión estadio 8).- Se distinguen restos celulares espermáticos (rc), líquido residual (lr) y fagocitos; el sexo aún es determinable (Figura 24).

Etapa indiferenciable:

Esta etapa que incluye a "regresión total" (rt9) es sexualmente indiferenciable, no se puede reconocer con certeza el sexo del organismo al cual corresponde (Figura 25). El ciclo de maduración vuelve a iniciarse después que los organismos pasan por esta etapa y continúan en la etapa inmadura en el estadio d1 y en el sexo correspondiente. Por tanto la presencia de fagocitos en el primer estadio de inmadurez revela a los organismos que recientemente pasaron por el proceso de reabsorción de gametos.

Estadio de regresión total:

rt 9 (Regresión total estadio 9).- Sólo restos de material celular y líquido residual, no se puede distinguir el sexo de los individuos y en ocasiones se comienzan a observar algunos folículos con células inmaduras, para posteriormente reiniciar la gametogénesis (Figura 25).

Para conocer la distribución espacial y temporal de los diferentes estadios de madurez de todos los organismos de las muestras, se aplicó la escala anterior para clasificar y calcular los valores porcentuales de incidencias.

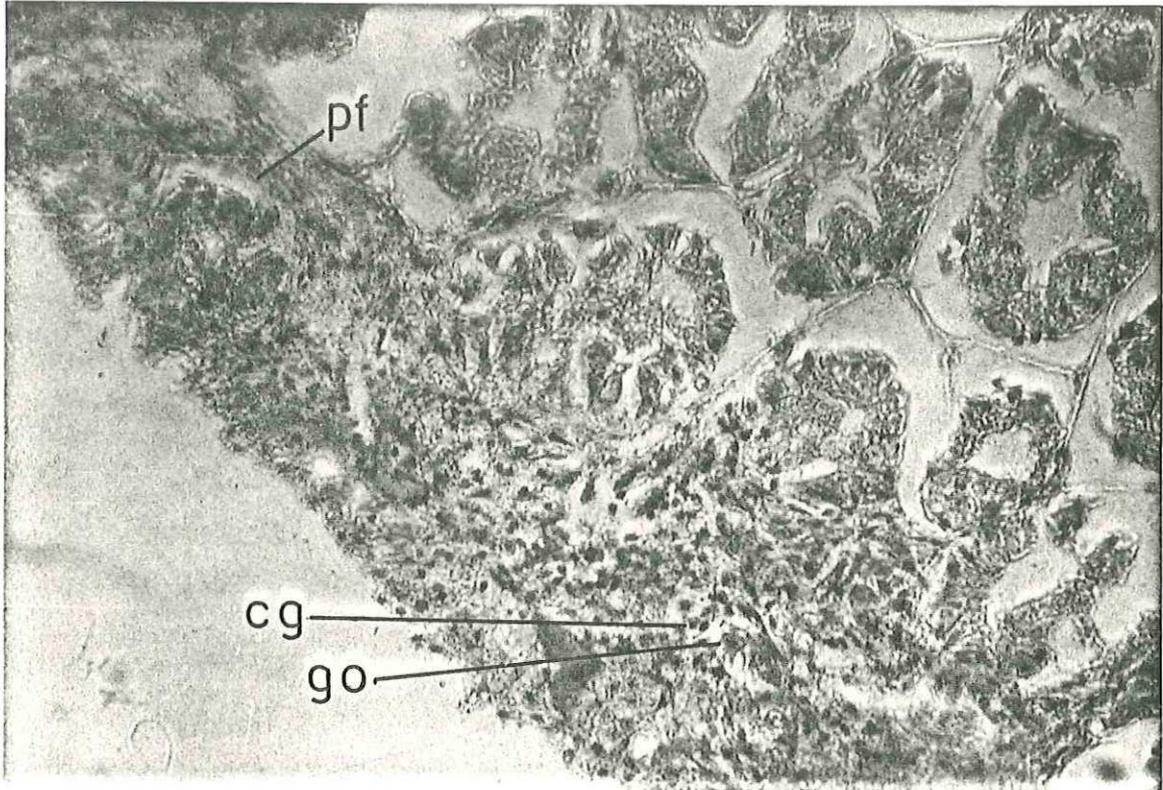


Figura 8. Organismo indiferenciado estadio 0 (0). Iniciación de la maduración, en la cual no se puede distinguir el sexo: cg, células germinales primarias; go, gonias; pf, pared folicular. 200 aumentos.

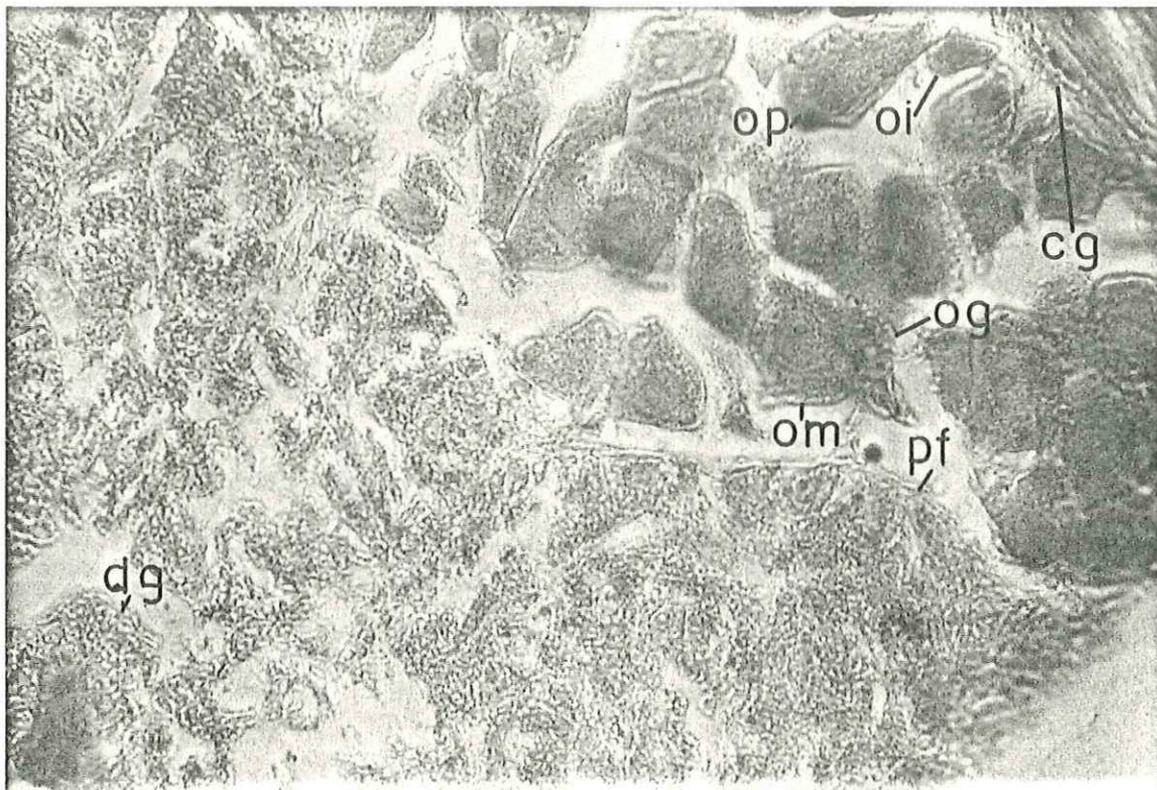


Figura 9. Gónada de una hembra en desarrollo estadio 1 (Hd 1): cg, células germinales primarias; dg, divertículo digestivo; oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; og, ovogonias; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 200 aumentos.

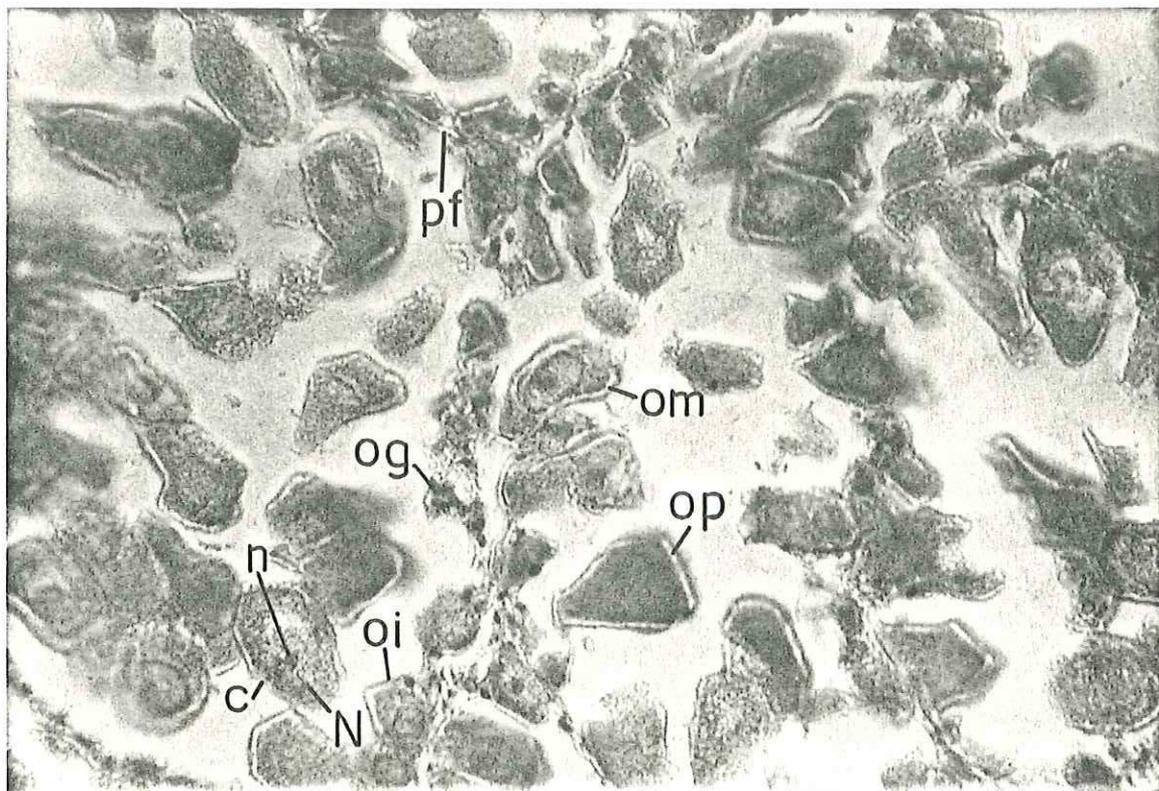


Figura 10. Gónada de una hembra en desarrollo estadio 2 (Hd 2): c, citoplasma; n, nucleolo; N, núcleo; oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; og, ovogonias; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 200 aumentos.

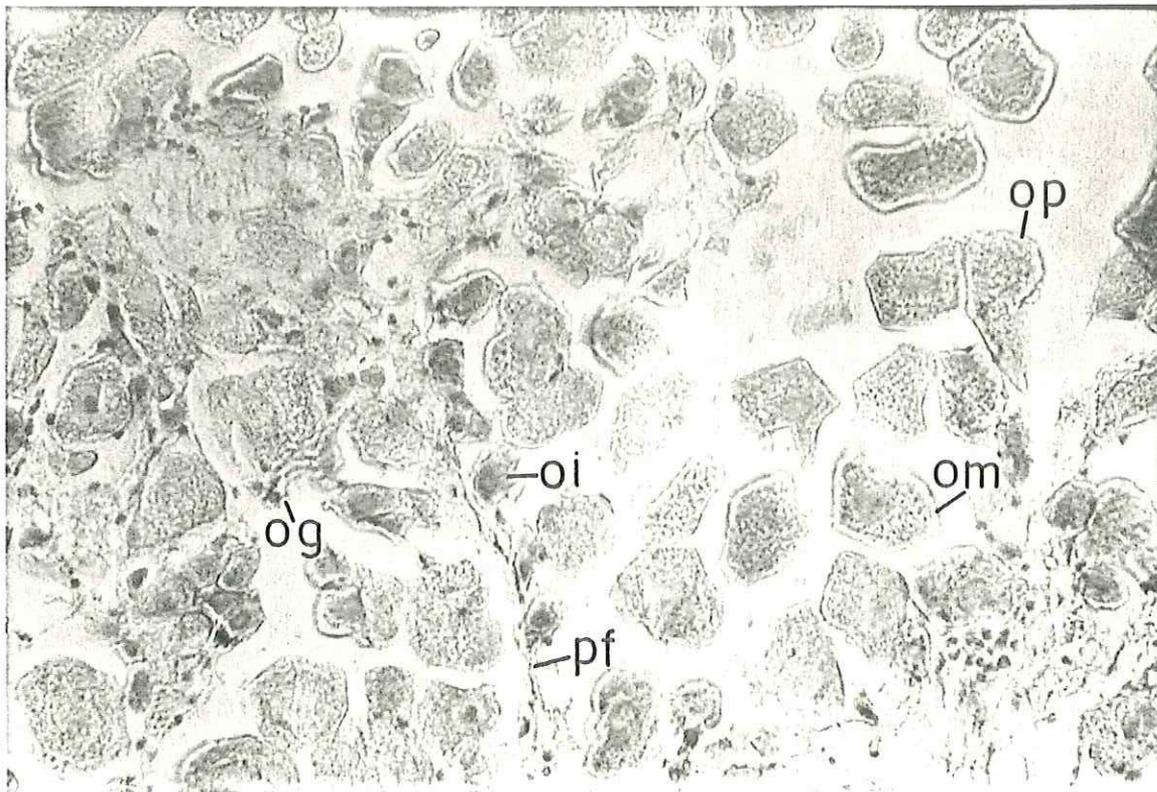


Figura 11. Gónada de una hembra en desarrollo estadio 3 (Hd 3): oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; og, ovogonias; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 200 aumentos.

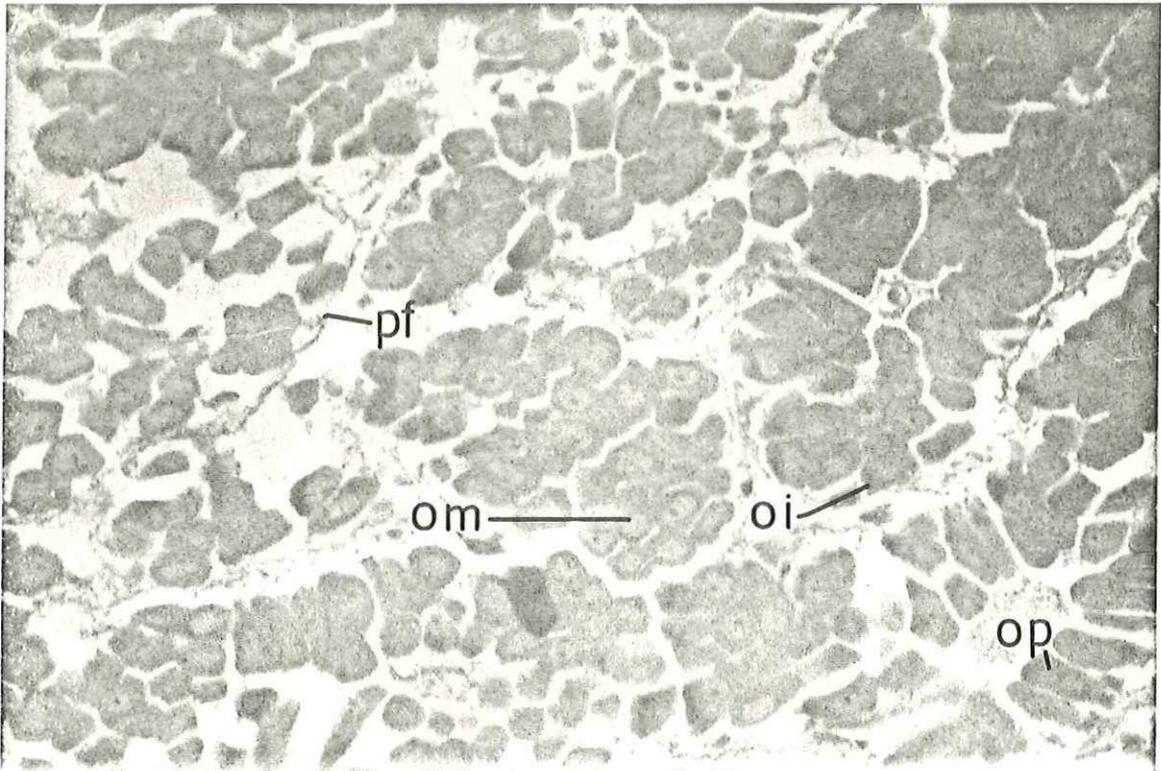


Figura 12. Gónada de una hembra en desarrollo estadio 4 (Hd 4): oi, ovocitos inmaduros; om, óvulo maduro; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 10X.

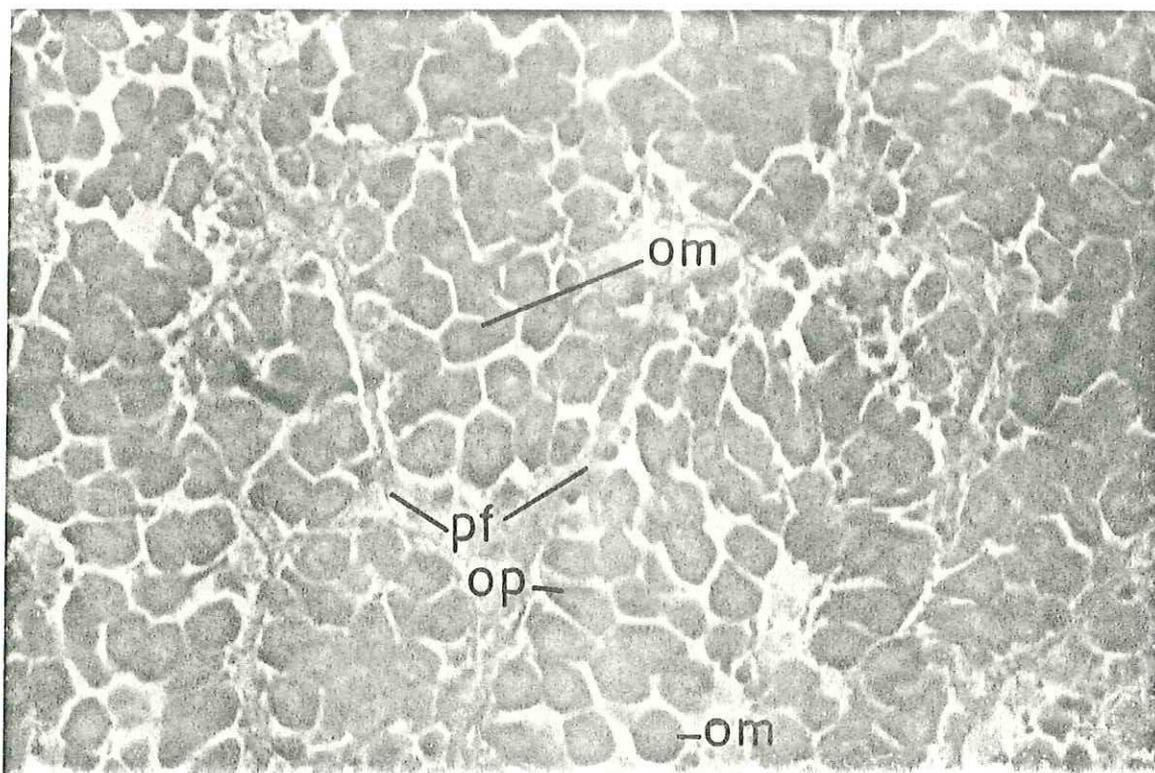


Figura 13. Gónada de una hembra en desarrollo estadio 5 (Hd 5): om, óvulo maduro; op, ovocito piriforme; pf, pared folicular. 10X.

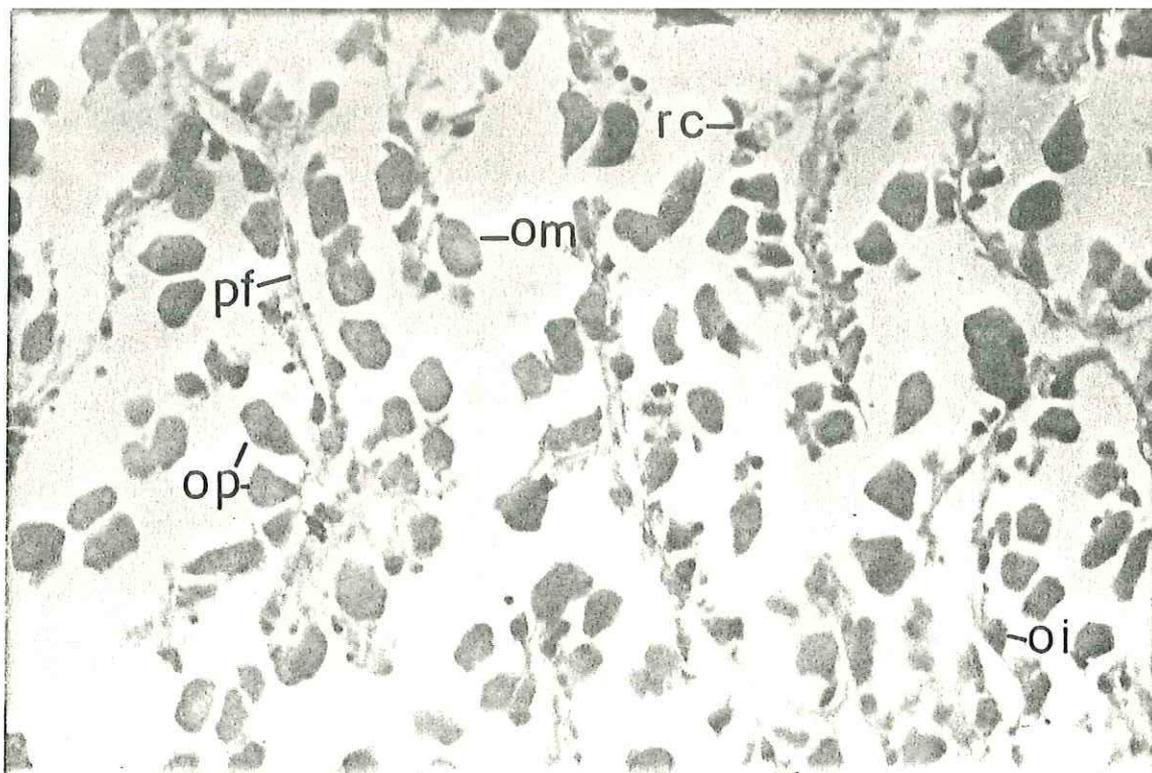


Figura 14. Gónada de una hembra en desova estadio 6 (Hd 6): oi, ovocito inmaduro; om, óvulo maduro; op, ovocitos piriformes; rc, restos celulares; pf, pared folicular. 10X.

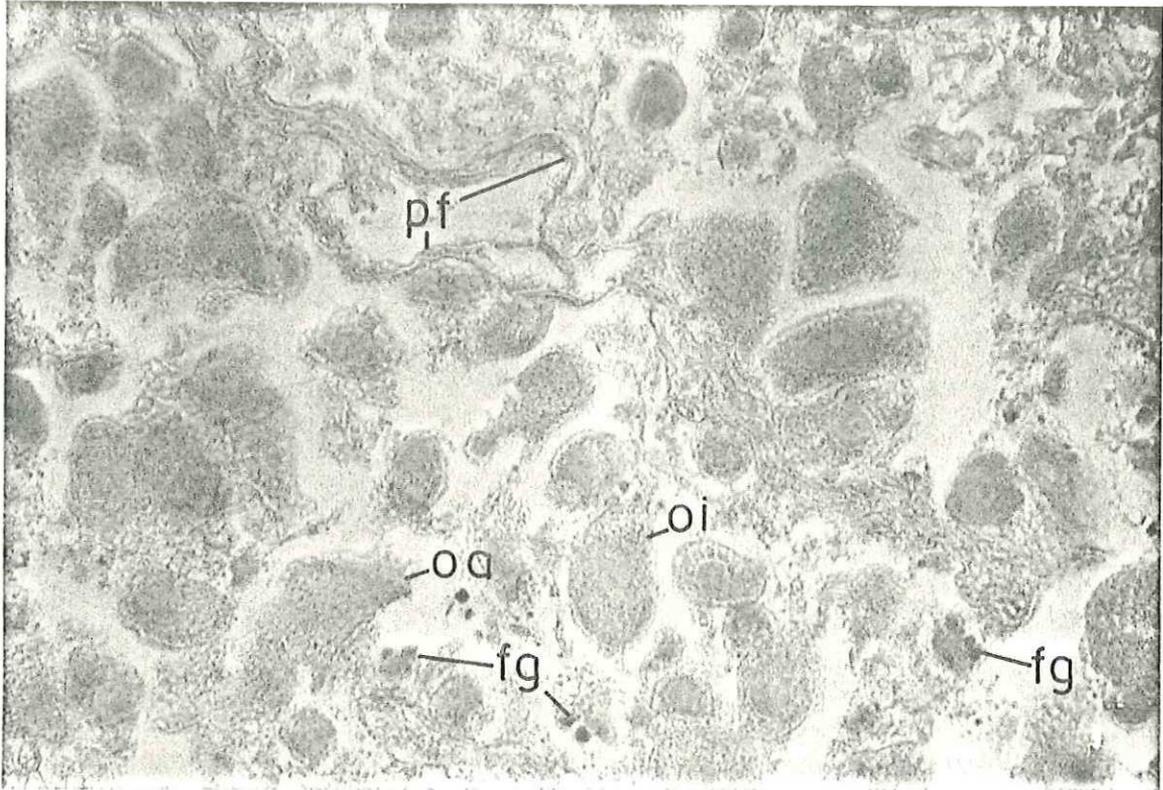


Figura 15. Gónada de una hembra en regresión estadio 7 (Hr 7). Las células contenidas pueden estar parcialmente lisadas, el corte muestra regresión, pero el organismo no tuvo un desove tan intenso como el cuadro anterior: fg, fagocitos; oa, óvulo atrésico; oi, ovocito inmaduro; pf, pared folicular. 200 aumentos.

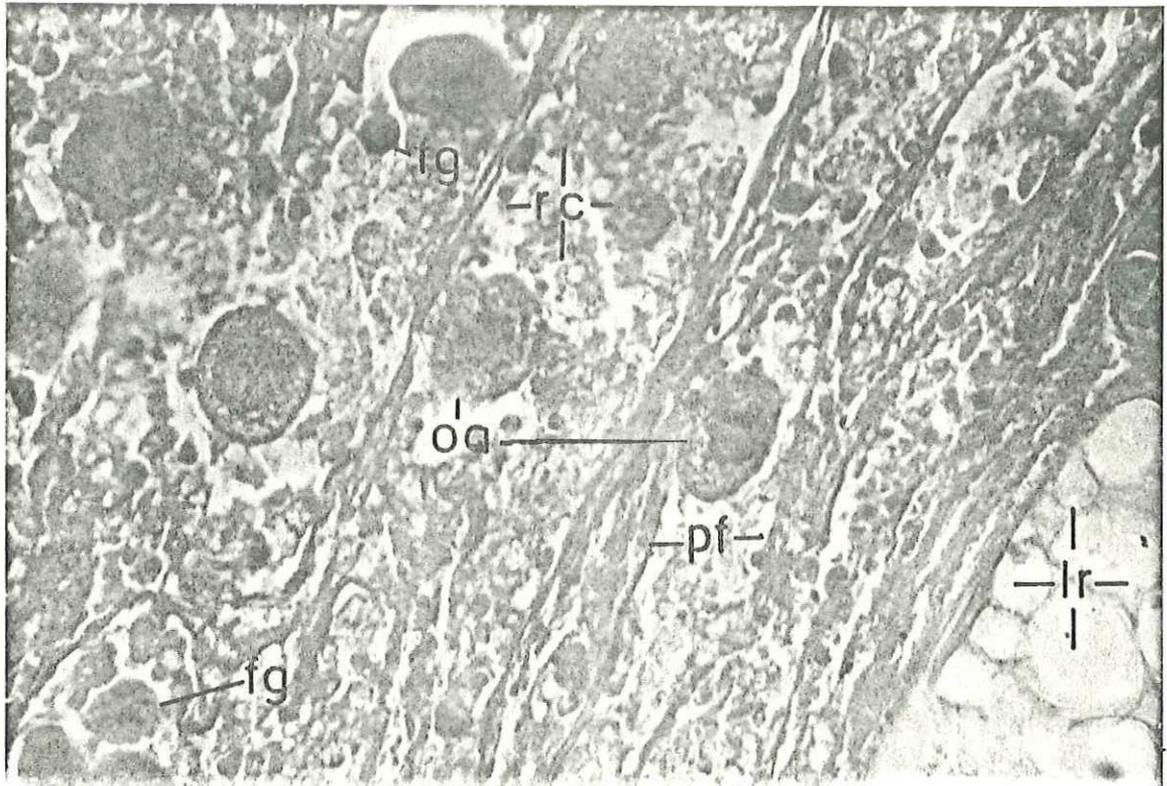


Figura 16. Gónada de una hembra en regresión estadio 8 (Hr 8). Prácticamente sólo se observan restos de gametos y células gaméticas ocasionales: fg, fagocitos; lr, líquido residual; oa, óvulo atrésico; rc, restos celulares; pf, pared folicular. 200 aumentos.

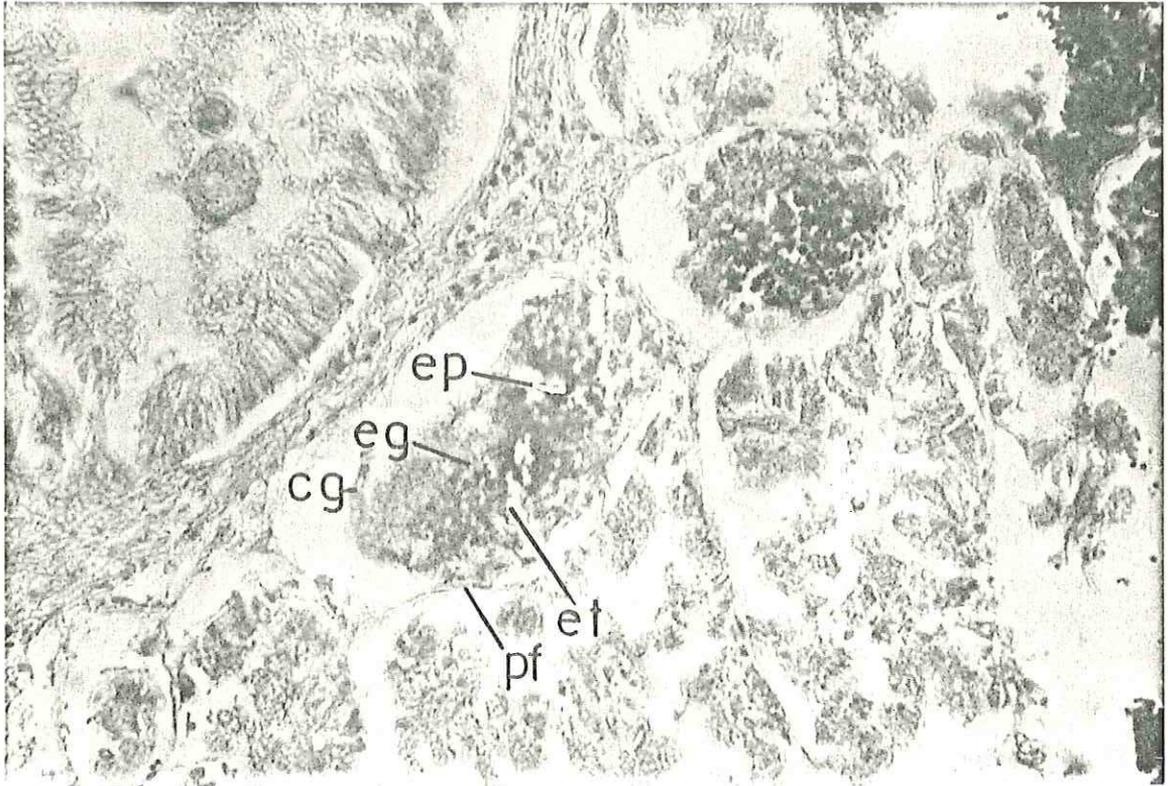


Figura 17. Gónada de un macho en desarrollo estadio 1 (Md 1): cg, células germinales primarias; eg, espermatogonia; ep, espermatocitos; et, espermátidas; pf, pared folicular. 200 aumentos.

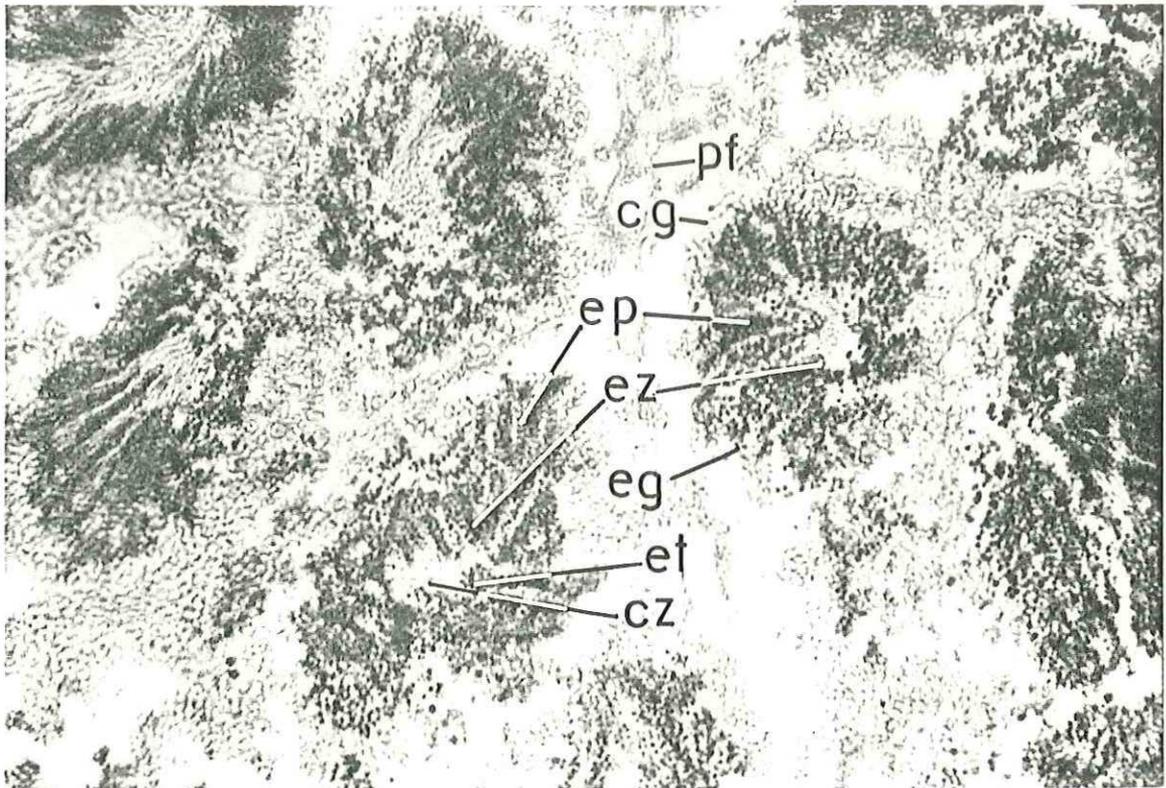


Figura 18. Gónada de un macho en desarrollo estadio 2 (Md 2): cg, células germinales primarias; cz, colas de espermatozoides; eg, espermatogonia; ep, espermatocitos, et, espermátidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 200 aumentos.

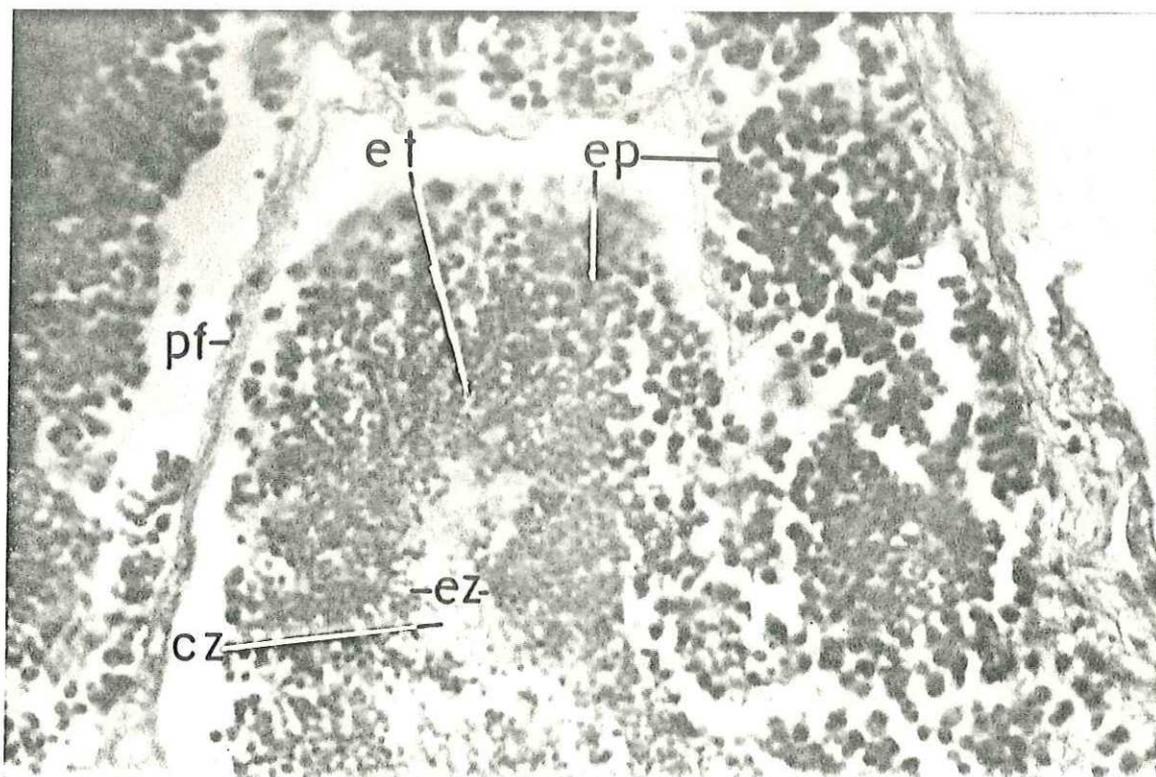


Figura 19. Gónada de un macho en desarrollo estadio 3 (Md 3): cz, colas de espermatozoides; ep, espermatoцитos, et, espermátidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 40X.

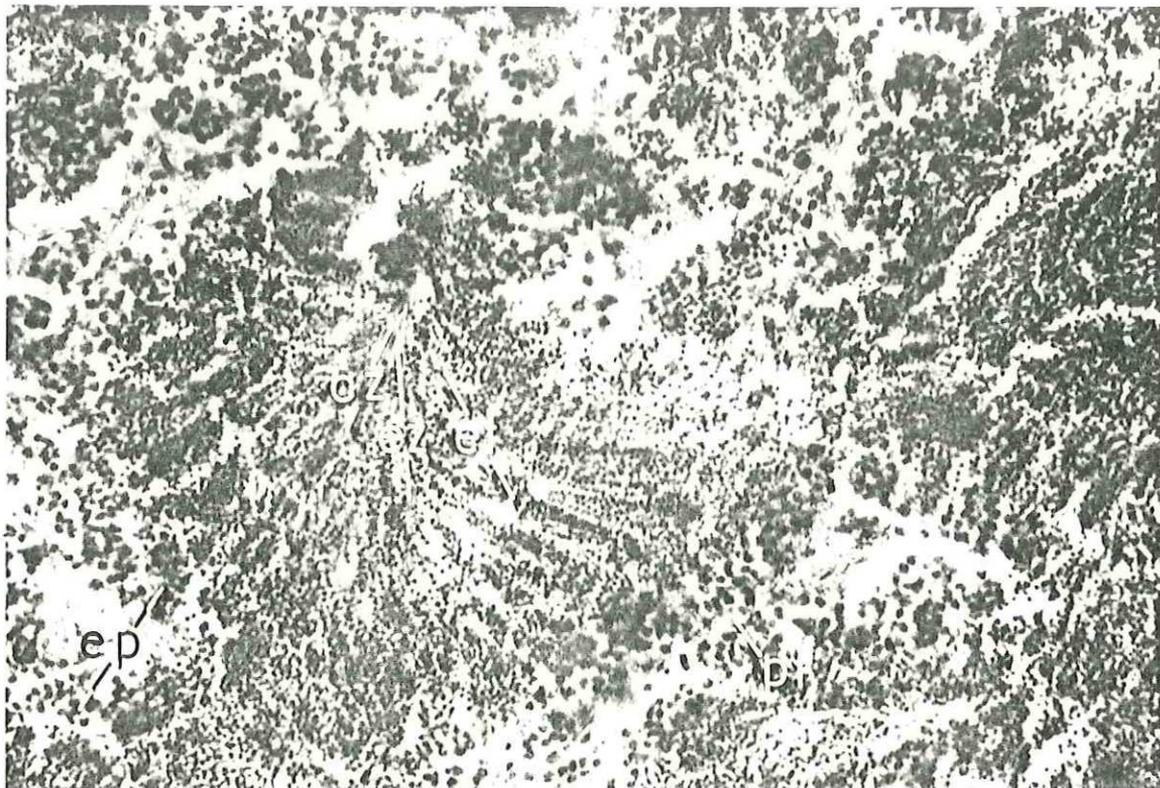


Figura 20. Gónada de un macho en desarrollo estadio 4 (Md 4): cz, colas de espermatozoides; ep, espermatocitos; et, espermatidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 200 aumentos.



Figura 21. Gónada de un macho en desarrollo estadio 5 (Md 5): cz, colas de espermatozoides; ep, espermatocitos; et, espermatidas; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 200 aumentos.

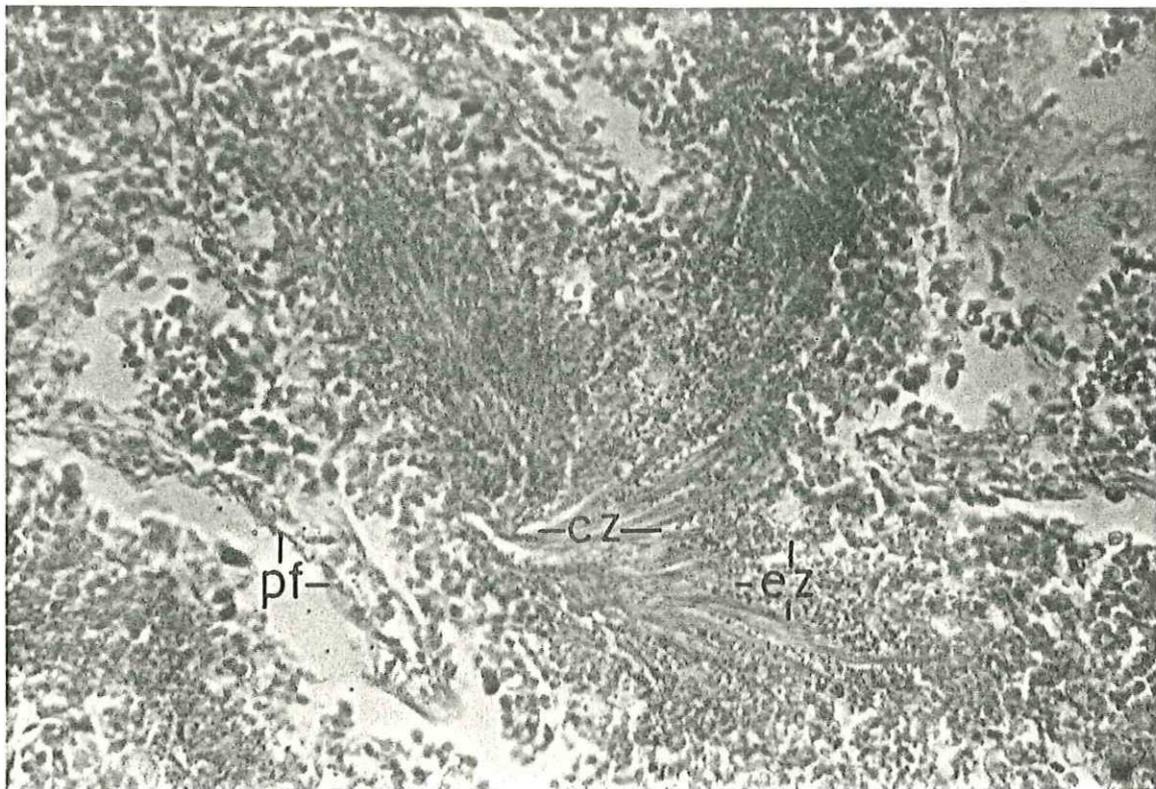


Figura 22. Gónada de un macho en desove estadio 6 (Md 6): cz, colas de espermatozoides; ez, espermatozoides; pf, pared folicular. 500 aumentos.

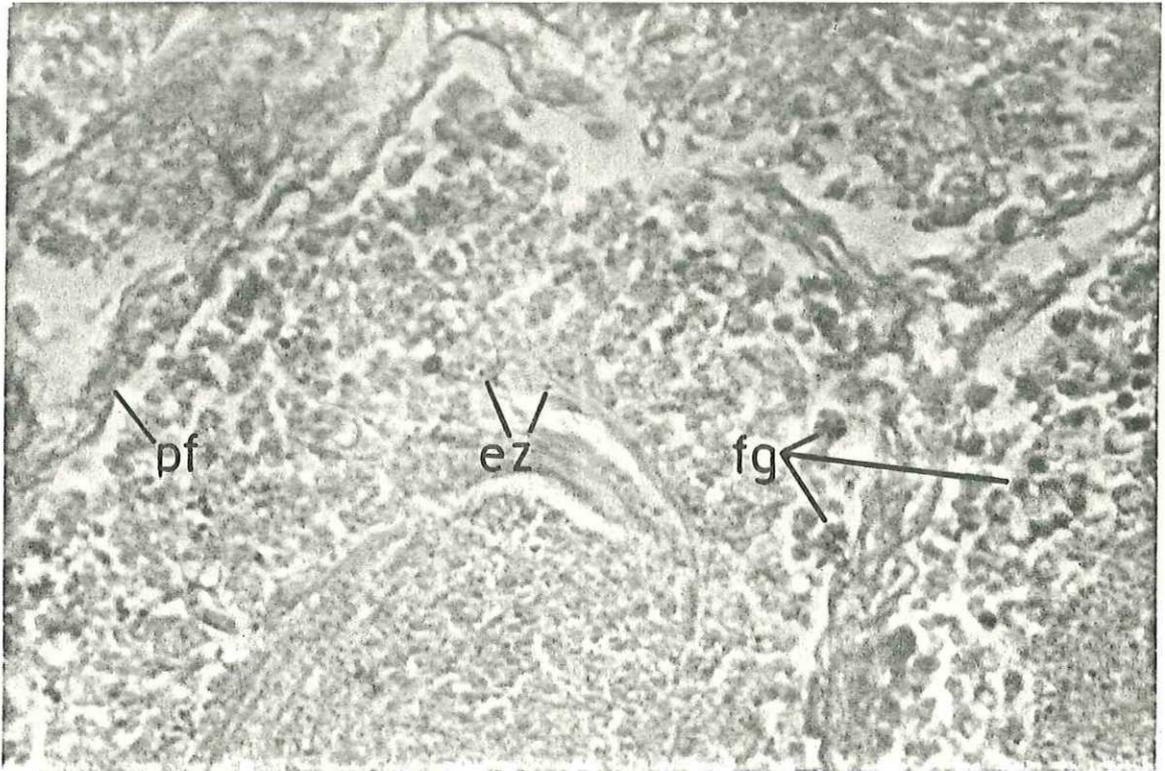


Figura 23. Gónada de un macho en regresión estadio 7 (Mr 7). Los restos espermáticos están dirigidos hacia el centro del folículo, formando un núcleo de restos celulares y por la parte periférica de este núcleo empiezan a aparecer fagocitos: ez, espermatozoides; fg, fagocitos; pf, pared folicular. 40X.



Figura 24. Gónada de un macho en regresión estadio 8 (Mr 8). Sólo se observan pocos restos celulares y líquido residual: lr, líquido residual; rc, restos celulares. 10X.



Figura 25. Gónada en regresión total estadio 9 (rt 9). Ocurrida después de un desove, en la cual no se puede distinguir el sexo; lr: líquido residual; pf, pared folicular. 200 aumentos.

V.3. Proporción sexual.

La proporción de sexos en general fue de 1.19:1, pero a través de los muestreos varió con predominancia de hembras (Tabla II).

V.4. Distribución temporal de los estadios gonadales de *Pteria sterna*.

Para comprender mejor la evolución anual del ciclo de madurez de *Pteria sterna* los organismos fueron asignados a cada uno de los estadios de madurez (Figura 6), para reconocer la distribución del proceso de maduración poblacional, particularmente porque en la naturaleza la fijación de las larvas es un proceso secuencial. De hecho la cohorte que se analizó se fijó en las estructuras captadoras en el transcurso de dos meses (Julio y Agosto). La tabla III señala la distribución en donde el estadio de regresión total (rt 9), son los organismos totalmente indiferenciados a causa de la intensa regresión que se observa en ellos, posiblemente a un desove anterior o a la interrupción del ciclo de maduración por factores ambientales.

Con los datos porcentuales de los estadios d 5, d 6 y d 7 de ambos sexos, se definieron los periodos de desove, o muy próximo a él. Existen organismos desovantes fuera de los recuadros marcados en la Figura 26, que por lo general son hembras de muy temprana edad que maduran prematuramente y que no gravitan dentro de la población analizada. En algunos casos los porcentajes de ocurrencias de la Tabla III fueron iguales en diferentes estadios de madurez en un mismo muestreo, y ya que éstos son parte importante de la población, al graficarlos en la Figura 26 aparecen como dos o más puntos en un mismo muestreo.

V.5. Parámetros físicos y biológicos.

V.5.1. Temperatura del agua e índice de condición (I. C.).

"La temperatura del agua es la principal variable ambiental que afecta la condición de los moluscos bivalvos. El índice de condición es una respuesta fisiológica de los organismos hacia el factor estresante que se expresa como incrementos o decrementos de esta condición (Bayne, 1975)". También define el estado de condición como la capacidad de un organismo para soportar estrés ambiental adverso y a estrés como una alteración cuantificable del estado estable, citológico, bioquímico, etológico o fisiológico de un organismo, comunidad o población. Por tanto, para evaluar este cambio a través del tiempo se calcula el índice de condición que es un valor que refleja la respuesta fisiológica de los organismos. Otros factores ambientales estresantes son la salinidad, las enfermedades, la exposición a desecación, inanición y otros.

De los mismos organismos, Bückle *et al.*, (1992) calculó el índice de condición y los comparó con la temperatura del agua de Bahía de Los Angeles. Este índice en la Figura 27, demuestra que conforme desciende la temperatura cuando se acerca el invierno boreal aumenta el valor del índice de condición y cuando se acerca el verano éste disminuye. En la primera parte de la gráfica al acercarse el invierno, los individuos en su mayoría no han llegado a la primera madurez pero hay pocos organismos en estadios maduros; ya en el invierno, estos valores de condición se incrementan de manera acelerada con una importante parte de la población en estadios maduros y finalmente al incrementarse las temperaturas

nuevamente hacia el verano el valor del índice de condición disminuye causado por el desove de los organismos (Tabla III, figura 27); Este comportamiento fue observado por Tranter (1958 III), para *Pinctada albina* una especie similar pero del hemisferio austral.

Tabla II. Número y proporción de sexos de organismos analizados histológicamente.

Fecha	Organismos por muestreo	Hembras	Machos	Indiferenciados	Proporción sexual (H:M)
1987					
Agosto	28	12	15	1	0.80:1
Octubre	85	34	51	0	0.66:1
Diciembre	48	29	19	0	1.53:1
1988					
Febrero	68	40	28	0	1.43:1
Abril	81	44	33	4	1.33:1
Junio	51	30	18	3	1.66:1
Agosto	15	11	4	0	2.75:1
Totales:	376	200	168	8	1.19:1

Tabla III. Frecuencias de ocurrencia de hembras y machos de *Pteria sterna*, en los diferentes estadios de madurez y sus valores porcentuales por muestreo.

Grado de madurez	Hembras		Machos	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Agosto de 1987.				
0	1	8.3	0	0.0
d 1	1	8.3	6	40.0
d 2	3	25.0	8	53.3
d 3	3	25.0	1	6.6
d 4	2	16.6	0	0.0
d 5	2	16.6	0	0.0
d 6	0	0.0	0	0.0
r 7	0	0.0	0	0.0
r 8	0	0.0	0	0.0
rt 9	0	0.0	0	0.0
Octubre de 1987.				
0	0	0.0	0	0.0
d 1	8	23.5	3	5.9
d 2	5	14.7	25	49.0
d 3	11	32.3	17	33.3
d 4	6	17.7	5	9.8
d 5	3	8.8	1	2.0
d 6	1	2.9	0	0.0
r 7	0	0.0	0	0.0
r 8	0	0.0	0	0.0
rt 9	0	0.0	0	0.0

**Continúa Tabla III
Diciembre de 1987.**

0	0	0.0	0	0.0
d 1	0	0.0	0	0.0
d 2	4	13.8	2	10.5
d 3	13	44.9	0	0.0
d 4	6	20.7	0	0.0
d 5	2	6.9	5	26.3
d 6	3	10.3	7	36.8
r 7	1	3.4	3	15.8
r 8	0	0.0	2	10.5
rt 9	0	0.0	0	0.0

Febrero de 1988.

0	0	0.0	0	0.0
d 1	0	0.0	0	0.0
d 2	0	0.0	0	0.0
d 3	0	0.0	0	0.0
d 4	3	7.5	0	0.0
d 5	15	37.5	0	0.0
d 6	7	17.5	10	35.7
r 7	12	30.0	8	28.6
r 8	3	7.5	10	35.7
rt 9	0	0.0	0	0.0

Continúa Tabla III
Abril de 1988.

0	0	0.0	0	0.0
d 1	0	0.0	1	3.0
d 2	3	6.8	2	6.0
d 3	7	15.9	4	12.1
d 4	0	0.0	0	0.0
d 5	0	0.0	0	0.0
d 6	0	0.0	2	6.1
r 7	10	22.7	14	42.4
r 8	24	54.5	10	30.3
rt 9	0	0.0	4	*

Junio de 1988.

0	0	0.0	0	0.0
d 1	0	0.0	0	0.0
d 2	0	0.0	0	0.0
d 3	1	3.3	0	0.0
d 4	0	0.0	0	0.0
d 5	1	3.3	0	0.0
d 6	6	20.0	2	11.1
r 7	15	50.0	10	55.5
r 8	7	23.3	6	33.3
rt 9	0	0.0	3	*

Continúa Tabla III
Agosto de 1988.

0	0	0.0	0	0.0
d 1	0	0.0	0	0.0
d 2	0	0.0	0	0.0
d 3	0	0.0	0	0.0
d 4	1	9.1	0	0.0
d 5	3	27.3	0	0.0
d 6	1	9.1	2	50.0
r 7	4	36.4	1	25.0
r 8	2	18.2	1	25.0
rt 9	0	0.0	0	0.0

* en estos muestreos existen organismos indiferenciados por regresión los cuales representan el 3.7 % de la muestra, sus datos y características se pueden observar en el Apéndice A.

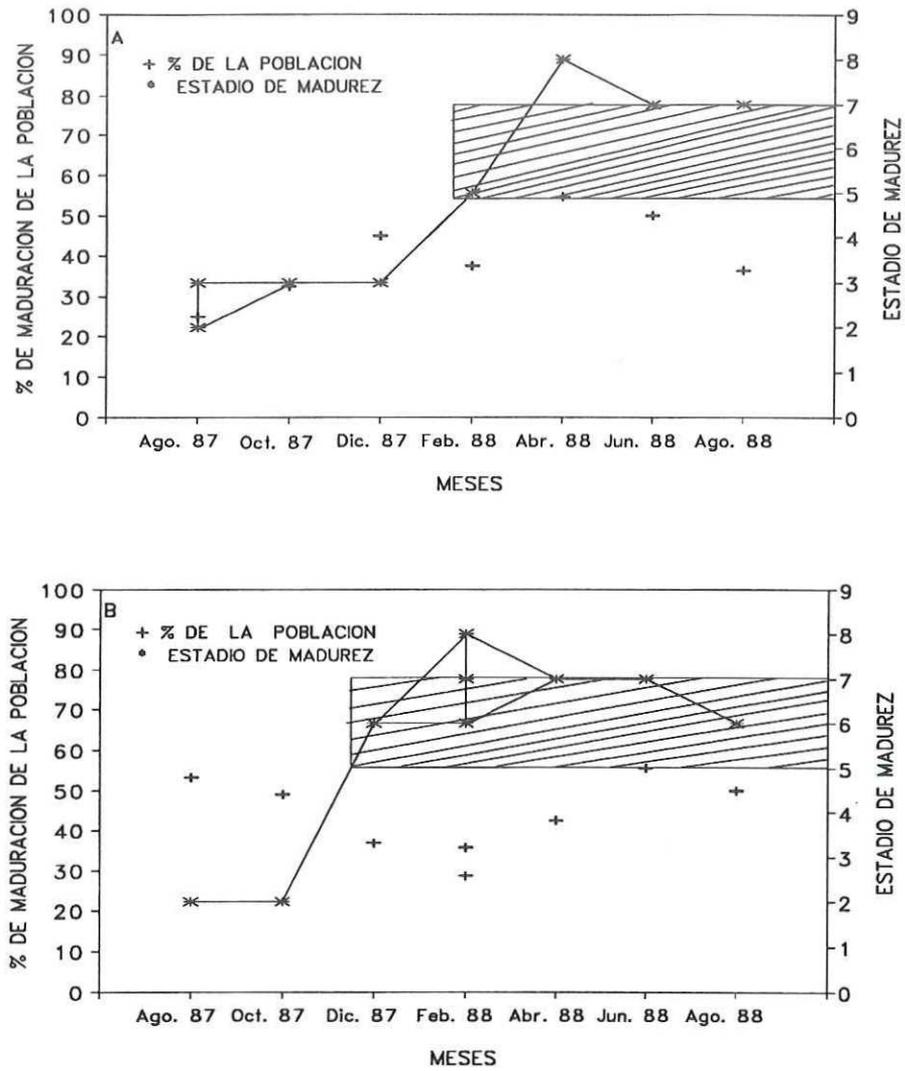


Figura 26. Porcentaje de las muestras de hembras (A) y machos (B) contenidos en estadios de liberación de gametos. El recuadro marca el periodo de desove que incluye los estadios d 5, d 6 y r 7 en el correspondiente sexo.

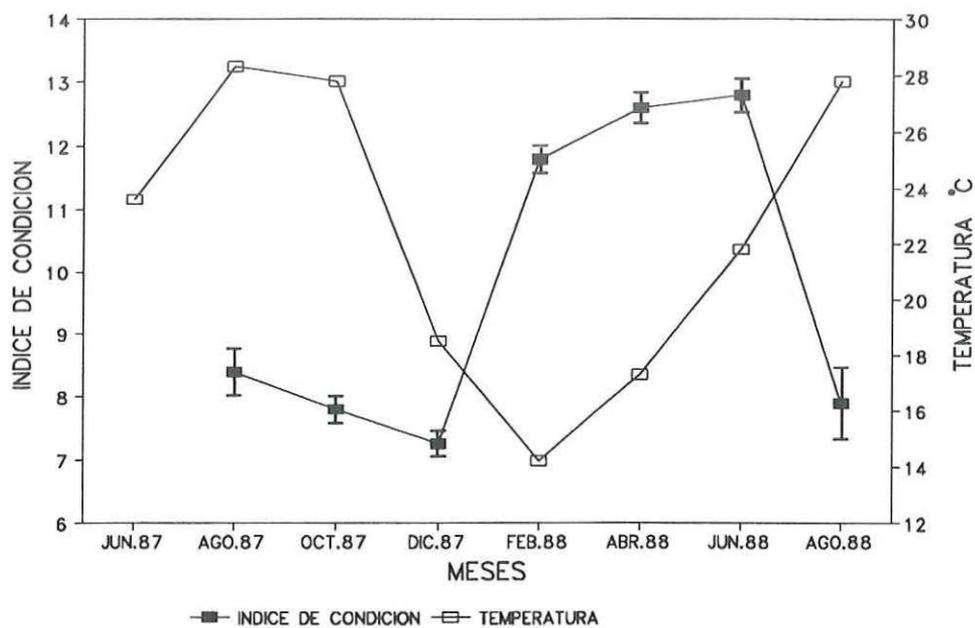


Figura 27. Índice de condición de *Pteria sterna* y temperatura del agua en Bahía de Los Angeles. Las barras en la curva del índice de condición indican los límites de confianza ($P < 0.05$), (Datos tomados de Bückle *et al.*, 1992).

V.5.2. Índice promedio de madurez (I. P. M.).

En el cálculo de estos índices, no se utilizaron los estadios 0 y rt 9 porque ambos son indistinguibles sexualmente.

El valor numérico de este índice fluctúa entre el número de estadios que componen la escala de maduración (Figura 6) e indica en que estadio promedio de maduración se encuentra la población analizada. Si el valor que se calcula se compone de decimales, entonces existe una dispersión de organismos en varios estadios de madurez, pero el valor medio de madurez es el valor entero del índice. Cuando el valor del índice es solamente un número entero, todos los organismos están incluidos dentro de un solo estadio de madurez, o bien, en los estadios superiores e inferiores con igual incidencia de organismos. Cuando el índice promedio de madurez es igual a uno de los otros índices (crecimiento gonadal o liberación de gametos), ya sea entero o fraccional, entonces uno de los índices que componen al de madurez es cero, esto es que todos los organismos están en crecimiento gonadal, liberación de gametos o en el periodo de crecimiento-liberación de gametos (d 5, d 6, r 7 respectivamente).

Un problema de este índice es que la distribución de estadios del muestreo analizado es afectada por los valores extremos o datos aislados (organismos que ya desovaron situados dentro de los primeros estadios de desarrollo en la segunda maduración y otro grupo aislado de organismos en liberación de gamentos de la primer maduración) lo cual dificulta la interpretación.

El comportamiento del índice promedio de madurez para ambos sexos durante el periodo de muestreo, marca al inicio del desarrollo de los organismos un valor bajo a causa de que los organismos son inmaduros y todavía no llegan a la primera madurez. En el invierno ocurre un incremento del valor que continúa hasta mediados de la primavera en el que hay un decremento especialmente en los machos. Finalmente el índice disminuye cuando los organismos se acercan a los niveles máximos de madurez y empiezan a desovar a finales de la primavera y el verano (Figura 28). El comportamiento anual del índice está marcadamente relacionado con la temperatura del agua y con el índice de condición (Figura 27).

V.5.3. Índice de crecimiento gonadal (I. C. G.).

El índice de crecimiento gonadal se calculó utilizando sólo los estadios incluídos en el desarrollo gonadal del estadio d 1 hasta el d 5 en el sexo respectivo.

Al descomponer el índice promedio de madurez de los dos sexos en el índice de crecimiento gonadal, éste se comporta de manera muy similar a la temperatura. Cuando las temperaturas bajan en el invierno, el crecimiento gonadal disminuye drásticamente porque los productos sexuales llegan a un estadio de desarrollo en el que casi no hay crecimiento o división celular, es decir están en vitelogenesis (formación de vitelo en óvulos), maduración y diferenciación (en óvulos y espermatozoides), por tanto la población entra en estadios de liberación de gametos. Lo anterior también se apoya por la ocurrencia de otros organismos en las etapas de regresión, inmadurez y madurez en un segundo ciclo

de maduración (Tabla III); y en consecuencia este índice se mantiene bajo por el resto del tiempo hasta el verano en que se incrementa porque los organismos en su mayoría están ya desovados y vuelven a iniciar la maduración de gametos (Figura 29).

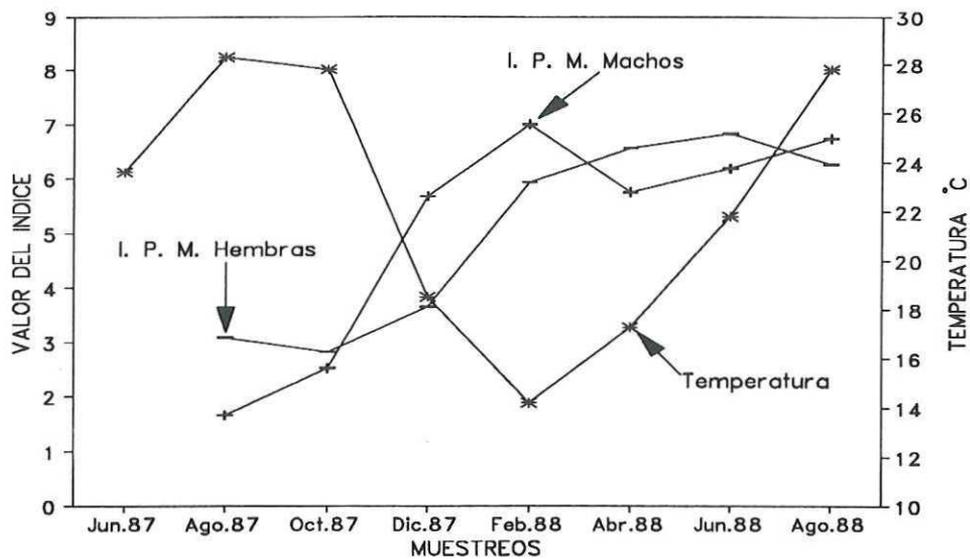


Figura 28. Comportamiento del índice promedio de madurez (I. P. M.) para ambos sexos con respecto a la temperatura a través del periodo de muestreo.

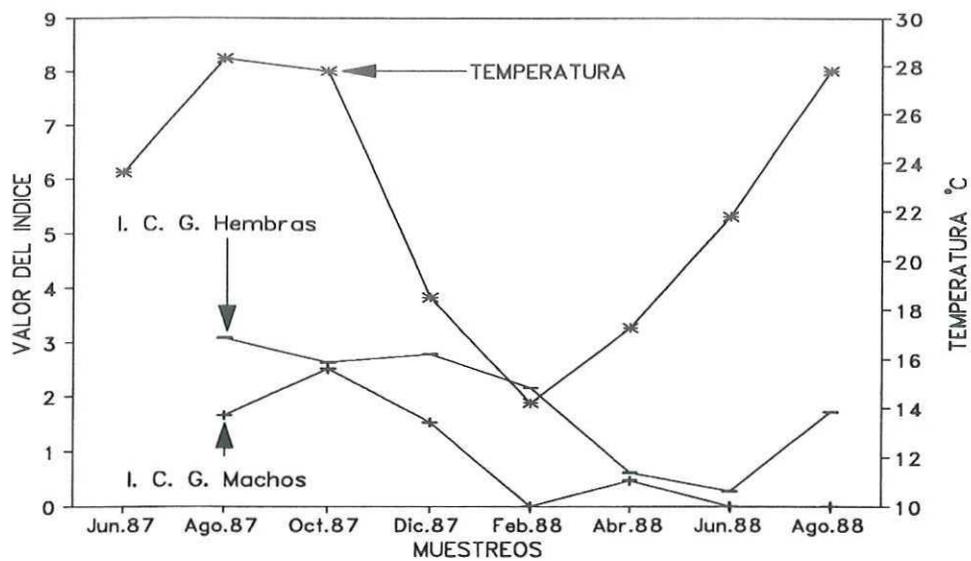


Figura 29. Comportamiento del índice de crecimiento gonadal (I. C. G.) para ambos sexos con respecto a la temperatura a través del periodo de muestreo.

V.5.4. Índice de liberación de gametos (I. L. G.).

La fracción de liberación de gametos calculada con los estadios d 6, r 7 y r 8 en el respectivo sexo, indica cuando los organismos, hembras y machos llegan a la primera madurez. En este caso, las hembras son las primeras que maduran a los cuatro meses de edad (octubre); mientras que los machos a los 6 meses de edad (diciembre) (Tabla III). El comportamiento de este índice a lo largo del periodo de muestreo es influenciado por la temperatura de igual manera que el índice promedio de madurez. Los valores del índice son muy cercanos a los valores del índice promedio de madurez sobre todo a partir del invierno hasta inicios del verano, porque la mayoría de los organismos están desovando (Figura 30). Este índice tiene un comportamiento similar al factor de condición (Figura 27).

V.6. Relación entre las variables.

Con las características de los organismos analizados se puede calcular de manera práctica el estadio gonádico de *Pteria sterna* si se consideran las mediciones del eje de crecimiento máximo promedio (sin descartar los valores máximos y mínimos de la Tabla I) y la temperatura media del agua, mediante un cuadro sinóptico con las características de los organismos (Tabla IV).

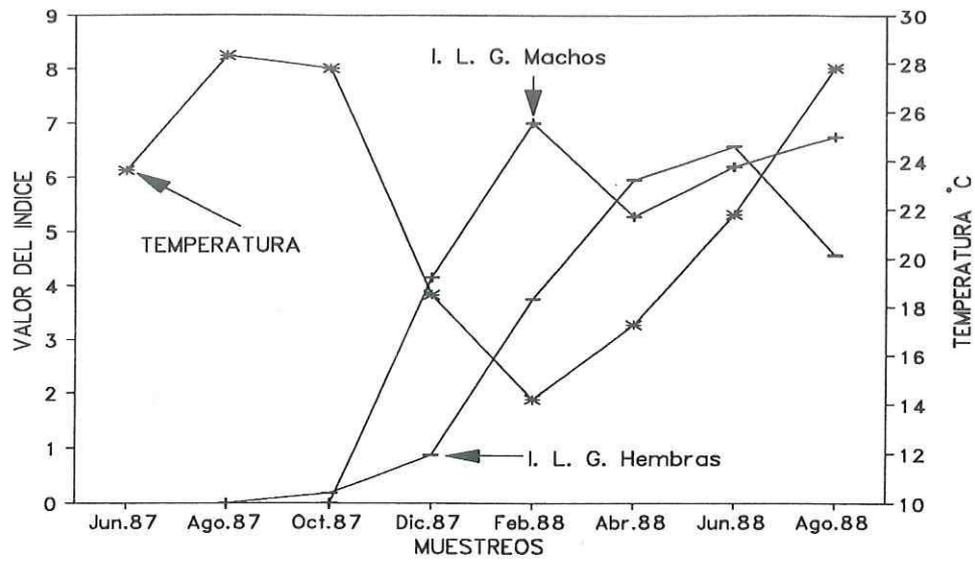


Figura 30. Comportamiento del índice de liberación de gametos (I. L. G.) para ambos sexos con respecto a la temperatura a través del periodo de muestreo.

Tabla IV. Cuadro sinóptico de variables que sirven para calcular el estadio de madurez gonadal de *Pteria sterna* en base a la edad, eje de crecimiento máximo de los organismos y otros parámetros biológico-ambientales por sexos. I. C., índice de condición; E. C. M., eje de crecimiento máximo; I. P. M., índice promedio de madurez; I. C. G., índice de crecimiento gonadal; I. L. G., índice de liberación de gametos.

Edad meses	Mes observado	Temp. °C \bar{X}	I.C. \bar{X}	Sexo	E.C.M cm \bar{X}	I.P.M. \bar{X}	I.C.G. \bar{X}	I.L.G. \bar{X}	Estadio
2	Agosto	28.3 [0.48]	8.25 [0.38]	Indif.	1.75	0.00	0.00	0.00	0
				Hembra	1.39	2.83	2.83	0.00	Hd2, Hd3
				Macho	1.27	1.66	1.66	0.00	Md2
4	Octubre	27.8 [0.78]	7.42 [0.21]	Hembra	3.49	2.82	2.64	0.17	Hd3
				Macho	3.19	2.52	2.52	0.00	Md2
6	Diciembre	18.5 [0.70]	7.34 [0.20]	Hembra	5.82	3.65	2.79	0.86	Hd3
				Macho	5.18	5.68	1.52	4.15	Md6
8	Febrero	14.2 [0.37]	11.39 [0.26]	Hembra	6.98	5.92	2.17	3.75	Hd5
				Macho	6.65	7.00	0.00	7.00	Md6
10	Abril	17.3 [0.69]	12.61 [0.24]	Hembra	7.32	6.56	0.61	5.95	Hr8
				Macho	7.08	6.50	0.47	6.02	Mr7
				No Dif.	7.14				rt9
12	Junio	21.8 [1.84]	12.74 [0.26]	Hembra	8.10	6.83	0.26	6.56	Hr7
				Macho	7.66	7.47	0.00	7.47	Mr7
				No Dif.	8.06				rt9
14	Agosto	27.8 [0.90]	7.88 [0.58]	Hembra	9.76	6.27	1.72	4.54	Hr7
				Macho	8.90	6.75	0.00	6.75	Md6

V.7. Reclutas de *Pteria sterna*.

Bückle et al., (1992) observó cuatro fijaciones de reclutas de *Pteria sterna* a la balsa experimental en el ciclo de muestreo (Figura 31). En junio de 1987 se produjo una gran cantidad de reclutas que se asentaron en la balsa; posteriormente el número disminuyó manteniéndose bajo a pesar de que la temperatura decrece y el índice de liberación de gametos es alto. La baja captación de reclutas en junio de 1988 con respecto a junio del año anterior puede ser debida a que los productos de los desoves (huevo, larva, prodisoconcha, etc.) de esta especie fueron derivadas por las corrientes marinas y llevadas fuera del sistema de Bahía de Los Angeles, lo cual es apoyado por Serrano (1992) en donde sus cálculos definen que la renovación del agua del sistema en invierno es de ~10 días con vientos del NO y un esfuerzo (τ) de $0.03984 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$.

No existe una relación aparente temperatura versus número de larvas, debido a que el desarrollo larvario tarda aproximadamente un mes (dependiendo de la temperatura), por lo tanto, la deriva larvaria evita el asentamiento de los organismos producidos en el mismo sistema de Bahía de Los Angeles. En consecuencia la fijación de estos organismos corresponde a una población desovante foránea que se desarrolló durante la deriva y asentó cuando fueron llevados por las corrientes que penetraron a la Bahía de Los Angeles y se fijaron al sistema captador de semilla. Existen otros factores que pueden afectar la distribución y abundancia de la especie, por ejemplo las anomalías térmicas causadas por el fenómeno de El Niño o las surgencias, que controlan la calidad y abundancia del material alimenticio.

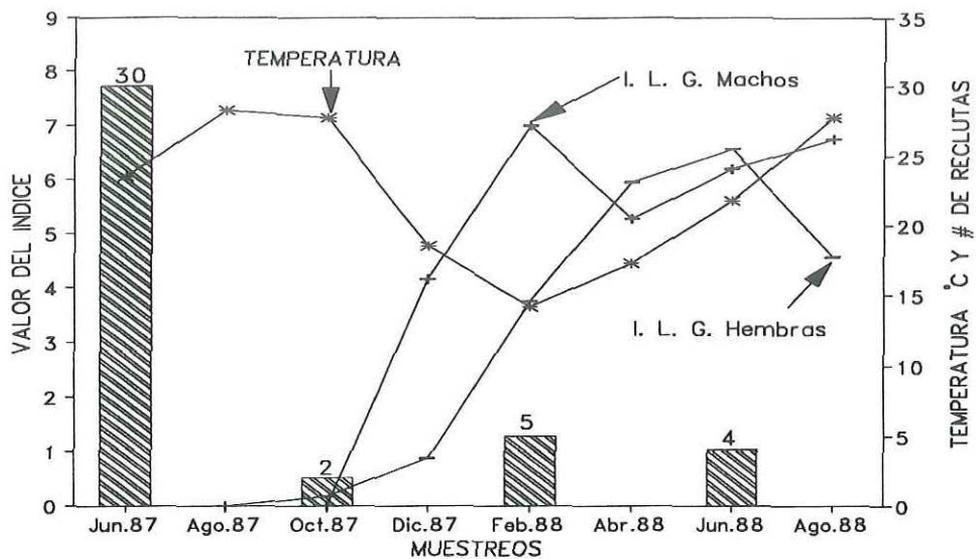


Figura 31. Reclutas de *Pteria sterna* fijadas a la balsa durante el periodo experimental, índices de liberación de gametos y temperatura del agua en Bahía de Los Angeles, B. C.

VI. DISCUSION.

Al iniciar esta investigación se pensaba emplear la escala que utilizó Tranter (1958 II) desarrollada por Kesteven (1945) descrita originalmente para *Crassostrea commercialis*, y que Tranter ajustó a las características histológicas de *Pinctada albina*. Esta escala está compuesta por cinco estadios gonadales de maduración y tres de regresión; los estadios están determinados por el tipo de células que predomina dentro del folículo. (Rose et al., 1990) con *Pinctada maxima* utiliza la misma escala de Tranter pero ninguno de los dos convergen en las mismas características que tienen en los cortes histológicos típicos de cada estadio de madurez, por lo tanto queda un enorme espacio en cuanto al intervalo de cada estadio histológico y el criterio que emplearon en la selección gráfica de un estadio particular de madurez.

El presente estudio se basa en un ciclo anual de muestreos que se inició recolectando animales con dos meses de edad y terminan con 14 meses de vida. Por tanto el ciclo de maduración gonádica que contiene la escala de madurez (Figura 6) puede tener diferencias en la maduración gonádica en los años subsecuentes de la vida de los organismos. Como en el primer año los organismos tienen amplios periodos de fijación y de tallas (ver Tabla I), se produce una gran dispersión dentro de los estadios de maduración (Tabla III). En el segundo año de vida, cuando estos organismos se exponen a condiciones ambientales adversas (baja temperatura), la población sincroniza sus estadios gonadales y la distribución cambia a altos porcentajes de ocurrencias de organismos dentro de unos pocos estadios gonadales, como se observa en los últimos muestreos de la tabla III. En este sentido Bückle

et al. (1992) encontró en cuatro ocasiones nuevos reclutas de *Pteria sterna* en la balsa experimental (Figura 31), y Serrano (1992) quien realizó muestreos de larvas en 1986 en el sistema de Bahía de Los Angeles (ver Apéndice B), señala que las larvas aparecen durante todo su periodo de muestreo. Esto indica que existe una sincronización en los desoves de *Pteria sterna* en Bahía de Los Angeles, B. C. y por lo tanto también de los estadios gonadales como lo demuestra la Tabla III.

Pteria sterna es una especie dioica con una proporción sexual hembra-macho de 1.19:1 (Tabla II). En todos los animales analizados no se encontró ningún organismo hermafrodita, lo cual también observaron Araya et al., (1991) y Serrano (Centro ostrícola Bahía Kino, com. pers., 1993). Esto contrasta con los reportes de otros trabajos con especies similares que mencionan la ocurrencia común de animales hermafroditas y protándricos (Tranter, 1958 II); (Rose et al., 1990) en *Pinctada albina* y *Pinctada maxima* respectivamente.

Las frecuencias de ocurrencia de los estadios de madurez en los diferentes muestreos (Tabla III; figura 26) denota que, el crecimiento de organismos también implica estadios más avanzados de madurez. En los primeros meses (agosto a diciembre de 1987) predominan los estadios inmaduros y empiezan a detectarse organismos en estadios maduros y en los últimos cuatro muestreos (de febrero de 1988 a agosto de 1988) existe una alta frecuencia de los grados de madurez más avanzados con animales en estadios inmaduros que inician el ciclo de madurez nuevamente.

El recuadro de la Figura 26 marca la fracción porcentual de la población fijada a la balsa experimental que está desovando apuntados como los estadios d 6, r 7 y r 8, contenidos en las etapas del ciclo gonadal de la Figura 6. Esto indica entonces que el primer periodo de desove importante de la población de *Pteria sterna* fue en el mes de febrero de 1988 con un pico en junio de 1988, sin descartar a los organismos que están desovando pero que no constituyen la fracción importante (Tabla III).

Los organismos que maduran y desovan en un periodo de tiempo muy corto (dos y cuatro meses de edad para la primera maduración y cuatro y seis meses de edad para el desove) en las hembras y en los machos respectivamente; indicó que los animales se reproducen a edades muy tempranas. La edad de la primera reproducción ocurre entre octubre de 1987 y diciembre de 1987. Las hembras con desoves muy incipientes provocaron en octubre un efecto de reacción en cadena causando que los machos desovaran intensamente entre octubre y diciembre, mientras las hembras terminaban de madurar y desovaban intensamente (Tabla III, figuras 26 y 30).

En los meses de febrero a junio las gónadas de los individuos están en los grados más avanzados de madurez, muchos de éstos en estadios de regresión, mantienen un gran volumen histológico porque la gónada no ha sido desovada completamente. En el mes de agosto de 1988 el valor del índice de condición decrece y también en los cortes histológicos se observa una fuerte sincronización de los estadios gonadales de ambos sexos; es decir, casi todos los organismos de estos dos últimos muestreos se concentran preponderantemente en los estadios d 5, d 6, r 7 y r 8 por lo cual forzosamente disminuyen el valor del índice de condición.

Según Bayne (1975) la temperatura del agua es el factor principal de estrés ambiental y los índices de condición, promedio de madurez, de crecimiento gonadal y de liberación de gametos están estrechamente relacionados y fluctúan en relación a las variaciones estacionales de la temperatura, positivamente o negativamente (Figuras 27, 28, 29 y 30). En el presente caso el índice de condición y el de promedio de madurez, se comportan de manera inversa a la temperatura (agosto hasta octubre de 1987), cuando la temperatura es alta, estos dos índices son bajos y conforme baja la temperatura (diciembre de 1987 hasta junio de 1988), el valor de estos índices se incrementa para volver a disminuir en el último muestreo (agosto de 1988). El valor bajo de los índices al inicio de los muestreos es causado porque los organismos son pequeños (Tabla I), inmaduros (Tabla III) y están creciendo (Figura 5) y al final de los muestreos como consecuencia del gran porcentaje de organismos desovados (Figura 26). El índice de condición y de liberación de gametos disminuyen hasta diciembre cuando los organismos son expuestos a condiciones de invierno (Figura 30). Los valores del índice promedio de madurez incrementan hasta junio de 1988 porque los organismos están en franca maduración y liberación de gametos como lo demuestran los índices de crecimiento gonadal y de liberación de gametos; en agosto de 1988 los índices en general son bajos, debido a que los animales están empezando a desarrollar los tejidos gonádicos para el siguiente ciclo de maduración (Figuras 29 y 30).

La tabla IV es una sinopsis generalizada de las características de los organismos y parámetros físicos y/o poblacionales para calcular el estadio gonadal que mantienen los individuos durante las diferentes estaciones o meses del año; o bien bajo un régimen de temperatura conocido establecer los niveles esperados de un índice que se pretenda calcular,

partiendo básicamente del valor medio del eje de crecimiento máximo de la concha y temperatura media del agua, además de la edad y el mes de muestreo de los organismos correspondientes.

Los reclutas encontrados por Bückle *et al.* (1992) en el periodo de muestreo (Figura 31) y Serrano (1992) (Apéndice B) indirectamente indican periodos reproductivos de *Pteria sterna* (que ocurrieron entre 31 y 38 días antes de la fijación de los reclutas a la balsa, ya que según McAnally y Valenzuela (1990) y Araya *et al.* (1991) el asentamiento después de la eclosión de una larva veliger sucede en este periodo de tiempo), entonces en base a los reclutas de *Pteria sterna* los desoves ocurrieron según la Figura 31 en mayo, septiembre, enero y mayo; mientras que para Serrano (1992) los picos reproductivos fueron en febrero, marzo, abril, julio y agosto; en los organismos de la balsa se reprodujeron continuamente a partir de febrero con un pico en junio (Figuras 26, 27, 28, 29, 30 y 31; Tablas III y IV); esto es similar a lo encontrado en otras especies de la familia *Pteriidae* que estudiaron Tranter (1958 III) y Rose *et al.* (1990) en *Pinctada albina* y *Pinctada maxima* respectivamente, las cuales se reproducen continuamente en todo el año con altos índices de madurez gonádica en los meses fríos y periodos reproductivos fuertes en los meses cálidos, del hemisferio austral.

El proceso de maduración se puede resumir prácticamente a cuatro estadios conspicuos igualmente denominados como las etapas sexualmente diferenciables de la Figura 6, inmadurez, madurez, desove y regresión respectivamente.

LITERATURA CITADA.

- Andrade, N. I. y T. Miraglia. 1983. Dados histoquímicos sobre as gônadas de ostras de mangue *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1928. *Ciência e Cultura*. 35(10):1946-1501.
- Araya, N. O., B. Ganning y F. Bückle R. 1991. Gonad maturity, induction of spawning, larval breeding, and growth in the american pearl-oyster (*Pteria sterna*, Gould). *Calif. Fish. and Game*. 77(4):181-193.
- Bayne, B. L. 1975. Aspects of physiological condition in *Mytilus edulis* (L.), with special reference to the effects of oxygen tension and salinity, 213-238. In: H. Barnes (Ed.). *Proceedings of the ninth european marine biology symposium*. Aberdeen University press. Aberdeen. Scotland.
- Brusca, C. R. 1980. *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. The University Arizona press. Tucson, Arizona. 513pp.
- Bückle, R. L. F., D. Voltolina L., E. Morales G. y F. Valenzuela B. 1992. Spat settlement and growth of *Pteria sterna* (Gould) (Mollusca, Bivalvia) in Bahia de Los Angeles, Baja California, México. *Tropical Ecology*. 33(2):137-147.
- Cáceres, M. C., C. A. Ruíz V. y D. H. Ramírez F. 1992. Experimental collection of pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna*, spat on a filament substrate. *Journal of the World Aquaculture Society*. 23(3):232-240.
- Cassie, R. M. 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distribution. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 5:513-522.

- Chipperfield, P. N. J. 1953. Observations on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* (L.) in british waters. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 32:449-476.
- de Wilde, P. A. W. J. 1975. Influences of temperature on behavior, energy, metabolism, and growth of *Macoma baltica* (L.), 239-250. In H. Barnes (Ed.). Proceedings of the ninth european marine biology symposium. Aberdeen University press. Aberdeen. Scotland.
- del Río, P. M. A., A. D. Re A. y D. Voltolina. 1992. Growth of the pearl oyster *Pteria sterna* under different thermic and feeding conditions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 89:221-227.
- Espina, S. y L. F. Bückle R. 1993. Determination of the cavity volume shell of *Tivela stultorum* (Mollusca, Lamellibranchia): geometrical model and conditions index. Journal of Applied Aquaculture. (In press).
- Kesteven, G. L. 1945. In "The biology and cultivation of oysters in Australia". (Mimeo.) Publ. C. S. I. R. O. Aust. Div. Fish.
- Loosanoff, V. L. 1942. Seasonal gonadal changes in the adult oysters, *Ostrea virginica*, of Long Island sound. Biol. Bull. 82:195-206.
- Lynch, J. M., Raphael S. S., Mellor L. D., Spare P. D. e Inwood M. J. H. 1972. Métodos de laboratorio. Nueva editorial interamericana, S. A. de C. V. México. Segunda edición. 1522 pp.
- Mazón, S. J. M. 1986. Acondicionamiento y desove de cuatro especies de moluscos bivalvos, alimentados con dietas artificiales. Primer simposio nacional de acuacultura, Pachuca, Hidalgo, México, 18 pp.

- McAnally, S. L. y E. Valenzuela E. 1990. Crecimiento y sobrevivencia de larvas de la ostra concha nacar *Pteria sterna* en condiciones de laboratorio. *Ciencias Marinas*. 16(4):29-41.
- Monteforte, M. y M. Cariño. 1992. Exploration and evaluation of natural stocks of pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia : Pteriidae): La Paz, South Baja California, México. *AMBIO*. 21(4):314-320.
- Mosk, S. A. 1931. Spanish voyages and pearl fisheries in the Gulf of California: A study in economic history. Ph. D. Diss. Univ. of California. 334 pp.
- Rainer, S. J. y R. Mann. 1992. A comparison of methods for calculating condition index in eastern oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791). *Journal of Shellfish Research*. 11(1):55-58.
- Rose, R. A., R. E. Dybdahl y S. Harders. 1990. Reproductive cycle of the western australian silverlip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca:Pteriidae). *Journal of Shellfish Research*. 9(2):261-272.
- Ruíz, V. C. A. y C. Cáceres M. 1990. Estudio preliminar de captación de juveniles de moluscos bivalvos en la Bahía de La Paz, B. C. S., México. *Inv. Mar. CICIMAR*. 5(1):29-38.
- Serrano, G. S. J. 1992. Dispersión de larvas de bivalvos y seston por corrientes costeras, dentro del sistema Bahía de Los Angeles, B. C., México. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E), Ensenada, México, Tesis de maestría en ciencias. 169 pp.

- Singh, C. J., G. Bojorquez V. y J. M. Meza D. 1982. Resultados finales de las actividades de estudios de ostras perleras en la Bahía de La Paz, B. C. S. Durante los años 1981-1982. Delegación federal de pesca en el estado de Baja California Sur. Secretaría de Pesca. 50 pp.
- Stamatopoulos, C y J. F. Caddy. 1989. Estimation of von Bertalanffy growth parameters: A versatile linear regression approach. J. Cons Int. Explor. Mer. 45:200-208.
- Tanaka, Y. y Kumeta M. 1981. Successful artificial breeding of the silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson). Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture. 2:21-28.
- Townsend, C. H. 1916. Voyage of the 'Albatros' to the Gulf of California in 1911. Bulletin of the american museum of natural history. New York. 35:399-476.
- Tranter, D. J. 1958. Reproduction in australian pearl oysters (Lamellibranchia). I. *Pinctada albina* (Lamarck): Primary gonad development. Australian Journal of Marine Freshwater Research. 9:135-143.
- , D. J. 1958. Reproduction in australian pearl oysters (Lamellibranchia). II. *Pinctada albina* (Lamarck): Gametogenesis. Australian Journal of Marine Freshwater Research. 9:144-164.
- , D. J. 1958. Reproduction in australian pearl oysters (Lamellibranchia). III. *Pinctada albina* (Lamarck): Breeding season and sexuality. Australian Journal of Marine Freshwater Research. 9:191-216.

APENDICE A.

Características morfométricas de los individuos de *Pteria sterna* en estadio rt 9 encontrados durante el periodo de muestreo. Eje de crecimiento máximo (E. C. M.).

Muestreo	E. C. M. (cm)
Ago. 87	1.75
Abr. 88	6.90
Abr. 88	6.75
Abr. 88	6.77
Abr. 88	8.15
Jun. 88	7.81
Jun. 88	7.84
Jun. 88	8.53

APENDICE B.

Número de larvas Prodisoconcha II de *Pteria sterna* y temperatura superficial del agua en el sistema Bahía de Los Angeles, B. C., durante 1986. (Datos tomados de Serrano, 1992).

Muestreo	Larvas por m ²	Temperatura $\bar{X}^{\circ}\text{C}\pm(\text{DE})$
Feb.	5	
Mar.	143	17.9(0.23)
Abr.	132	18.1(0.44)
May.	114	20.1(0.45)
Jun.	61	26.4(0.23)
Ago.	418	28.5(0.27)
Sep.	295	28.2(0.15)
Nov.	46	21.9(0.08)