

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS



DILACION DEL DESOVE DE Modiolus capax Conrad
(BIVALVIA:MYTILIDAE) EN CONDICIONES CONTROLADAS
DE TEMPERATURA Y ALIMENTACION

TESIS PROFESIONAL

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE BIOLOGO, PRESENTA:

Ana María Espinoza Peralta

Ensenada, B.C.

Junio de 1989

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS

DILACION DEL DESOVE DE *Modiolus capax* Conrad
(BIVALVIA: MYTILIDAE) EN CONDICIONES CONTROLADAS
DE TEMPERATURA Y ALIMENTACION

TESIS PROFESIONAL QUE COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O

PRESENTA

ANA MARIA ESPINOZA PERALTA

ENSENADA, B.C.

JUNIO DE 1989.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS

"DILACION DEL DESOVE DE Modiolus capax Conrad (BIVALVIA:
MYTILIDAE) EN CONDICIONES CONTROLADAS DE TEMPERATURA Y
ALIMENTACION"

TESIS PROFESIONAL QUE PRESENTA:

ANA MARIA ESPINOZA PERALTA.

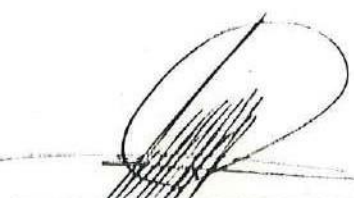


Dr. Meredith Gould CH,
Presidente del Jurado


M.C. José L. Stephano H.
Secretario


M.C. B. Claudia Farfán
1o. Vocal


Biol. Olivia Tapia V.
2o. Vocal


Biol. Efraim Torres B.
3o. Vocal

DEDICATORIAS

A mi Padre a quien admiro, respeto y amo,

A mi Madre con cariño,

A mi hermana María Antonieta y a sus hijos Mario Ivan y Jorge como
un estímulo,

A la memoria de mis queridos Abuelos Don Juan Peralta y

Don Heraclio Espinoza,

Con cariño a mis Abuelas: Doña Alejandra Duarte y

Doña Anita Grosso,

A Julio Luis con amor;

..... Cuando hay seres que se buscan, y se
encuentran, y se quieren y se aman,

Se reparten sus amores, y sus risas,
y sus besos, y sus lágrimas

AGRADECIMIENTOS

A la M.C. Blanca Claudia Tarfán mi más profundo y sincero agradecimiento por la Dirección, asesoría y apoyo moral y económico brindado para la realización de este trabajo.

A la Biól. Olivia Tapia por los conocimientos transmitidos en el aula y su parte en la dirección de este trabajo.

A la Dra. Meredith Gould, al M.C. José L. Stephano, al Biól. Elías Torres quienes fungieron como sinodales y por sus aportaciones para la presentación de este trabajo.

A la Escuela Superior de Ciencias y a la Secretaría de Pesca por facilitarme sus laboratorios de histología.

Al CoNaCyT y CICESE por las Becas proporcionadas durante este trabajo.

Al Dr. Luis Fernando Buckle quien además de una asesoría académica, tuvo siempre un pensamiento positivo para brindar y compartir.

Al Oc. Gilberto Flores por la ayuda prestada en los muestreos del campo.

Al Oc. Luis Macanali por su oportuno apoyo al laboratorio de microalgas.

A la M. C. Teresa Gutiérrez W., al Biól. Saúl Serrano, a la M.C. Lina Araya, a la P. Biól. Mary Santos, al P. Biól. Héctor Valles; por la ayuda prestada en el campo y en el laboratorio.

Al Oc. Antonio Reséndiz por facilitarnos la infraestructura del Proyecto Tortugas Marinas de la Secretaría de Pesca en Bahía de los Angeles, B.C.

Al Sr. Heliborio Valenzuela y su esposa por la ayuda brindada durante la estancia en Bahía de los Angeles, B.C.

Al Oc. Salvador Sánchez mi gratitud por la incondicional ayuda brindada.

Al Biól. Norberto Flores, al Téc. Francisco Valenzuela, al Oc. Eduardo Morales por su buena disposición y ayuda.

A las Secretarías Sras. Lidia, Teli, Sara y Maricela por la ayuda -- desinteresada y su sonrisa siempre amable.

A mis Amigos Lupillo y Ernesto, por cada uno de sus favores, mi gratitud sincera.

A los integrantes del CUBICULO # 135 por las horas de sabiduría compartidas, las porras y el apoyo, la prudencia de Magali Peralta, el incansable buen humor de Socorro Chong, la música de Iulio Trujillo y Rufino Raddilla, la ayuda siempre amable de Carmen Panagua. Gracias Amigos.

RESUMEN

Se estudió la capacidad de retención de gametos maduros de Modiolus capax Conrad en adultos de 70 - 90 mm de longitud anteroposterior sometidos a un régimen térmico de $19 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y raciones alimenticias diarias equivalentes al 0.5 % del peso seco del tejido blando del mitílido. Cada mes la condición reproductiva del lote experimental se contrastó con la de organismos provenientes de Bahía de los Angeles, B.C. (control). Se estimó el Índice de Condición General (I.C.G.) e Índice Gonádico (I.G.) y para el estudio histológico de las gónadas se caracterizó una escala de madurez conteniendo cinco estadios denominados: Reposo (Etapa I), Maduración (Etapa II), Reproducción (Etapa III), Liberación de Gametos (Etapa IV) y Post-Liberación de Gametos (Etapa V).

Al iniciar el estudio (agosto 1986) los organismos se encontraban en el estadio de Reproducción (Etapa III) y de Liberación de Gametos (Etapa IV) en su fase inicial y media. En septiembre todos los especímenes provenientes del medio natural se ubicaron en la Etapa de Post-Liberación de Gametos; de octubre a diciembre (último mes de muestreo) no se observó redesarrollo sexual, todos los organismos analizados presentaban las características correspondientes a los estadios de Post-Liberación de Gametos (Etapa V) en su fase final y/o de Reposo (Etapa I). Los organismos del lote experimental se mantuvieron en las Etapas III y IV observadas al iniciar el bioensayo. Únicamente las hembras de este último grupo presentaron procesos de reabsorción, incipiente en septiembre y generalizada en noviembre.

ABSTRACT

The capacity of Modiolus capax Conrad to retain mature gametes was studied in adult specimens 70-90 mm in length subjected to a thermal regime of $19 \pm 2^\circ \text{C}$ and daily food rations equivalent to 0.5% of the dry soft body weight estimated in the experimental mussels. Every month, the reproductive condition of the experimental group was compared to the species natural reproductive cycle in Bahía de los Angeles, B.C. In addition to a general condition index, the gonads of experimental and control organisms were analyzed histologically using a maturity scale with five sexual stages named: Rest (Stage I), Maturation (Stage II), Reproduction (Stage III), Spawning (Stage IV) and Post-Spawning (Stage V).

The bioassay began in August 1986 with organisms in a sexual stage of Reproduction (Stage III) or Spawning (Stage IV) in its early or mid-phase. In September, all specimens from the natural population were in Post-Spawning (Stage V); from October to December (last experimental month) no sexual regrowth was detected, all analyzed organisms were in the late phase of Post-Spawning or in Rest (Stage V and I, respectively). As for the experimental group, throughout the experimental period the organisms remained in the sexual stages observed at the beginning of the bioassay. Only the females of this group showed gonad reabsorption, just beginning in September and generalized in November.

C O N T E N I D O

I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	6
III. OBJETIVO	11
IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	12
V. MATERIALES Y METODOS	15
V.1. Colecta.....	15
V.2. Sistema Experimental.....	17
V.3. Rutina experimental.....	19
V.4. Tratamiento Histológico.....	23
VI. RESULTADOS	27
VI.1. Estudio histológico.....	27
VI.1.1. Características de los tipos celulares.....	28
VI.1.1.1. Células gaméticas en hembras.....	28
VI.1.1.2. Células gaméticas en machos.....	32
VI.1.1.3. Células no gaméticas.....	35
VI.1.2. Etapas de Desarrollo Sexual.....	39
VI.1.2.1. Desarrollo Sexual en hembras.....	43
VI.1.2.2. Desarrollo Sexual en Machos.....	48
VI.2. Condiciones Experimentales.....	53
VII. DISCUSION	74
VIII. CONCLUSIONES	93
IX. RECOMENDACIONES	96
X. BIBLIOGRAFIA	98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA

PAGINA

- 1.- Ubicación geográfica de Bahía de los Angeles, B.C., y sitio de colecta de los especímenes Modiolus capax Conrad (*). 3

- 2.- Esquema del estanque experimental: (A) inyección de aire, (B) suministro de agua, (C) reservorios para el alimento, (D) estanque experimental, (E) rejilla de plástico, (F) distribuidor de aire multiperforado, (G) salida de agua del estanque.18

- 3.- (A): Vista ventral de los principales órganos de Mytilus edulis: Músculo Retractor Posterior (MRP), Manto (M), Estómago (E), Hígado (H), Intestino (I), Músculo Aductor Posterior (MAP), Esófago (Es), Mesosoma (Me), Pie (P), Branquias (Br), Ano (An), Músculo Retractor Anterior (MRA), Músculo Aductor Anterior (MAA). (B): Distribución de los principales canales genitales.: 1, 2, 3, 4, 5. Tomado de Field, 1922.24

- 4.- Variación mensual de la temperatura del agua de Bahía de los Angeles, B.C., de julio a diciembre de 1986. Se indica el promedio mensual y correspondiente desviación estándar así como los valores máximos y mínimos registrados.55

- 5.- Fluctuación mensual en el Peso Húmedo de la carne (---) y de la gónada (___) del lote experimental de mejillones Modiolus capax Conrad (a) y de los especímenes colectados mensualmente en Bahía de los Angeles B.C. (b) Se indica el promedio, la desviación estándar y los valores máximos y mínimos registrados.57

- 6.- Cambio mensual del Índice de Condición General (I.C.G.) (a) y el Índice Gonádico (I.G.) (b) estimado en el lote de Modiolus capax Conrad sometido al tratamiento experimental (—) y el estimado en organismos colectados en Bahía de los Angeles, B.C. (---). Las estadísticas (promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos) agrupan machos, hembras y organismos macroscópicamente indiferenciados.58
- 7.- Frecuencia relativa de las Etapas de Madurez Sexual de los especímenes hembra (a) y macho (b) extraídos mensualmente del lote de Modiolus capax Conrad sometido al tratamiento experimental. En las Etapas IV y V se indica la fase observada como: (I) inicial, (M) media y (F) final.63
- 8.- Frecuencia relativa de las Etapas de Madurez Sexual en los especímenes hembra (a) y macho (b) de Modiolus capax Conrad colectados mensualmente en Bahía de los Angeles, B.C. En la Etapa IV se indica la fase observada como: (I) inicial, (M) media y (F) final.64

LISTA DE TABLAS

TABLA

PAGINA

- I.- Esquema, nomenclatura y características de los cuatro tipos de células gaméticas observadas durante el desarrollo sexual de organismos hembra del mitílido Modiolus capax Conrad.29
- II.- Esquema, nomenclatura y características de los cuatro tipos de células gaméticas observadas durante el desarrollo sexual de organismos macho del mitílido Modiolus capax Conrad.33
- III.- Esquema, nomenclatura y características de los cuatro tipos celulares no gaméticos observados durante el desarrollo sexual del mitílido Modiolus capax Conrad.36
- IV.- Variación mensual del Índice Gonádico (I.G.) de hembras, machos y organismos macroscópicamente indiferenciados y las correspondientes etapas de madurez sexual registradas en especímenes de Modiolus capax Conrad colectados en Bahía de los Angeles B.C. Las Etapas de Madurez Sexual están definidas como: I.- Reposo, II.- Maduración, III.- Reproducción, IV.- Liberación de Gametos, V.- Post-Liberación de Gametos.60
- V.- Variación mensual del Índice Gónadico (I.G.) de hembras, machos y organismos macroscópicamente indiferenciados y las correspondientes etapas de madurez sexual del lote de mejillones Modiolus capax Conrad sometido al tratamiento experimental. Las Etapas de Madurez Sexual están definidas como: I.- Reposo, II.- Madurez, III.-Reproductiva, IV.- Liberación de Gametos, V.- Post-Liberación de Gametos. (R.- se refiere al proceso de reabsorción celular observado).61
- VI.- Etapas de Madurez Sexual en el ciclo reproductivo de Modiolus capax Conrad propuestas por Ochoa-Báez (1985) y por Garza-Aguirre (1987) y el esquema diseñado para este estudio.77

TABLA VI.- Etapas de Madurez Sexual en el ciclo reproductivo de Modiolus capax Conrad propuestas por Ochoa-Báez (1985) y por Garza-Aguirre (1987) y el esquema diseñado para este estudio.

LISTA DE LAMINAS

LAMINA

PAGINA

- 1a-c.- Células gaméticas observadas en la gónada de especímenes hembra de Modiolus capax. (Tec. H.E.). : (a) Ovocito Tipo 1 (T1); (b) Ovocito Tipo 2 (T2); (c) Ovocito Tipo 3 (T3); (a) Ovocito Tipo 4 (T4). TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, F-Folículo, PF-Pared folicular, MB-Membrana Basal..... 30
- 2a.- Células gaméticas observadas en la gónada de especímenes macho de Modiolus capax (Tec. H.E.). : (a) Tipo 5 (T5) Espermatogonia; (a) Tipo 6 (T6) Espermatocito Primario; Tipo 7 (T7) Espermatide; Tipo 8 (T8) Espermatozoide. PF-Pared Folicular, MB-Membrana Basal..... 34
- 3a-c.- Células no gaméticas observadas en las gónadas de ambos sexos de Modiolus capax (Tec. H.E.). : (a) T9-Tipo 9; (a) T10-Tipo 10. Unicamente en la gónada de organismos macho en Etapa de Post-Liberación de Gametos (V): s (b) T11-Tipo 11; (c) T12-Tipo 12. TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, PF-Pared Folicular, F-Folículo, ER-Espermatozoides Residuales..... 37
- 4a-e.- Etapas de Madurez sexual en especímenes hembra de Modiolus capax (Tec. H.E.). : (a) Etapa de Reposo (I), (b) Etapa de Maduración (II), (c) Etapa de Reproducción (III), (d) Etapa de Liberación de Gametos (IV), (e) Etapa de Post-Liberación de Gametos (V). TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, PF-Pared Folicular, F-Folículo, MB-Membrana Basal, OL-Ovocito Libre, OR-Ovocitos Residuales. 40

5a-e.- Etapas de Madurez Sexual en especímenes macho de Modiolus capax (Tec. H.E.) : (a) Etapa de Reposo (I), (b) Etapa de Maduración (II), (c) Etapa de Reproducción (III), (d) Etapa de Liberación de Gametos (IV), (e) Etapa de Post-Liberación de Gametos (V). TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, PF-Pared Folícular, F-Folículo, MB-Membrana Basal, Eg-Espermatogonias, E-Espermatozoide, ER-Espermatozoides Residuales.41

6a-f.- Reabsorción celular incipiente observada en especímenes hembra sometidas al tratamiento experimental s (a) y (b). Reabsorción generalizada (c) y (d). Acercamiento (400x) de los ovocitos en reabsorción (e). Agrupaciones ó corpusculos basófilos en gonadas de organismos macho del medio natural (f). (Tec. H.E.). F-Folículo, TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, PF-Pared Folícular, MB-Membrana Basal, OR-Ovocitos Residuales, ER-Espermatozoides Residuales, CB-Corpúsculos Basófilos.42

I. INTRODUCCION

Dentro de las numerosas especies de interés comercial que habitan las costas de Baja California, los moluscos constituyen un recurso importantísimo por su alto valor nutricional, diversidad y amplias posibilidades de explotación. Sin embargo la explotación pesquera ha demostrado ser, por un lado insuficiente para cubrir la creciente demanda de los diferentes recursos, y por otra parte peligrosa para la estabilidad de las poblaciones naturales cuando esta extracción se practica en forma irracional. Es un hecho que en las últimas dos décadas la producción pesquera de un nutrido número de moluscos se ha reducido considerablemente y en algunos casos incluso se ha tenido que descontinuar la extracción debido al agotamiento del recurso. El desarrollo de biotecnias para el cultivo de especies sobre-explotadas ó de especies potencialmente valiosas que por su baja densidad nunca han sido explotadas, representa una alternativa para incrementar la producción y al mismo tiempo proteger las reservas naturales.

A nivel mundial, el cultivo de moluscos contribuye actualmente a la producción pesquera con más de un millón doscientas mil toneladas métricas por año, de las cuales

aproximadamente seiscientas mil provienen del ostricultivo y unas cuatrocientas mil toneladas de la mitilicultura (FAO, 1986).

En México la mitilicultura ha comenzado ha desarrollarse con dos de las especies de mejillones más abundantes de la costa noroccidental de Baja California, Mytilus edulis y Mytilus californianus. Este género el más estudiado y explotado a nivel mundial, no se encuentra en la región del Pacífico tropical ni dentro del Golfo de California (Keen, 1971; Brusca, 1980). Consecuentemente, la expansión geográfica de la mitilicultura en nuestro país dependerá en gran medida de la evaluación del potencial de cultivo de otras especies nativas.

A partir de 1985 el Grupo de Acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.) ha diseñado y llevado a la práctica una serie de estudios para establecer la factibilidad de cultivo del mejillón Modiolus capax (Conrad, 1837) una especie nativa cuya distribución geográfica se extiende desde California (EUA) hasta Perú (Meinkoth, 1981) y por todo el Golfo de California donde es especialmente abundante en localidades como Bahía Cholla, Sonora y Bahía de los Angeles, B.C. (Brusca, 1980).

En esta última localidad Garza-Aguirre (1987) reporta que en M. capax la liberación masiva de gametos es máxima en los meses de verano (junio-agosto). Este comportamiento se ajusta al patrón reproductivo de lamelibranquios de zonas templadas y frías donde típicamente se observan períodos reproductivos de corta duración (Orton, 1920; Nelson, 1928; Lebour, 1938; Thorson, 1946; Kinne, 1963, 1970; Wilson y Hodking, 1967; Pearse, 1968; Mileikovsky, 1970) Debido a ésto, un gran número de investigadores se han avocado al estudio de los factores que inducen o retardan el proceso gametogénico en moluscos ya que la disponibilidad de larvas fuera de la temporada reproductiva es un factor de fundamental importancia para su cultivo (Loosanoff y Davis, 1963).

Mackie (1983) en su exhaustiva revisión sobre la reproducción en moluscos, señala que los factores que controlan el ciclo reproductivo son de carácter endógeno y exógeno. En lamelibranquios, los estudios orientados a definir la identidad y función de los reguladores hormonales que controlan el ciclo gametogénico son muy escasos (Gabbott y Bayne, 1973). En contraste, existen numerosas investigaciones que confirman la sincronización del ciclo reproductivo con los factores externos. En general, los factores exógenos que se consideran de mayor importancia en la regulación de este

temperatura del agua (Orton, 1920; Gunter, 1957; Vernberg, 1962; Kinne, 1964; McWhinne, 1967; Hedgpeth y Gonor, 1969; Giese y Pearse, 1974) y el alimento disponible en el medio (VanWeel, 1961; Jorgensen, 1966; Owen, 1966; Purchon, 1968; Winter, 1970; Newell, 1970; Bayne, 1975).

El manejo de la temperatura ambiental (incrementos graduales ó temperaturas constantes por tiempos definidos), complementado con el suministro adecuado de alimento, es la estrategia que se ha practicado con mayor frecuencia para inducir la maduración en algunos moluscos bivalvos de importancia comercial, entre otros: Crassostrea gigas, C. virginica, Mercenaria mercenaria, Argopecten irradians, Ostrea edulis, Mytilus edulis y M. californianus (Loosanoff, 1937; Loosanoff y Davis, 1952; Loosanoff, 1962; Sastry, 1963; Sastry y Blake, 1971; Bayne, 1973; Mann, 1979; Wilson y Simons, 1985).

Otra estrategia para controlar el proceso reproductivo es el retraso ó dilación de la liberación de gametos la cual fue probada exitosamente por Loosanoff y Davis (1951) en C. virginica y V. mercenaria. Estos autores lograron mantener la condición reproductiva apta para la inducción artificial a la liberación de gametos por ocho semanas en C. virginica y hasta por nueve meses en V. mercenaria.

transfiriendo especímenes maduros ó casi maduros de Long Island Sound (N.Y., E.U.A) a Boothbay Harbor (Maine, E.U.A.), una localidad más fría. En este sitio la temperatura del agua al momento del transplante, aunque era lo suficientemente cálida para permitir la gametogénesis, era insuficiente para inducir la liberación de gametos.

Una limitante de esta estrategia es que el proceso de reabsorción de gametos puede ocurrir eventualmente. Sin embargo, cuando no se cuenta con la información sobre los factores exógenos que inducen la gametogénesis de una especie dada, esta estrategia puede aplicarse como una primera aproximación para tratar de extender el período reproductivo natural de la especie.

Siendo esta la situación de M. capax, se consideró conveniente someter especímenes sexualmente maduros a un régimen térmico de aproximadamente 20 °C y raciones alimenticias superiores al metabolismo estándar del organismo estimado en dicha temperatura para determinar si es posible dilatar, sin que se deteriore la condición reproductiva del mitílido, la liberación masiva de gametos.

II. ANTECEDENTES

El habitat de M. capax Conrad es la zona rocosa intermareal y submareal hasta los 46 m de profundidad. Este mitílido posee una concha con un periostraco café-anaranjado con proyecciones aserradas y se fija al sustrato por medio de un biso. Tiene una longitud antero-posterior y dorso-ventral promedio de 75 y 30 mm, respectivamente (Keen, 1971).

Barnes (1977) y Brusca (1980) ubican taxonómicamente a la especie de la siguiente manera:

Filum	Mollusca
Clase	Bivalvia (Pelecypoda)
Subclase	Lamellibranchia
Orden	Mytiloidea (Anysomiaria)
Superfamilia	Mytilacea
Familia	Mytilide
Subfamilia	Modiolinae
Género	<u>Modiolus</u>
Especie	<u>capax</u>

M. capax se distribuye a lo largo de la costa pacífica desde California central (Santa Cruz, EUA) hasta América

del Sur (Paíta, Perú), incluyendo las Islas Galápagos y todo el Golfo de California (Brusca, op.cit.; Meinkoth, 1981).

Hasta 1984, el mitílido M. capax Conrad era un organismo prácticamente desconocido. El primer informe publicado sobre esta especie es el de Ochoa-Báez (1985) quien estimó la actividad reproductiva de M. capax a lo largo de un ciclo anual en la Bahía de la Paz, B.C.S., mediante el análisis histológico de las gónadas. Esta autora reporta, con una escala de madurez de 7 estadíos, la liberación masiva de gametos de mayor intensidad en los meses de julio a septiembre e inactividad sexual de octubre a febrero.

Posterior a esa investigación, se han realizado cuatro estudios más sobre la biología y la ecología de M. capax. Debido a que éstos constituyen antecedentes importantes para el planteamiento del presente trabajo, a continuación se describen los resultados más sobresalientes.

Utilizando organismos colectados en Bahía de los Angeles, B.C., Orduña-Rojas (1986) practicó la inducción artificial para la liberación de gametos mediante el incremento gradual de la temperatura del agua de 29 a 31 °C y reportó resultados positivos a partir del mes de mayo y

una eficiencia máxima en el mes de agosto. Este autor describió el desarrollo embriológico y larval de la especie.

El efecto interactivo de la temperatura y de la concentración de las microalgas Pavlova (Monochrysis) lutheri (Droop) Green y Tetraselmis suecica (Kylin) en la fisiología alimenticia y la energía potencial para el crecimiento de especímenes adultos sometidos a condiciones de laboratorio, fue analizado por Rico-Mora (1987). Esta autora estimó que en el espacio térmico de 15-30 °C y concentraciones alimenticias de 2.8 a 7.3 mg de peso seco/l., el mejillón M. capax dispone de un excedente calórico para crecimiento.

Aguirre-Hinojoza (1987) estudió el patrón anual de fijación de semilla sobre sustratos artificiales suspendidos en estructuras flotantes ubicadas en tres localidades de Bahía de los Angeles, B.C.. Así mismo, analizó el desarrollo de la comunidad incrustante en los sustratos utilizados (hule de neumático y red anchovetera) y determinó las tasas de crecimiento de M. capax fijados a los colectores. Con relación a éstos, observó mayor eficiencia en la colecta del mitílido en el sustrato de red anchovetera con una epibiosis filamentosa previamente desarrollada. El patrón global de reclutamiento sobre

éstos fue fuertemente estacional (julio a diciembre); el crecimiento mensual fue de 3.59 mm.

También en Bahía de los Angeles, B.C., Garza-Aguirre (1987) llevó a cabo un estudio de la estructura poblacional del mitílido en los tres bancos naturales más importantes de la bahía, determinó las tasas de crecimiento de fijaciones, juveniles y de adultos en los bancos y analizó el ciclo reproductivo natural de la especie. Esta autora al igual que Ochoa-Báez (op.cit.), señala que M. capax es dioico, ya que a lo largo del ciclo anual de estudio sólo encontró un organismo hermafrodita. Sin embargo, reporta la presencia de especímenes sexualmente maduros durante todo el año, aunque también observa que la liberación masiva de gametos más intensa ocurre de junio a agosto.

De acuerdo a la información generada por los autores antes citados, en la costa occidental del Golfo de California la liberación masiva de gametos de M. capax es más intensa de junio a septiembre, pero la obtención de semilla natural es escasa e impredecible. Por otra parte, aunque la obtención de larvas en condiciones controladas es factible, fuera del período mayo-septiembre los organismos son refractarios al estímulo térmico. Consecuentemente, para ampliar este período sería necesario inducir la gametogénesis ó retardar la liberación masiva de gametos.

La información disponible para intentar el primer proceso es insuficiente, además que por su naturaleza sería un proceso muy costoso en términos energéticos.

III. OBJETIVO

Considerando lo anterior, se investigó la factibilidad de retardar la liberación masiva de gametos de M. capax Conrad sometiendo especímenes sexualmente maduros a una temperatura ambiente comparable a la temperatura media que prevalece en los meses frios en Bahía de los Angeles, B.C.. Este régimen térmico (19 ± 2 °C) estuvo complementado con el suministro diario de raciones alimenticias mayores al 0.5 % del peso seco del tejido blando del organismo el cual es superior al gasto energético del mitílido a esa temperatura según se estimó a partir de los datos de Rico-Mora (1987).

IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Bahía de los Angeles está situada en el NE de la península de Baja California aproximadamente a 500 km de Ensenada en las coordenadas $28^{\circ}53'33''$ N y $113^{\circ}31'30''$ W (Fig. 1). La bahía tiene una área superficial de 40, 225 Km². Frente a su entrada se encuentran varias islas pequeñas así como la segunda isla más grande del Golfo de California, la isla Angel de la Guarda (Brusca, 1980).

El piso de la bahía es en forma de cuenca. Las playas y plataforma de arena y grava que caracterizan las costas Oeste y Sur de la bahía son de pendiente suave (menor a un grado). El Sureste de la bahía así como la mayoría de las islas está bordeado por acantilados aunque también se encuentran playas con un alto contenido de fragmentos de roca y concha. Los sedimentos más profundos son de color pardo micáceo. El rango de las partículas fluctúa de gruesas hasta arenas finas (Barnard y Grady, 1968).

El clima de la bahía (según la clasificación de Koppen modificada por García, 1973) es del tipo árido según la humedad, y cálido según la temperatura (Secretaría de la Presidencia, 1970).

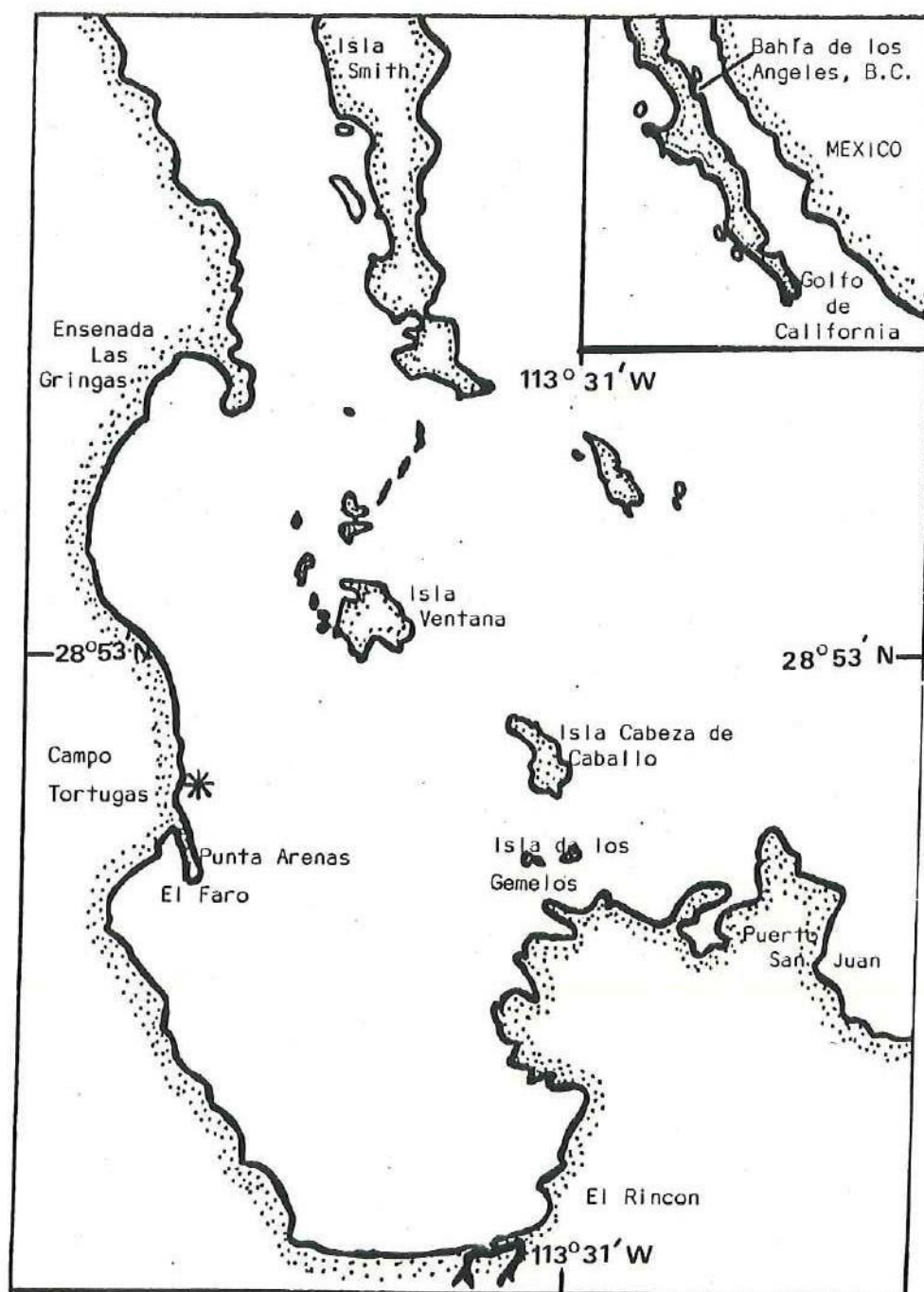


FIG. 1.- Ubicación geográfica de Bahía de los Angeles, B.C., y sitio de colecta de los especímenes *Modiolus capax* Conrad (*).

En Bahía de los Angeles, B.C., la marea es de tipo semidiurno. La altura de ésta tiene un rango de 6.30 m (Gutiérrez y Morales, 1986). Adyacente a la costa la salinidad del agua superficial fluctúa de 36 a 39 o/oo. En aguas más profundas la salinidad del agua superficial varía de 35 a 36 o/oo. Las salinidades más bajas se registran en los meses de invierno y las más altas en el verano (Brusca, 1980).

Al norte de los 28° de latitud norte en el Golfo de California la temperatura del agua superficial tiene una fluctuación anual muy amplia. En invierno la ocurrencia de vientos excepcionalmente fríos pueden bajar la temperatura del agua superficial hasta 8 °C. En Bahía de los Angeles, B.C. estos eventos ocasionan fluctuaciones anuales de hasta 15 °C. Con base en el rango de variación registrado en la temperatura del agua durante el período 1961-1963 (mínima de 15 °C en febrero y máxima de 29.8 °C en agosto de 1963) Barnard y Grady (op. cit.) concluyen que Bahía de los Angeles, B.C. es una provincia cálido templada y no una región puramente tropical.

V. MATERIALES Y METODOS

V.1. Colecta.

Los mejillones fueron colectados en Bahía de los Angeles, Baja California, México ($28^{\circ} 53' 33''$ N $113^{\circ} 31' 30''$ W) en el sitio denominado Campo Tortugas (Fig. 1). Por su extensión y accesibilidad el banco de Modiolus capax de esta localidad es el más frecuentemente utilizado para la colecta de material biológico del proyecto "Biología y Potencial de Cultivo del Mejillón M. capax Conrad (Mollusca, Bivalvia)" que realiza el Grupo de Acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.).

Orduña-Rojas (1986) y Garza-Aguirre (1987) reportaron que durante 1985 las poblaciones de M. capax de Bahía de los Angeles, B.C., en el período julio - agosto presentaban la mejor condición reproductiva. Previendo posibles fluctuaciones anuales, a partir de mayo de 1986 mensualmente se efectuó la colecta e inspección visual del volumen y coloración de la gónada de un lote de 30 mejillones con una longitud antero-posterior de 70 - 90 mm;

aunque en mayo y junio se observaron algunos organismos maduros, en agosto se encontró la mejor condición reproductiva. En éste mes se procedió a coleccionar 257 organismos con las características morfométricas antes indicadas. Estos fueron transportados al laboratorio de Acuicultura del C.I.C.E.S.E. para extraer la población experimental.

El transporte de los organismos se realizó en hieleras de plástico conteniendo macroalgas para reducir el estrés mecánico y a la vez mantener cierto grado de humedad dentro de las mismas según recomienda Orduña-Rojas (op.cit.). En el laboratorio y posterior a la limpieza de los organismos (remoción de epibiontes), se procedió a obtener el peso húmedo total de los mejillones utilizando una balanza electrónica Mettler HL52 (precisión ± 0.001 g), a medir con un vernier de precisión ± 0.1 mm el largo, alto y ancho de las conchas y a marcar cada organismo con una pintura plástica no tóxica para su posterior identificación. Al azar se seleccionó un lote de 200 organismos para constituir la población experimental. Estos fueron colocados en un estanque de 200 l de capacidad. El resto de los organismos fue sacrificado para determinar los valores iniciales en la población de algunos índices de condición reproductiva y para efectuar el análisis histológico de las gónadas.

V.2. Sistema Experimental.

Dentro del estanque experimental (Fig. 2), un estanque cilíndrico Nalgene de 200 l, se instalaron cuatro rejillas de plástico de forma cuadrangular. Para poder asentar una rejilla sobre otra, éstas tenían en las esquinas bases confeccionadas con tubería de PVC de 1/2" de diámetro. En cada rejilla se colocaron 50 organismos.

El estanque experimental también estaba provisto de una aereación continua y homogénea. Mediante una manguera flexible Nalgene se conectó el sistema general de aereación del laboratorio a un distribuidor de aire colocado dentro del estanque. Este consistía de un tubo PVC de 3/4" de diámetro con perforaciones múltiples el cual se prolongaba hasta el fondo del estanque donde se conectaba a una estructura cuadrangular construida de tubería PVC de 1/2" también multiperforada.

La ración diaria de microalgas suministrada a los organismos experimentales se efectuó en la modalidad de flujo continuo por gravedad. Para este propósito, sobre el estanque de mantenimiento se colocaron dos cubetas de plástico de 15 l de capacidad. En la base de estos reservorios de alimento se insertó una manguera flexible de

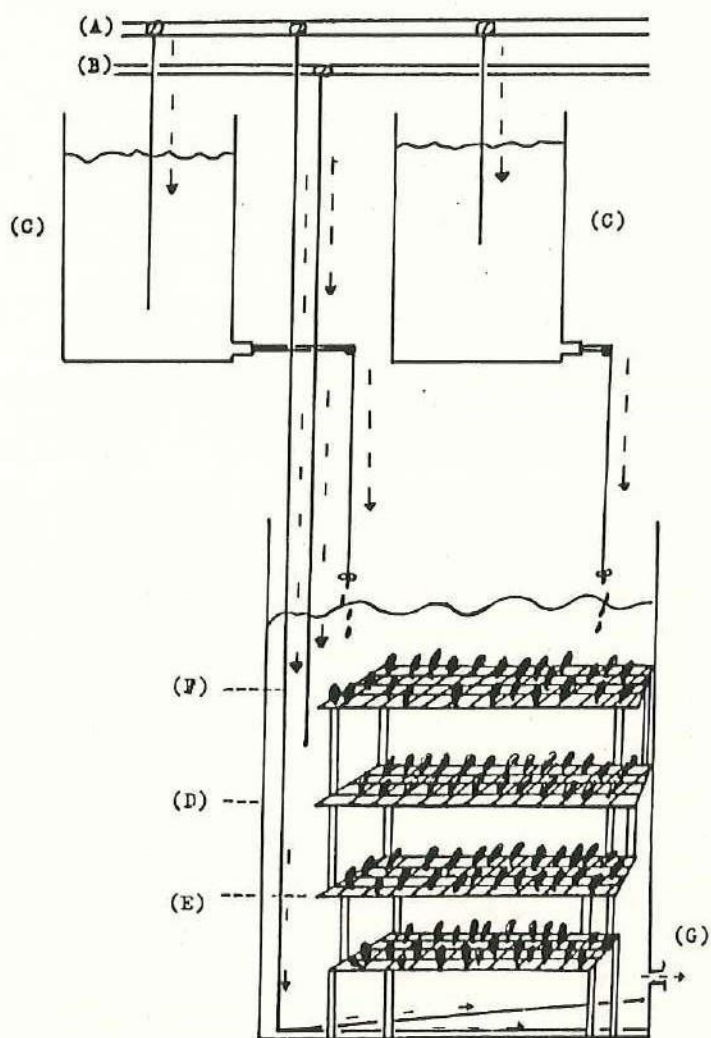


FIG. 2.- Esquema del estanque experimental: (A) inyección de aire, (B) suministro de agua, (C) reservorios para el alimento, (D) estanque experimental, (E) rejilla de plástico, (F) distribuidor de aire multiperforado, (G) salida de agua del estanque.

0.5 cm de diámetro provista en su parte terminal con una llave de paso para regular el flujo de alimento.

V.3. Rutina experimental.

Para evitar la acumulación de metabolitos, cada 24 horas se hizo el cambio de agua y limpieza del estanque. Este se vaciaba de agua mediante una llave de paso colocada en el fondo (Fig. 2) y se limpiaba con agua a baja presión sin extraer a los organismos experimentales. Al concluir esta operación, se agregaban aproximadamente 180 l de agua de mar (35 ± 2 o/oo) filtrada a $10 \mu\text{m}$ y esterilizada en una unidad de luz ultravioleta.

La temperatura del agua, antes y después de ser renovada, se medía con un termómetro de cubeta (precisión ± 0.01 °C). En promedio ésta se conservó en 19 ± 2 °C. Durante el período experimental, de 120 días, cada tres semanas se realizó un control de la calidad del agua en el estanque experimental. La salinidad se midió con un refractómetro American Optical (± 2 o/oo), el pH con un potenciómetro digital, el oxígeno disuelto con un oxímetro YSI (± 0.1 ml/l) y la concentración de amonio, en una muestra de agua extraída para tal propósito, con un

analizador de iones Orion 901 (± 0.001 ppm).

Dependiendo de la disponibilidad, los mejillones experimentales fueron alimentados con la microalga Pavlova (Monochrysis) lutheri ó Tetraselmis suecica. Estas fueron cultivadas en estanques de fibra de vidrio de 100 l de capacidad con el medio de Matthiessen y Toner (1966). La densidad del cultivo se medía en una muestra fijada con solución Uthermol (Stain, 1973) en un hematocitómetro o cámara de Neubauer de 0.2 mm de profundidad.

Estimada la densidad, se calculaba el volumen de cultivo a suministrar en un período de 24 horas. La ración alimenticia diaria mínima previamente establecida fue el equivalente al 0.5 % del peso seco del tejido blando del organismo. Para propósitos de este cálculo, el peso seco de un millón de células de P. lutheri se consideró igual a 0.026 mg y en T. suecica de 0.230 mg. Estos valores fueron determinados en las cepas cultivadas en el laboratorio de Acuicultura del C.I.C.E.S.E. por Rico-Mora (1987) y coinciden con los valores reportados para esas especies de microalgas por Epifanio (1979). El peso seco (tejido blando) de la población experimental de mejillones se estimó en muestras de 10 organismos. El secado de las muestras se realizó en una estufa de convección mecánica Blue M a 60 °C por 48 horas. Al principio y al final del

experimento, los valores medios de peso seco (tejido blando) por mejillón fueron 2518 y 2260 mg, respectivamente.

Un flujo de alimento de los reservorios al estanque experimental de por lo menos 25 ml/min generalmente permitía conservar en el medio una concentración de microalgas menor a 4.5 mg PS/L, valor aproximado de 150, 000 cel/ml de P. lutheri ó 18, 000 cel/ml de T. suecica.

La efectividad del tratamiento experimental en la prolongación de la condición reproductiva de M. capax se verificó mensualmente. Para contrastar la condición gonadal del mitílido en el medio natural (control), en fechas similares se colectó una muestra de mejillones en Bahía de los Angeles, B.C..

En el laboratorio cada mes se extrajeron 16 organismos del estanque experimental. Después de medir la longitud, ancho y alto de la concha y estimar el peso húmedo total (precisiones correspondientes, ± 0.01 cm y ± 0.001 g), los organismos eran disectados separando concha, carne y gónada (exclusivamente el mesosoma ó cuerpo de la gónada). Estas fueron pesadas individualmente en navecillas de plástico previamente pesadas y marcadas. De cada lote extraído se seleccionaron al azar tres machos y tres hembras para

efectuar el estudio histológico. Las gónadas fueron fijadas para su posterior análisis en formol al 4 % neutralizado con borato de sodio. El resto del lote fue secado a 60 °C por 48 horas para obtener el peso seco de la concha, carne y gónada.

En la muestra de organismos proveniente del campo (30 especímenes) se aplicó un procedimiento idéntico al antes descrito. Los pesos húmedos y secos determinados fueron utilizados para estimar diferentes índices de condición.

El bioensayo se prolongó hasta que el análisis visual del volumen y coloración de las gónadas y los índices de condición estimados indicaron una sensible reducción en la condición reproductiva del lote en relación con el registrado al iniciar el bioensayo en el mes de agosto de 1986. A mediados de diciembre de ese año, la fase experimental se dió por concluída.

Los índices de condición que se obtuvieron con los pesos húmedo y seco de concha, carne y gónada fueron el Índice Gonádico ó I.G. (Sastry, 1978) y el Índice de Condición General ó I.C.G. Estas se estimaron de acuerdo a las relaciones:

I.G.= (Peso Húmedo de Gónada/Peso Húmedo de Carne) X 100

I.C.G.= (Peso Seco Gónada y Carne/Peso Seco Concha) X 100

V.4. Tratamiento Histológico

Histológicamente el sistema reproductivo de los mitílidos consiste en numerosos tubos ó canales los cuales se distribuyen por casi todo el cuerpo, se disminuyen, se ramifican y terminan en paquetes ó cavidades a las que se les da el nombre de folículos (Field, 1922). En general se reconocen 5 canales principales de distribución del sistema reproductivo localizados según se indica en la figura 3. Estos son: (1.-) Canal Principal, se encuentra cubriendo la región anterior del manto y la superior del hígado, (2.-) y (3.-) Canales laterales, cubren la región media del manto, (4.-) Canal Posterior, se conecta con las partes posteriores del manto, (5.-) Canal Dorsal, cubre el área entre el musculo aductor posterior y la vena oblicua aferente y la pared dorsal del cuerpo.

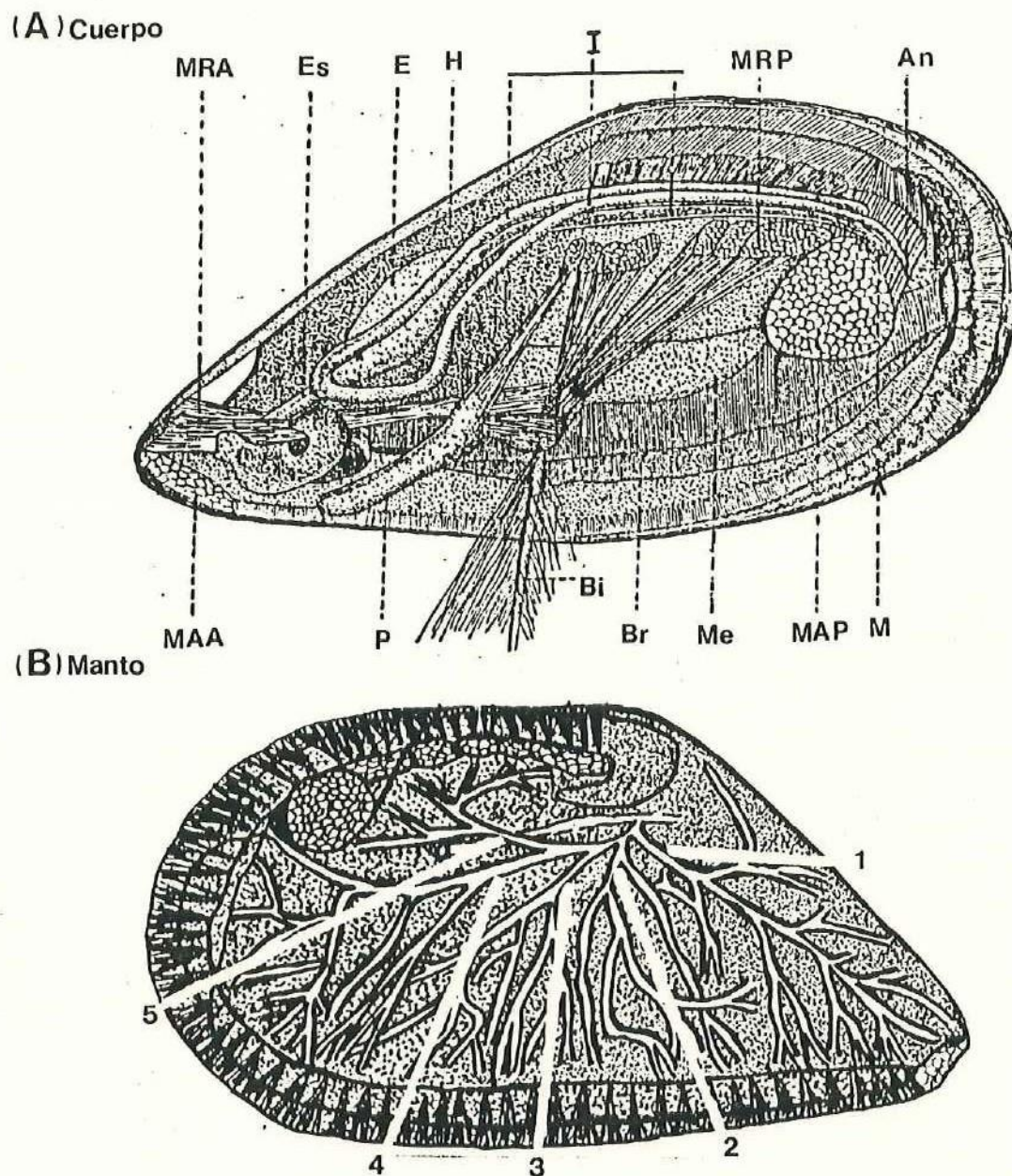


FIG. 3.- (A): Vista ventral de los principales órganos de *Mytilus edulis*: Músculo Retractor Posterior (MRP), Manto (M), Estómago (E), Hígado (H), Intestino (I), Músculo Aductor Posterior (MAP), Esófago (Es), Mesosoma (Me), Pie (P), Branquias (Br), Ano (An), Músculo Retractor Anterior (MRA), Músculo Aductor Anterior (MAA). (B): Distribución de los principales canales genitales.: 1, 2, 3, 4, 5. Tomado de Field, 1922.

Como puede observarse, el sistema reproductivo se encuentra muy ramificado, por esta razón en el presente estudio los cortes histológicos sólo se hicieron del mesosoma ó cuerpo de la gónada.

El proceso histológico de deshidratación de la gónada se realizó en tres cambios de alcohol etílico en orden creciente de concentración del 30 % al absoluto durante 30 min cada uno. Se utilizó un procesador automático de tejidos American Optical T/P 8000. La transparentación del tejido se hizo amortiguando el cambio de alcohol a xileno con una mezcla de proporciones 1:1 de estas sustancias durante 7.5 min. Seguidamente el tejido se embebió en tres cambios manuales de xileno puro durante 7.5 min cada uno. La inclusión gradual en parafina se inició con un tratamiento de 10 min en una mezcla de xileno-parafina 1:1 para amortiguar los tratamientos siguientes en parafina I (53 - 55 °C) y parafina II (56 - 58 °C) ambos con una duración de 60 min. La inclusión definitiva en parafina III (60 - 62 °C) se efectuó con un incluidor de parafina modelo Tissue-Tex II utilizando como moldes cajitas de plástico con una capacidad aproximada de 15 ml.

De las gónadas incluidas se realizaron cortes de la parte media del mesosoma de 3 µm de espesor con un microtomo tipo Minot American Optical 820. Se efectuaron 3

cortes de cada gónada. Estas se montaron en un portaobjetos con ayuda de un baño de flotación modelo Lab Line Instrument a una temperatura entre 45 y 50 °C. En los cortes obtenidos se empleo la técnica topográfica Hematoxilina de Harris-Eosina alcohólica (Tapia, 1984) y posteriormente fueron montados con resina sintética Histoclad. El análisis de las preparaciones se llevó a cabo en un microscopio compuesto American Optical y en un microscopio compuesto Olympus BH2 provisto con equipo de microfotografía.

VI. RESULTADOS

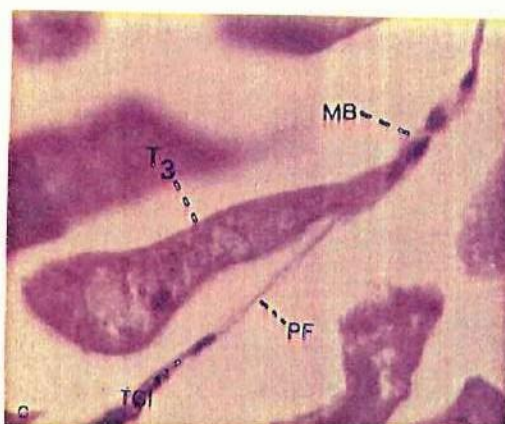
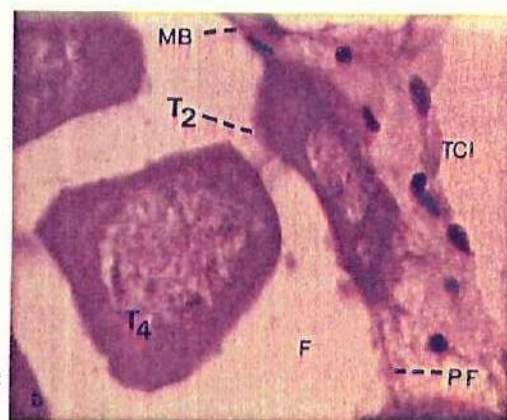
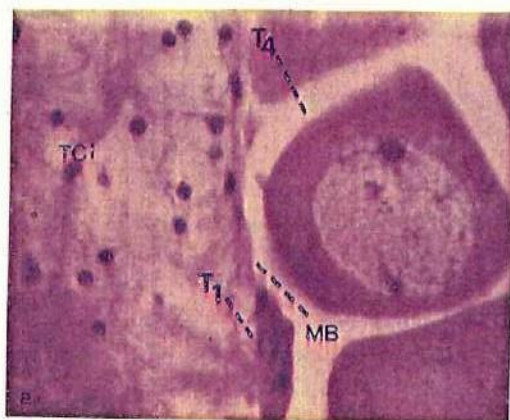
VI.1. Estudio histológico.

El estudio histológico aporta una gran cantidad de información que ya sea tratada de manera particular ó en forma conjunta permite conformar un criterio sobre el estadio reproductivo que presenta la gónada de un organismo.

En el presente estudio, los cortes histológicos de las gónadas de especímenes provenientes del bioensayo y del campo fueron inicialmente sometidos a un reconocimiento general. En el tejido gonadal se determinó la ausencia ó presencia de células gaméticas y su estado de madurez, así como la forma y la talla de las mismas. Las características anteriores también se determinaron en las células no gaméticas. Las características de los 12 tipos celulares encontrados (células gaméticas de hembras y machos y células no gaméticas) están sintetizadas en las Tablas I - III, donde así mismo se proporciona un esquema de las células y la nomenclatura utilizada. Las Láminas 1

TABLA I.- Esquema, nomenclatura y características de los cuatro tipos de células gaméticas observadas durante el desarrollo sexual de organismos hembra del mitílido Modiolus capax Conrad.

TIPOS CELULARES	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
CITOPLASMA	-Acidófilo -Abundante y más largo que ancho.	-Acidófilo -Granuloso	-Fuertemente acidófilo -Granuloso -Piriforme	-Fuertemente acidófilo -Granuloso
NUCLEO	-Estérico o ligeramente elíptico -Basófilo	-Claro y ovalado	-Claro con cromatina basófila -Alargado	-Claro con cromatina basófila dispersa -De ovalado a elíptico
NUCLEOLO	-No evidente	-Basófilo	-Presente de 1 a 2 -Fuertemente acidófilo -No es evidente en todas las células	-Basófilo -Evidente solo en algunos ovocitos
OBSERVACIONES CON AUMENTO DE	400	400	400	400



LAM 1a-c.- Células gaméticas observadas en la gónada de especímenes hembra de *Modiolus capax*. (Tec. H.E.). : (a) Ovocito Tipo 1 (T1); (b) Ovocito Tipo 2 (T2); (c) Ovocito Tipo 3 (T3); (a) Ovocito Tipo 4 (T4). TCI-Tejido Conjuntivo Interfollicular, F-Folículo, PF-Pared folicular, MB-Membrana Basal.

Las células sexuales denominadas Tipo 1 son células completamente plegadas al epitelio germinativo del folículo, tienen un citoplasma abundante, alargado y acidófilo y un núcleo esférico a elíptico fuertemente basófilo, pequeño en comparación con su citoplasma. La media de su talla celular es $32.2 \times 7.0 \text{ }\mu\text{m}$ y la de su núcleo de $12.1 \times 4.1 \text{ }\mu\text{m}$.

Las células sexuales del Tipo 2 se encuentran adheridas a la pared del folículo, poseen un citoplasma acidófilo muy granuloso, núcleo levemente basófilo a claro con gránulos de cromatina y nucleolo basófilo. Estas células son menos alargadas que las anteriores, su ancho es proporcional a su largo. La medida de su talla celular es de $40.1 \times 26.7 \text{ }\mu\text{m}$ y la nuclear de $18.8 \times 14.3 \text{ }\mu\text{m}$.

Las células del Tipo 3 se observan adheridas a la pared folicular por medio de un pedúnculo, son células grandes de formas piriformes u ovaes, poseen un citoplasma abundante acidófilo y granular, con un núcleo grande, levemente basófilo a claro con hilos y gránulos de cromatina dispersos y fuertemente teñidos. El nucleolo es acidófilo y visible sólo en algunos ovocitos. La media de su talla celular es de $63.0 \times 37.4 \text{ }\mu\text{m}$ y nuclear de $34.7 \times 23.2 \text{ }\mu\text{m}$.

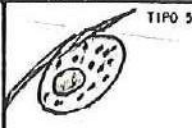
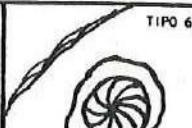
Las células sexuales denominadas Tipo 4 se encuentran libres en el lumen del folículo, poseen formas ovales, poligonales ó redondeadas dependiendo del grado de madurez del organismo. Tienen un citoplasma acidófilo granuloso, núcleo ovalado, levemente basófilo con cromatina dispersa fuertemente teñida y nucleolos basófilos sólo evidentes en algunos ovocitos. La media celular es de $54.3 \times 30.0 \mu\text{m}$ y la nuclear de $27.8 \times 17.7 \mu\text{m}$.

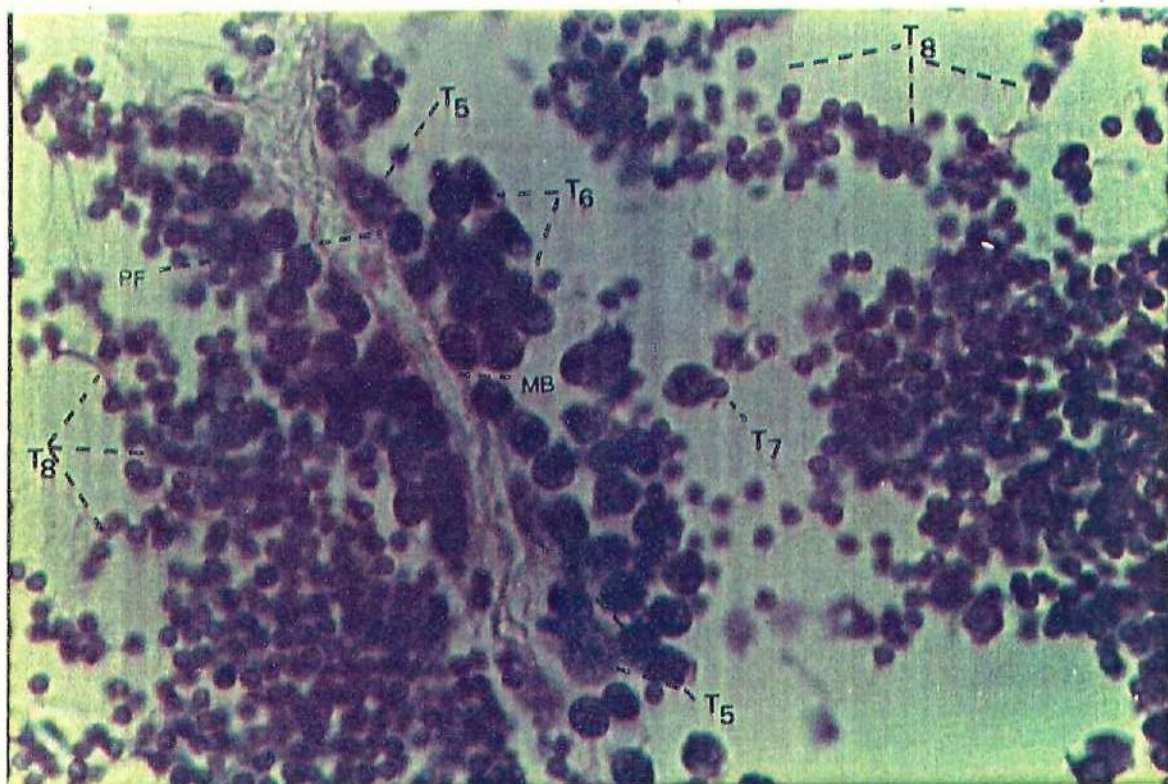
VI.1.1.2. Células gaméticas en machos.

Durante el análisis se observaron cuatro tipos de células sexuales en los organismos macho, estas se numeraron del 5 al 8 en orden de madurez. En la Tabla II se incluye un esquema y una breve descripción de las mismas. Las microfotografías correspondientes están en la Lámina 2 a-b.

Las células sexuales denominadas Tipo 5 (espermatoγονia) están adheridas a la pared folicular ó muy cerca de ella. El citoplasma es escaso y levemente basófilo, con límites poco definidos, su núcleo es levemente basófilo con la cromatina dispersa y en granulos. Estas células tienen un diámetro promedio de $5.5 \times 4.4 \mu\text{m}$.

TABLA II.- Esquema, nomenclatura y características de los cuatro tipos de células gaméticas observadas durante el desarrollo sexual de organismos macho del mitílido Modiolus capax Conrad.

TIPOS CELULARES	 TIPO 5 Espermatogonia	 TIPO 6 Espermatocito I.	 TIPO 7 Espermátide	 TIPO 8 Espermatozoide
CITOPLASMA	-Levemente basófilo -Escaso -Límites poco definidos	-Claro -Escaso -Límites poco definidos	-Límites poco definidos	
NUCLEO	-Levemente basófilo -Cromatina dispersa y granulosa	-Basófilo poco más intenso que el tipo 5 -Cromatina en filamentos	-Basófilo	
NUCLEOLO	-Basófilo -Poco definido en la mayoría de las células	-No evidente	-No evidente	
OBSERVACIONES CON AUMENTO DE	1000	1000	1000	1000



LAM 2a.- Células gaméticas observadas en la gónada de especímenes macho de Modiolus capax (Tec. H.E.). : (a) Tipo 5 (T5) Espermatogonía; (a) Tipo 6 (T6) Espermatocito Primario; Tipo 7 (T7) Espermatide; Tipo 8 (T8) Espermatozoide. PF-Pared Folícular, MB-Membrana Basal.

Poco alejadas de la pared se encuentran las células sexuales del Tipo 6 (espermatocono primario). El citoplasma es claro y escaso con límites poco definidos, el núcleo es basófilo y la cromatina está condensada y en filamentos. Su talla media celular es de $4.4 \times 3.3 \text{ } \mu\text{m}$.

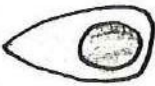
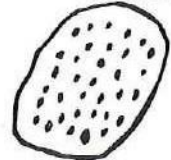
Las células sexuales Tipo 7 (espermatocono) se encuentran alejadas de la pared folicular, más cercanas al lumen del folículo; son células escasas con límites poco definidos. En sus límites citoplasmáticos presentan partes muy basófilas y tienen un núcleo también basófilo. Su talla celular media es de $4.4 \times 4.4 \text{ } \mu\text{m}$.

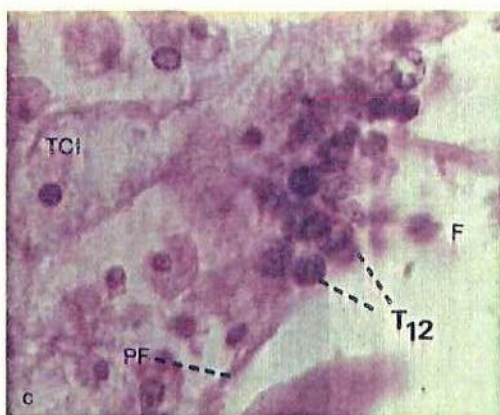
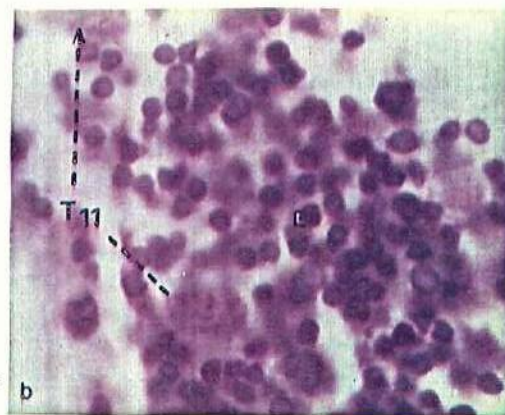
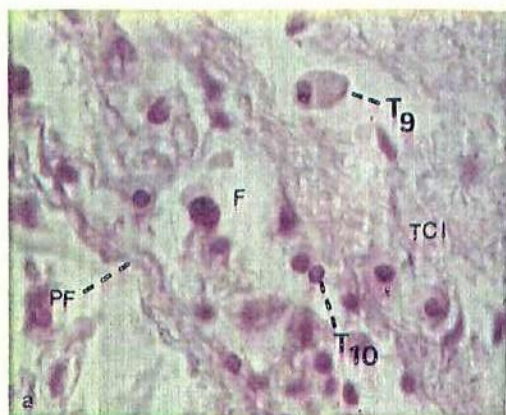
Libres en el lumen del folículo, se encuentran las células sexuales del Tipo 8 (espermatozoide). Estas células tienen los extremos ahusados y poseen una larga cola. Su cabeza mide en promedio $2.0 \times 2.0 \text{ } \mu\text{m}$.

VI.1.1.3. Células no gaméticas.

Se observaron 4 tipos celulares no gaméticos los cuales apoyan los conceptos sobre el estadio de madurez sexual. Estos fueron numerados del 9 al 12. Una breve descripción de éstas se incluye en la Tabla III. Las microfotografías correspondientes están en la Lámina 3 a-c.

TABLA III.- Esquema, nomenclatura y características de los cuatro tipos celulares no gaméticos observados durante el desarrollo sexual del mitílido Modiolus capax Conrad.

TIPOS CELULARES	TIPO 9	TIPO 10	TIPO 11	TIPO 12
CITOPLASMA	 -Acidófilo -Homogeneo -Abundante	 -Basófilo -Límites poco definidos -Escaso	 -Levemente acidófilo -Límites irregulares -Gran cantidad de corpúsculos teñidos fuertemente basófilos	 -Claro -Levemente basófilo -Gran cantidad de inclusiones basófilas
NUCLEO	-Basófilo -Ligeramente elíptico a esférico	-Basófilo -Límites poco definidos	-No evidente	-Basófilo
UBICACION	-Tejido conjuntivo -Dentro y fuera de los folículos de hembras y machos que han liberado la mayor parte de sus gametos	-Tejido conjuntivo -Delimitan perfectamente los folículos de ambos sexos en estados avanzados de liberación de gametos	-Son frecuentemente encontrados solo en folículos de organismos machos	-Tejido conjuntivo -Cercanas a los límites foliculares -Solo en folículos de organismos machos
OBSERVACIONES CON ALUMENTO DE	400	400	1000	1000



LAM 3a-c.- Células no gaméticas observadas en las gónadas de ambos sexos de Modiolus capax (Tec. H.E.). LAM: (a) T9-Tipo 9; (a) T10-Tipo 10. Únicamente en la gónada de organismos macho en Etapa de Post-Liberación de Gametos (V): LAMs (b) T11-Tipo 11; (c) T12-Tipo 12. TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, PF-Pared Folicular. F-Folículo, ER-Espermatozoides Residuales

Las células no gaméticas Tipo 9 poseen un citoplasma acidófilo, homogéneo y abundante, con un núcleo ligeramente esférico y basófilo. Se les encuentra en el tejido conjuntivo y dentro de los folículos de organismos hembras y machos que han liberado gran parte de sus gametos. Su media celular es de $4 \times 2 \text{ }\mu\text{m}$ y la nuclear es de $2 \times 1 \text{ }\mu\text{m}$. Cabe señalar que estas células poseen un citoplasma amarillo granuloso cuando se encuentran dentro de los folículos fagocitando material residual.

Las células Tipo 10 poseen un citoplasma basófilo escaso, límites poco definidos; su núcleo es también basófilo y poco definidos sus contornos. Se encuentran en el tejido conjuntivo delimitando perfectamente los folículos de organismos hembras y machos en estados avanzados de liberación de gametos. Su diámetro promedio es de $5.4 \text{ }\mu\text{m}$.

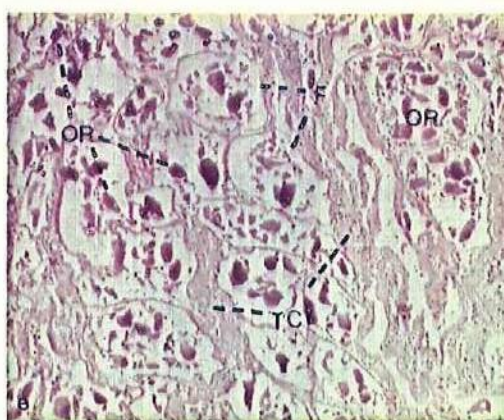
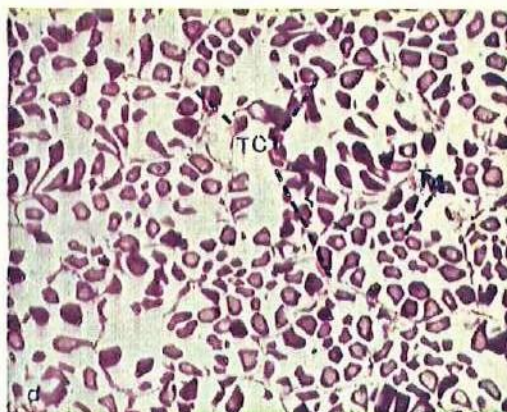
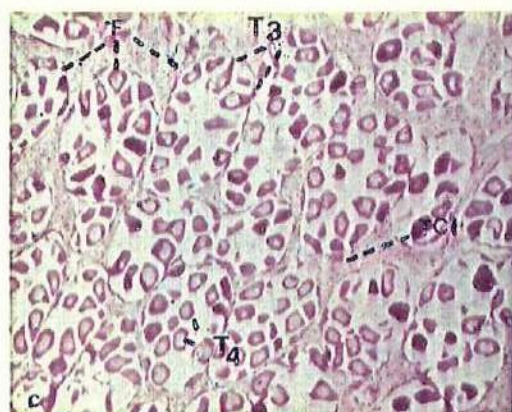
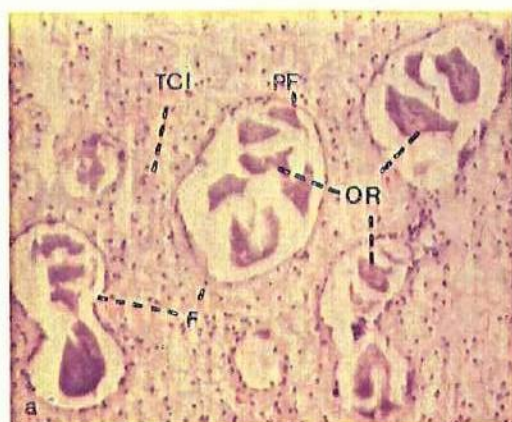
En las células Tipo 11 el citoplasma es levemente acidófilo con límites irregulares y una gran cantidad de corpúsculos fuertemente basófilos, el núcleo no es evidente. Sólo se encuentran en los folículos de organismos machos en un estado avanzado de liberación de gametos. Su media celular es de $12.1 \times 7.7 \text{ }\mu\text{m}$.

Finalmente, las células no gaméticas Tipo 12 poseen un

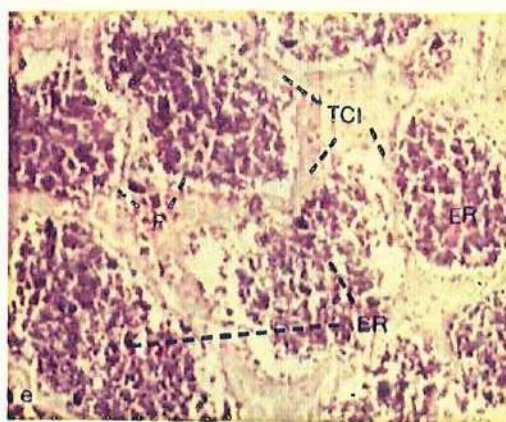
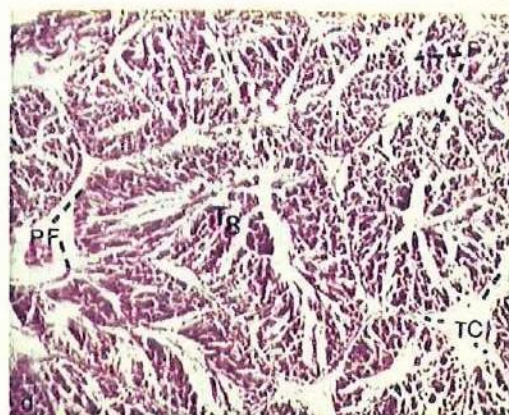
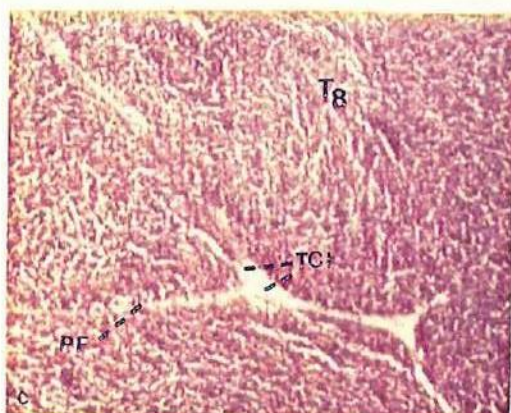
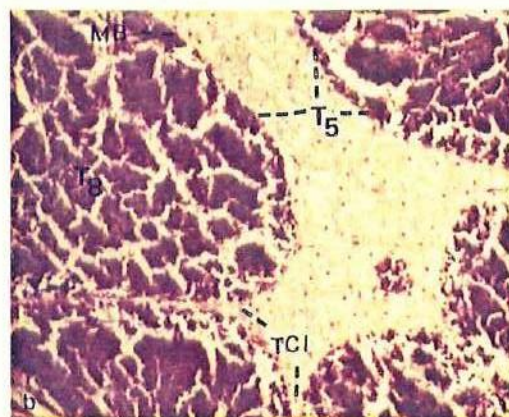
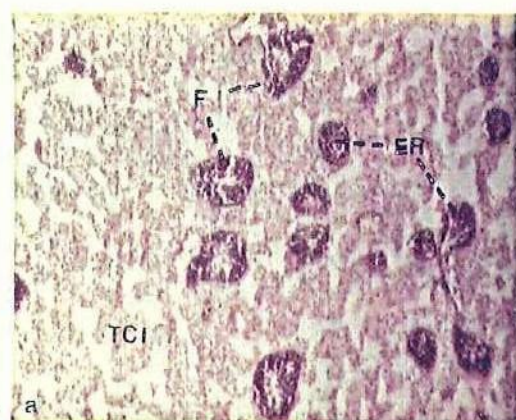
citoplasma claro levemente basófilo pero con una gran cantidad de inclusiones basófilas. El núcleo es basófilo. Se observaron en el tejido conjuntivo y cercanas a los límites foliculares. Sólo se encuentran en organismos machos. Su media celular es de 4.4 μm .

VI.1.2. Etapas de Desarrollo Sexual.

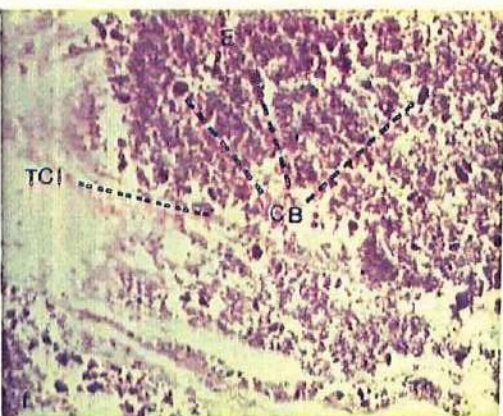
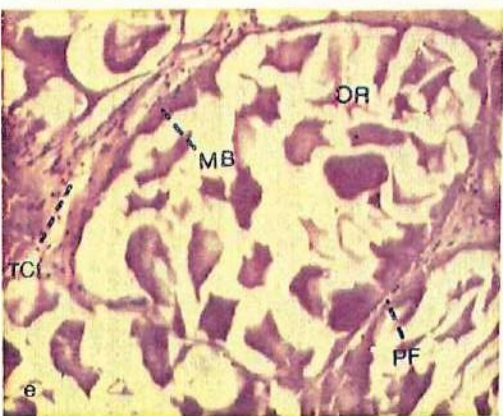
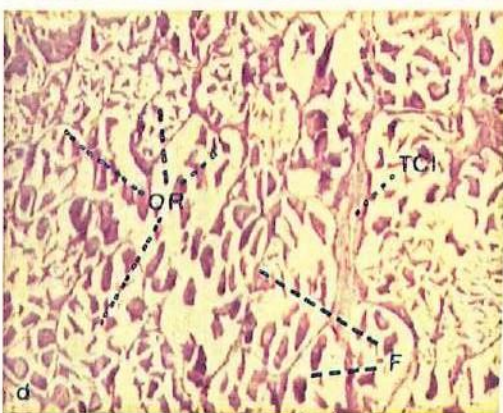
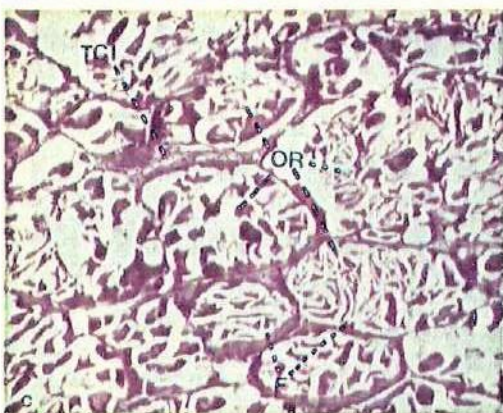
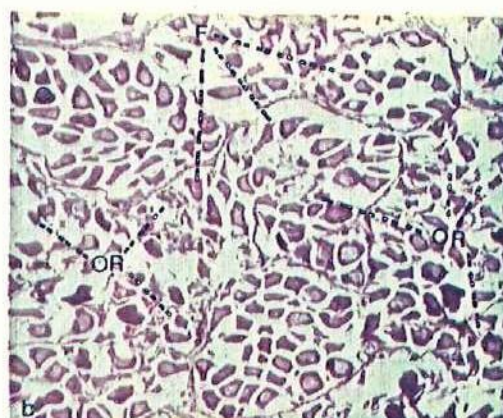
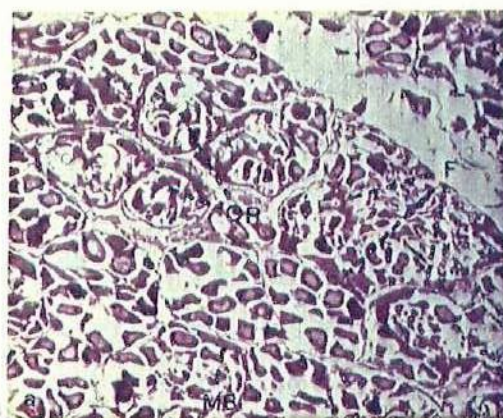
Se caracterizaron cinco etapas generales de desarrollo sexual. En esta clasificación quedan comprendidos el desarrollo observado en especímenes hembras y machos de M. capax y es aplicable tanto al grupo de organismos sometidos al tratamiento experimental como aquellos que fueron colectados en el medio natural. La Lámina 4 a-e contiene microfotografías de las cinco etapas de desarrollo sexual de especímenes hembra y en la Lámina 5 a-e las correspondientes a organismos macho. En la Lámina 6 a-f se incluyeron algunas microfotografías de gónadas en reabsorción.



LAM 4a-e.- Etapas de Madurez sexual en especímenes hembra de Modiolus capax (Tec. H.E.). LAM: (a) Etapa de Reposo (I), (b) Etapa de Maduración (II), (c) Etapa de Reproducción (III), (d) Etapa de Liberación de Gametos (IV), (e) Etapa de Post-Liberación de Gametos (V). TCI-Tejido Conjuntivo Interfollicular, PF-Pared Folículo, F-Folículo, MB-Membrana Basal, OL-Ovocito Libre. OR- Ovocitos Residuales



LAM 5a-e.- Etapas de Madurez Sexual en especímenes macho de Modiolus capax (Tec. H.E.) LAM: (a) Etapa de Reposo (I), (b) Etapa de Maduración (II), (c) Etapa de Reproducción (III), (d) Etapa de Liberación de Gametos (IV), (e) Etapa de Post-Liberación de Gametos (V). TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, PF-Pared Folicular, F-Folículo, MB-Membrana Basal, Eg-Espermatogonias, E-Espermatozoide, ER-Espermatozoides Residuales



LAM 6a-f.- Reabsorción celular incipiente observada en especímenes hembra sometidas al tratamiento experimental LAMs (a) y (b). Reabsorción generalizada (c) y (d). Acercamiento (400x) de los ovocitos en reabsorción (e). Agrupaciones ó corpusculos basófilos en gonadas de organismos macho del medio natural (f). (Tec. H.E.). F-Folículo, TCI-Tejido Conjuntivo Interfolicular, PF-Pared Folicular, MB-Membrana Basal, OR-Ovocitos Residuales, ER-Espermatozoides Residuales, CB-Corpusculos Basófilos

VI.1.2.1. Desarrollo Sexual en hembras.

ETAPA DE REPOSO:----- ETAPA I

- 1.- El tejido conjuntivo interfolicular abunda de tal forma que se encuentra prácticamente llenando el lóbulo, mismo que antes estuvo ocupado por tejido gonádico. (Lam. 4a)
- 2.- Los folículos que aún perduran son pequeños y semejantes a islas entre el tejido conjuntivo, algunos contienen 1 ó 2 células sexuales del Tipo 4 con citoplasma fragmentado y/ó núcleo picnótico, otros se encuentran vacíos.
- 3.- Tiende a ser un organismo sexualmente indiferenciado.

ETAPA DE MADURACION:----- ETAPA II

- 1.- La presencia del tejido conjuntivo es aún considerable y se encuentra delimitando muy bien a los folículos (Lam. 4b).
- 2.- Se encuentran células sexuales adheridas a la membrana basal de la pared folicular de las cuales se pueden diferenciar los Tipos 1, 2 y 3. Libre en el

lúmen folícular se encuentra el Tipo 4.

3.- La capa germinativa de los folículos aún presenta actividad en la fase final de esta etapa.

ETAPA DE REPRODUCCION:----- ETAPA III

1.- El tejido conjuntivo es sumamente escaso y ésto provoca que las paredes de los folículos, las cuales son muy delgadas, estén casi unidas entre sí. (Iam. 4c)

2.- Principalmente se encuentran células sexuales del Tipo 4 dentro del folículo, estas células presentan formas poligonales debido a la presión que ejercen unas contra otras al acumularse.

3.- Las primeras fases del desarrollo gamético se han reducido enormemente.

4.- Delimitando los folículos se encuentran presentes células clasificadas como no gaméticas, de los Tipos 9 y 10.

ETAPA DE LIBERACION DE GAMETOS:-----ETAPA IVFASE INICIAL

- 1.- El tejido conjuntivo interfolículo es sumamente escaso. (Lam. 4d)
- 2.- Los folículos son ovales, turgentes, con paredes delgadas, aún se comprimen unos con otros.
- 3.- Se ha iniciado la liberación de gametos pero aún se observa una abundante cantidad de células sexuales del Tipo 4 y aunque son muy escasas, también se observan células sexuales del Tipo 3.
- 4.- Escasa presencia de células no gaméticas de los Tipos 9 y 10.

FASE MEDIA

- 1.- Aumenta escasamente la presencia del tejido conjuntivo interfolicular.
- 2.- La conformación de los folículos aún es definida, aunque tienden a estar laxos.
- 3.- Aunque han disminuido en número, aún se encuentran abundantes células sexuales del Tipo 4.
- 4.- Las células no gaméticas de los Tipos 9 y 10 ha aumentado.

FASE FINAL

- 1.- La presencia del tejido conjuntivo interfolicular es más ó menos abundante y de conformación irregular.
- 2.- Los folículos son aún numeroso y de paredes laxas.
- 3.- La cantidad de células gaméticas del Tipo 4 ha decrecido considerablemente, aunque aún son abundantes.
- 4.- La presencia de las células no gaméticas de los Tipos 9 y 10 es más abundante.

ETAPA DE POST-LIBERACION DE GAMETOS:-----ETAPA VFASE INICIAL

- 1.- El tejido conjuntivo interfolicular ha aumentado aunque su conformación es irregular. (Lam. 4e)
- 2.- Los folículos tienen paredes completamente laxas y contienen muy escasas células sexuales del Tipo 4.
- 3.- Abundancia de células no gaméticas de los Tipos 9 y 10 en el interior y exterior del folículo.

FASE MEDIA

- 1.- El tejido conjuntivo interfolicular es muy

abundante y ha adquirido una conformación más ó menos regular.

2.- Los folículos se encuentran muy reducidos en número y tamaño y contienen residuos de células sexuales del Tipo 4.

3.- Las células de los Tipos 9 y 10 empiezan a reducir su número, aunque aún son abundantes.

FASE FINAL

1.- El lóbulo se encuentra casi lleno de tejido conjuntivo de conformación regular.

2.- Entre el tejido conjuntivo restan escasos folículos con células residuales ó sólo. Por la reducción en número y tamaño los folículos parecen islas entre el abundante tejido conjuntivo.

VI.1.2.2. Desarrollo Sexual en Machos.

ETAPA DE REPOSO:----- ETAPA I

- 1.- El tejido conjuntivo interfolicular que presenta un aspecto regular y compacto abunda de tal manera que prácticamente se encuentra abarcando la mayor parte del lóbulo, el cuál previamente estuvo ocupado por tejido gonádico. (Lam. 5a)
- 2.- Los folículos, sí aún se encuentran están reducidos en número y tamaño y son semejantes a islas entre abundante tejido conjuntivo .
- 3.- Dentro del folículo se detecta la presencia de residuos de células sexuales del Tipo 8, otros se observan vacíos.
- 4.- Tendencia del organismo hacia la indiferenciación sexual.

ETAPA DE MADURACION:----- ETAPA II

- 1.- El tejido conjuntivo es abundante y delimita perfectamente a los folículos. (Lam. 5b).
- 2.- En la membrana basal de la pared folicular se observa una capa de células sexuales en diferentes

estados de madurez, las cuales van desde células del Tipo 5 (pasando por espermatocito primario, espermatidas) hasta llegar a las del Tipo 8, las cuales se encuentran orientadas hacia el lumen del folículo.

3.- Dichos folículos son pequeños, numerosos y se encuentran parcialmente llenos de productos sexuales.

ETAPA DE REPRODUCCION:----- ETAPA III

1.- El tejido conjuntivo es escaso provocando que las paredes de los folículos se unan entre sí. (Lam. 5c)

2.- La presencia de células sexuales del Tipo 8 dentro del folículo está considerablemente aumentada con respecto a la etapa anterior, ya que los folículos se observan completamente llenos.

3.- Los folículos son más grandes que en la etapa anterior.

4.- Las células sexuales en los primeros estados de desarrollo (Tipos 5 al 7) son menos abundantes, y se limitan a una banda delgada en la pared interna del folículo.

ETAPA DE LIBERACION DE GAMETOS:----- ETAPA IV

FASE INICIAL

- 1.- El tejido conjuntivo interfolicular es sumamente escaso. (Lam. 5d)
- 2.- Los folículos son ovales, turgentes con paredes delgadas, aún se comprimen unos con otros.
- 3.- Aún cuando la liberación de gametos se ha iniciado se observa una gran cantidad de células sexuales del Tipo 8 y hacia la membrana basal se observan células sexuales en los primeros estadios de desarrollo (Tipos 6 y 7).
- 4.- Escasa presencia de las células no gaméticas de los Tipos 9 y 10.

FASE MEDIA

- 1.- La cantidad de tejido conjuntivo interfolicular se encuentra escasamente aumentada.
- 2.- La conformación de los folículos es aún definida pero tienden a estar laxos.
- 3.- Se encuentran células sexuales del Tipo 8 aunque han disminuído su número.
- 4.- Han aumentado las células no gaméticas de los Tipos 9 y 10.

FASE FINAL

- 1.- La presencia del tejido conjuntivo interfolicular es más ó menos abundante y de conformación irregular.
- 2.- Los folículos aún numerosos tienen paredes laxas y alargadas.
- 3.- La cantidad de células sexuales del Tipo 8 ha decrecido considerablemente.
- 4.- La presencia de las células no gaméticas de los Tipos 9 y 10 es más ó menos abundante.

ETAPA DE POST-LIBERACION DE GAMETOS:----- ETAPA V

FASE INICIAL

- 1.- El tejido conjuntivo interfolicular ha aumentado aunque su conformación es irregular. (Lam. 5e)
- 2.- Los folículos tienen paredes completamente laxas y contienen escasas células sexuales del Tipo 8 (generalmente en agrupaciones basófilas).
- 3.- En el exterior e interior del folículo se encuentran los Tipos 9 y 10, en el interior además se observan los Tipos 11 y 12 en regular cantidad.

FASE MEDIA

- 1.- El tejido conjuntivo interfolicular es muy abundante y ha adquirido una conformación más ó menos regular.
- 2.- Los folículos se encuentran muy reducidos en número y tamaño conteniendo sólo residuos de gametos.
- 3.- Aunque aún son abundantes, las células de los Tipos 9 y 10 han reducido su número, los Tipos 11 y 12 se observan en la misma proporción anterior.

FASE FINAL

- 1.- El tejido conjuntivo llena casi por completo al lóbulo y es de conformación regular.
- 2.- Por lo reducido de los folículos en número y tamaño semejan islas entre el abundante tejido conjuntivo.
- 3.- Los folículos se encuentran normalmente vacíos.
- 4.- Se han reducido las células no gaméticas de todos los tipos observados anteriormente.

VI.2. Condiciones Experimentales.

Durante los 120 días en que se mantuvo el lote de mejillones en el laboratorio, la temperatura media del agua en el estanque experimental fue de 19 ± 2 °C y la salinidad de 34 ± 2 o/oo. La concentración de oxígeno disuelto siempre estuvo arriba de 8.9 ml/l. Los valores mínimos y máximos registrados en el pH del agua fueron 6.9 y 7.4 respectivamente. La concentración de amonio en solución fluctuó de 0.054 a 0.091 ppm, lo cual es indicativo de que durante el bioensayo se mantuvo una buena calidad del agua dentro del estanque experimental ya que los análisis siempre se hicieron antes de renovar el agua.

En cuanto a la ración de microalgas suministrada diariamente (valores relativos al peso seco del tejido blando del mitílido) en septiembre ésta fue de: 0.51 ± 0.20 %, en octubre 0.71 ± 0.31 %, en noviembre 0.93 ± 0.35 % y en diciembre 0.88 ± 0.27 %.

En Bahía de los Angeles B.C., localidad donde mensualmente se colectó un grupo de mejillones para contrastar la condición reproductiva de Modiolus capax en el medio natural con la de los organismos sometidos al

tratamiento experimental, la única variable ambiental medida fue la temperatura del agua. En la Figura 4 se muestra el cambio mensual de esta variable registrado durante el período experimental (julio a diciembre de 1986). Los valores graficados son promedios mensuales. Los datos diarios fueron facilitados por el Oc. Gilberto Flores Muñoz del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la Universidad Autónoma de Baja California (U.A.B.C.). Como puede observarse, la temperatura media más alta (29.6°C) fue la de agosto de 1986, mes en que se colectó el lote experimental de mejillones. La más baja (15.7°C) fue la de diciembre, mes en que finalizó el bioensayo.

La longitud anteroposterior, el ancho y la altura de la concha de los mejillones que conformaron el lote experimental fueron en promedio 72.6 ± 5.88 , 37.5 ± 3.31 y 28.6 ± 2.76 mm, respectivamente. En los organismos control, es decir los colectados mensualmente en el medio natural, la longitud anteroposterior promedio fue de 78.4 ± 8.08 mm mientras que el ancho y la altura de la concha fue de 40.0 ± 3.38 y 30.6 ± 3.18 mm, respectivamente. En estos últimos, el peso seco de la concha fue de 24.7 ± 5.53 g y en el lote experimental de 19.5 ± 4.25 g. Como puede apreciarse a través de los valores citados, las dimensiones y el peso de la concha de los dos grupos fueron similares.

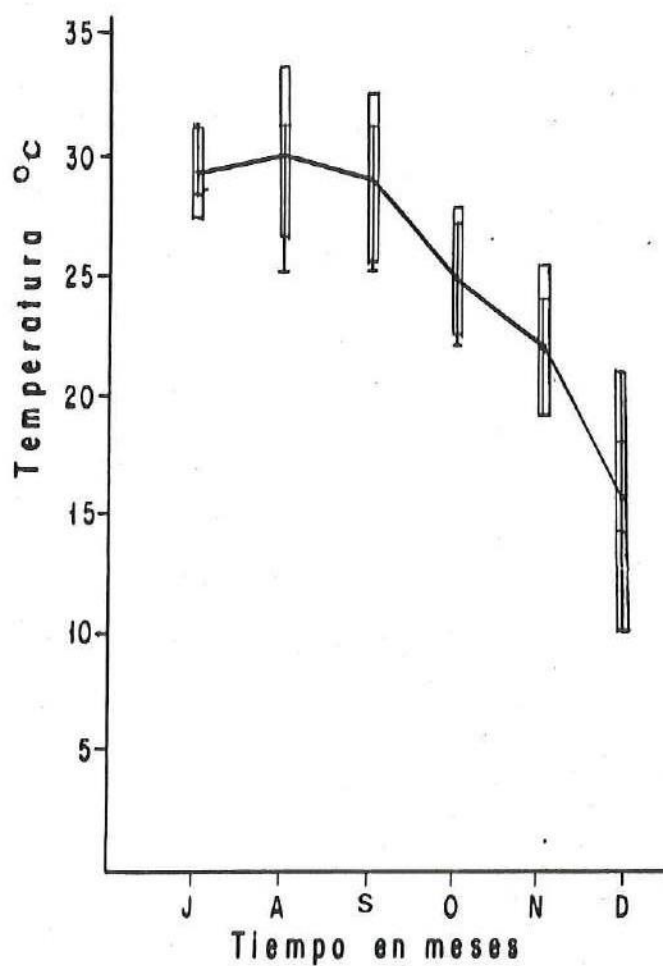


FIG. 4.- Variación mensual de la temperatura del agua de Bahía de los Angeles, B.C., de julio a diciembre de 1986. Se indica el promedio mensual y correspondiente desviación estándar así como los valores máximos y mínimos registrados.

Así mismo ratifican que la longitud anteroposterior del grupo control y del experimental estuvo acorde con el rango de 70 - 90 mm preestablecido.

Las características que en el transcurso del estudio si registraron variaciones muy significativas fueron el peso de la gónada (exclusivamente el mesosoma) y el peso de la carne. En ambos grupos, experimental y control, el peso húmedo de la gónada se redujo notablemente desde septiembre mientras que el peso húmedo de la carne a partir de esa fecha mostró un incremento continuo (Fig. 5). Aunque la tendencia general de estas variables fue similar, el cambio observado en el lote experimental fue menor que en el control.

Los cambios en el peso de la carne y de la gónada antes descritos también se reflejaron en los índices de condición estimados. En la figura 6a se muestra el cambio mensual del promedio global (incluye machos, hembras y organismos macroscópicamente indiferenciados) del Índice de Condición General (I.C.G.) del lote experimental y del control y en la figura 6b los correspondientes a el Índice Gonádico (I.G.). Como puede observarse, aunque los dos índices registraron un notable decremento a partir de septiembre, el decremento fue siempre menor en los organismos sometidos al tratamiento experimental.

(----) PESO HUMEDO DE LA CARNE
 (—) PESO HUMEDO DE LA GONADA

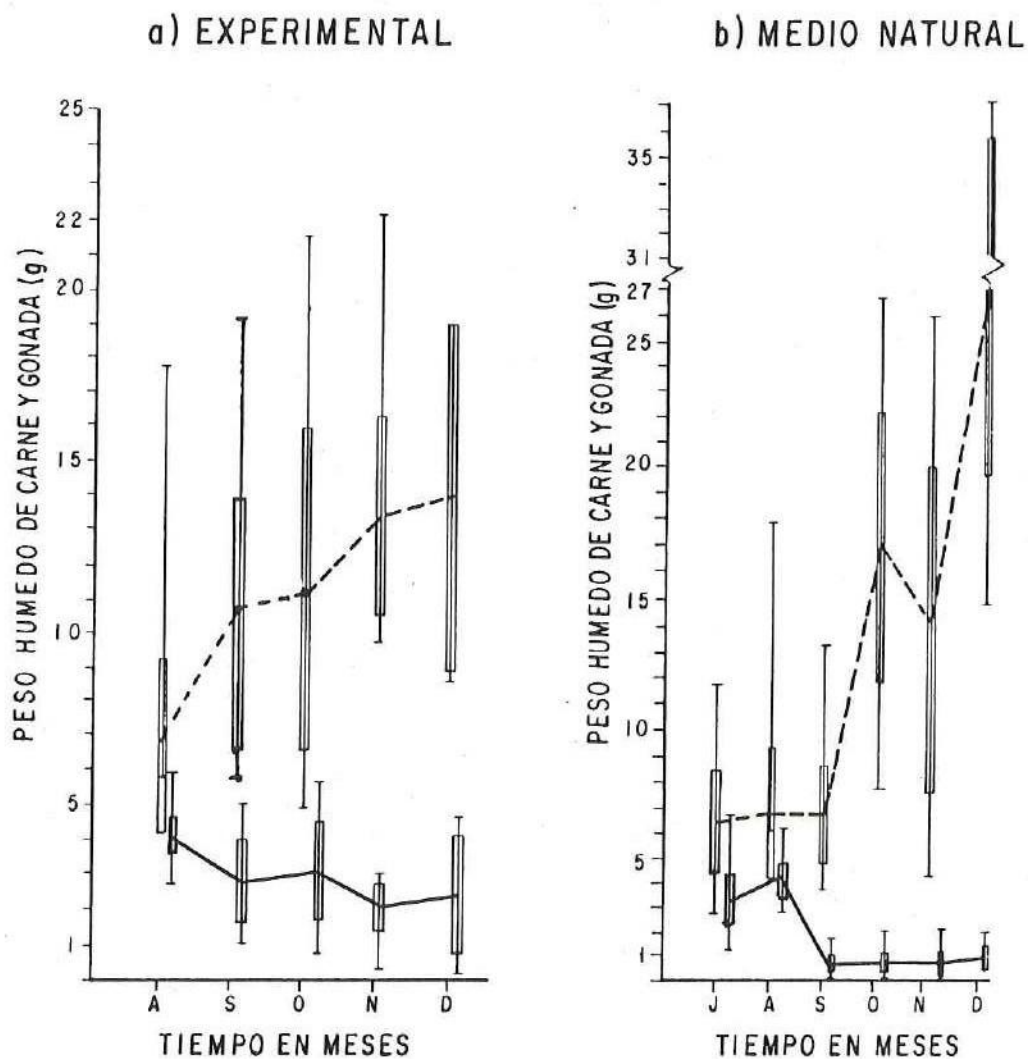


FIG. 5.- Fluctuación mensual en el Peso Húmedo de la carne (---) y de la gónada (—) del lote experimental de mejillones Modiolus capax Conrad (a) y de los especímenes colectados mensualmente en Bahía de los Angeles B.C. (b) Se indica el promedio, la desviación estándar y los valores máximos y mínimos registrados.

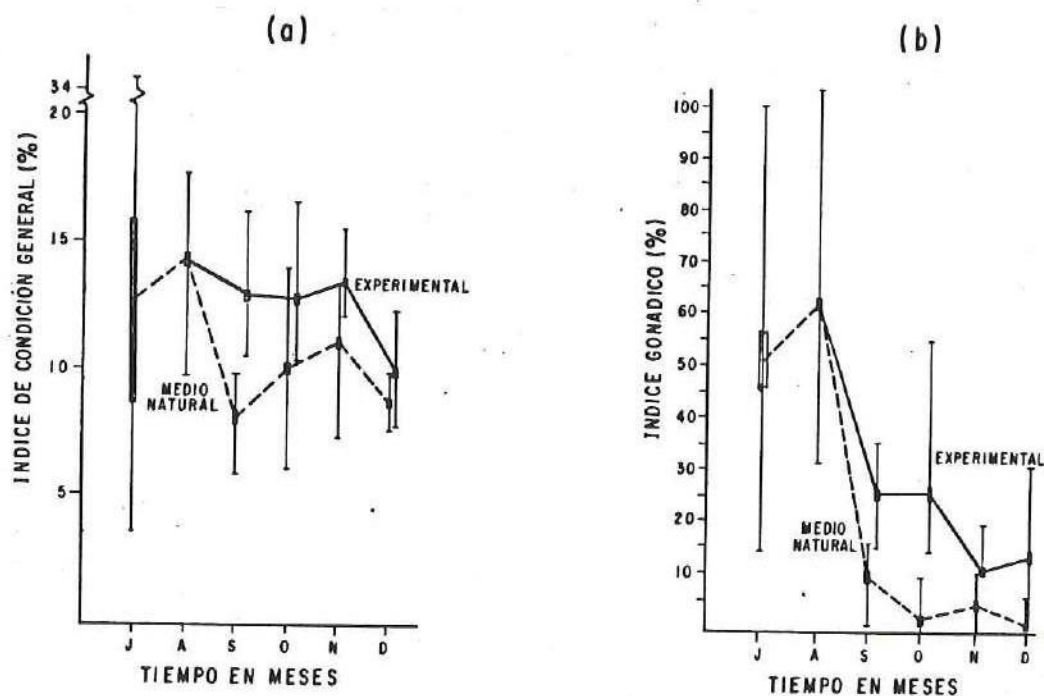


FIG. 6.- Cambio mensual del Índice de Condición General (I.C.G.) (a) y el Índice Gonádico (I.G.) (b) estimado en el lote de *Modiolus capax* Conrad sometido al tratamiento experimental (—) y el estimado en organismos colectados en Bahía de los Angeles, B.C. (---). Las estadísticas (promedios, desviaciones estándar, máximos y mínimos) agrupan machos, hembras y organismos macroscópicamente indiferenciados.

En la tabla IV se desglosa el cambio mensual del Índice Gonádico (I.G.) registrado en los organismos hembras, machos y especímenes macroscópicamente indiferenciados, así como la etapa de desarrollo sexual determinada en el análisis histológico de los especímenes colectados mensualmente en el medio natural.

La tabla V contiene la información relativa al lote experimental. En éstas tablas puede apreciarse que en los organismos extraídos del medio natural los promedios mensuales del Índice Gonádico (I.G.) en hembras y machos fue muy similar. Esta condición también se observó en el lote experimental, excepto en diciembre, mes en que el índice promedio de las hembras fue mayor al de los machos (29.0 ± 6.48 y $14.2 \pm 0.35 \%$, respectivamente). En los especímenes macroscópicamente indiferenciados, aunque el índice más alto fue similar en los dos grupos (aproximadamente 6 %), en el medio natural se les encontró a partir de septiembre, mientras que en el lote sometido al tratamiento experimental se les extrajo por primera vez en noviembre.

De acuerdo a las etapas de desarrollo sexual consiguadas en las tablas IV y V, en las muestras obtenidas durante el relativamente corto período de estudio (seis meses) se encontraron representados los cinco estadios

TABLA IV.- Variación mensual del Índice Gonádico (I.G.) de hembras, machos y organismos macroscópicamente indiferenciados y las correspondientes etapas de madurez sexual registradas en especímenes de Modiolus capax Conrad colectados en Bahía de los Angeles B.C. Las Etapas de Madurez Sexual están definidas como: I.- Reposo, II.- Maduración, III.- Reproducción, IV.- Liberación de Gametos, V.- Post-Liberación de Gametos.

Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Índice Gonádico en ♂ (±)	55.3 ± 15.49	71.3 ± 23.16	12.5 ± 3.10	5.0 ± 2.32	5.5 ± 2.83	2.5 ±
Índice Gonádico en ♀ (±)	51.1 ± 24.84	62.3 ± 15.08	11.9 ± 4.46	5.8 ± 2.70	5.0 ± 1.09	2.7 ± 4.1
Índice Gonádico en organismos macroscópicamente indiferenciados (±)	- - -	- - -	6.7 ± 2.61	3.2 ± 2.24	4.3 ± 2.72	4.1 ± 3.39
Etapas de desarrollo sexual en ♂	II _m	III _f - IV _i IV _m	V _i - V _m	V _i - V _f V _m	V _m - V _f	- - -
Etapas de desarrollo sexual en ♀	II _m - II _f	III _f - IV _i IV _m	V _m	V _f	V _f	V _f
Estadio de indiferenciación microscópica		- - -	- - -	I	- - -	I

TABLA V.- Variación mensual del Índice Gónadico (I.G.) de hembras, machos y organismos macroscópicamente indiferenciados y las correspondientes etapas de madurez sexual del lote de mejillones Modiolus capax Conrad sometido al tratamiento experimental. Las Etapas de Madurez Sexual están definidas como: I.- Reposo, II.- Madurez, III.-Reproductiva, IV.- Liberación de Gametos, V.- Post-Liberación de Gametos. (R.- se refiere al proceso de reabsorción celular observado).

Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Índice Gónadico en ♂ (g)	71.3 ± 23.16	28.4 ± 6.48	27.8 ± 14.39	18.0 ± 2.17	14.2 ± .35
Índice Gónadico en ♀ (g)	62.3 ± 15.08	25.3 ± 6.44	29.8 ± 13.74	17.0 ± 2.99	29.0 ± 6.48
Índice Gónadico en organismos macroscópicamente indiferenciados (g)	- - -	- - -	- - -	6.2 ± 2.27	.44 ±
Etapas de desarrollo sexual en ♂	III _f - IV _f IV _m	IV _f - IV _m	IV _f - IV _m	III _f - IV _f	III _f - IV _f
Etapas de desarrollo sexual en ♀	III _f - IV _f IV _m	IV _m - R	IV _f	IV _f - R	- - -
Estadio de indiferenciación microscópica	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -

básicos de desarrollo sexual (Reposo, Maduración, Reproducción, Liberación de Gametos, Post-Liberación de Gametos; Etapas I-V). Sin embargo cabe señalar que en la Etapa V se encontró a la mayoría de las muestras extraídas del medio natural y en la IV los del bioensayo. Esto hizo necesario describir la evolución temporal de estas dos etapas en fases inicial, media y final.

Las frecuencias relativas en las diversas etapas de desarrollo sexual determinadas histológicamente cada mes en hembras y machos de los organismos colectados en la bahía se presentan en las figuras 8a y 8b, respectivamente. En las figuras 7a y 7b están los histogramas correspondientes a los organismos hembra y macho del lote experimental. En el control se pueden apreciar tres eventos importantes: la maduración de la población en julio, la liberación masiva de gametos en agosto y en septiembre el inicio de un período de inactividad sexual extensiva hasta diciembre. En los histogramas correspondientes al lote experimental, aunque se encontró retención de gametos, se observa una diferencia importante entre las frecuencias relativas de los estadios encontrados inicialmente y la de los meses subsecuentes. Esto fue especialmente notable en las hembras, donde además de la reabsorción de ovocitos, a partir de septiembre el 100 % de los especímenes analizados presentaban evidencias de liberación de gametos (Etapa IV)

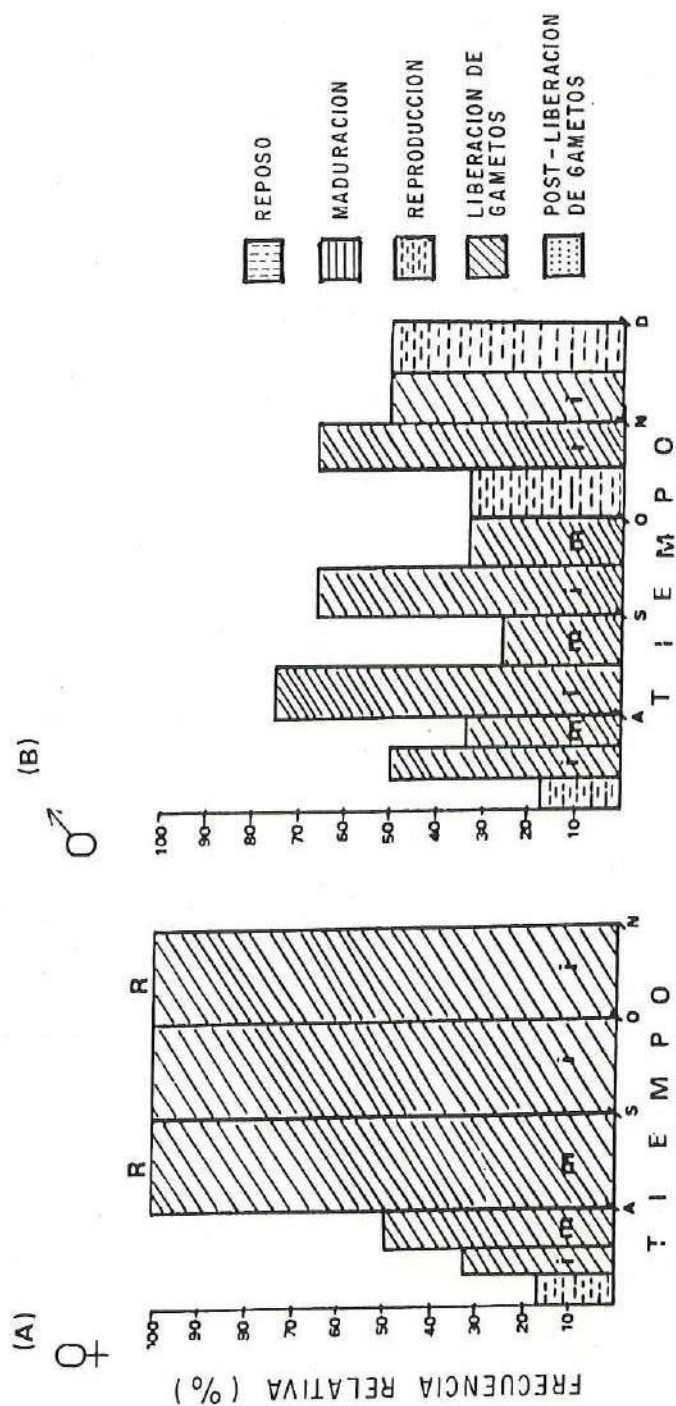


FIG. 7.- Frecuencia relativa de las Etapas de Madurez Sexual de los especímenes hembra (A) y macho (B) extraídos mensualmente del lote de Modiolus capax Conrad sometido al tratamiento experimental. En las Etapas IV y V se indica la fase observada como: (I) inicial, (M) media y (F) final.

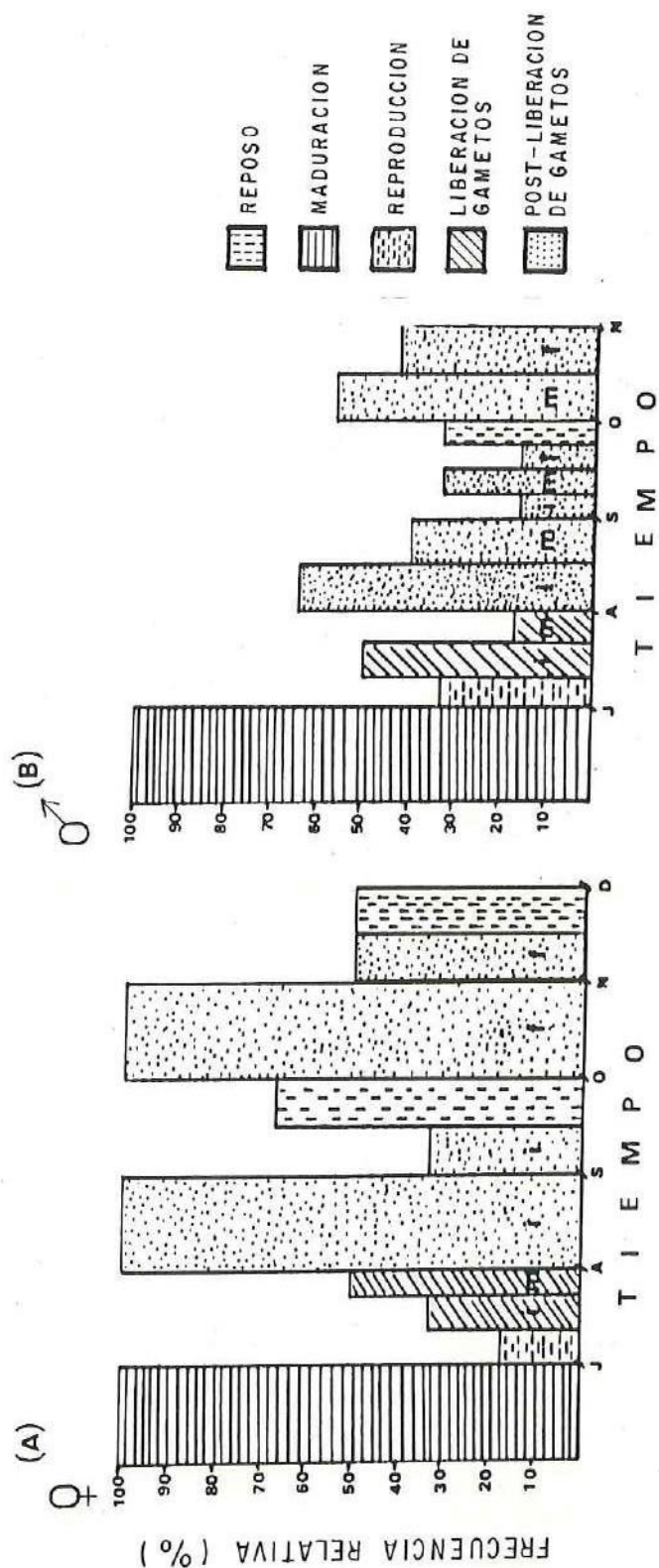


FIG. 8.- Frecuencia relativa de las Etapas de Madurez Sexual en los especímenes hembra (A) y macho (B) de *Modiolus capax* Conrad colectados mensualmente en Bahía de los Angeles, B.C. En la Etapa IV se indica la fase observada como: (I) inicial, (M) media y (F) final.

inicial ó media mientras que en agosto el 17 % estaba en Etapa III, el 33 % en Etapa IV inicial y el 50 % en Etapa IV media.

Con el objeto de contrastar más de cerca la evolución mensual del desarrollo sexual observado en los organismos sometidos al bioensayo y el de los colectados en el medio natural, a continuación se hace una relación cronológica de los eventos que caracterizaron a cada grupo.

En la muestra de mejillones colectados en julio de 1986, el promedio global (hembras, machos y organismos macroscópicamente indiferenciados) del Índice de Condición General (I.C.G.) fue de 12.6 %. Los pesos húmedos de la carne y de la gónada registraron una media de 6.4 y 3.2 g, respectivamente. El Índice Gonádico (I.G.) en especímenes hembras fue de 51.1 ± 24.8 % y de 55.3 ± 15.49 % en machos (Figs. 5 y 6, Tabla IV).

En el análisis histológico de las gónadas se observaron células gaméticas de los Tipos 2 y 3 y en menor proporción los Tipos 1 y 4 en las hembras; en los machos se encontraron los Tipos 5, 6 y 7 y en menor proporción el Tipo 8; las células no gaméticas fueron especialmente los Tipos 9 y 10. De acuerdo a los criterios histológicos definidos en la sección VI.1.2, en ambos sexos el 100 % de

los organismos analizados se ubicó en el estadio de Maduración ó Etapa II (Fig. 7b, Tabla IV).

En julio de 1986 la temperatura media del agua en Bahía de los Angeles, B.C. fue de 29.5 °C. En agosto la temperatura media del agua se había incrementado a 29.6 °C (Fig. 4). En este último mes también se registró un incremento general de los diversos índices de condición reproductiva, seleccionándose del grupo de mejillones colectados la muestra de 200 organismos que conformaron el lote experimental. Al iniciarse el bioensayo el promedio global del Índice de Condición General (I.C.G.) en el lote era de 13.8 % (Fig. 6a) y los promedios correspondientes a el peso húmedo de la carne y de la gónada de 6.8 y 4.1 g, respectivamente (Fig. 5). El Índice Gonádico (I.G.) en especímenes hembras era de 62.3 ± 15.08 % y de 71.3 ± 23.16 en machos (Fig. 6b, Tabla IV).

Las células gaméticas observadas en las gónadas de organismos hembra fueron los Tipos 3 y 4, este último fue el más abundante. En los machos se encontraron escasas células de los Tipos 6 y 7 y una gran abundancia de células gaméticas del Tipo 8. En ambos sexos las células no gaméticas que predominaron fueron los Tipos 9 y 10. Con los criterios de la sección VI.1.2 se definió que el 17 % de las hembras estaban en la Etapa III ó de Reproducción,

el 33 % en fase inicial de Liberación de Gametos (Etapa IV) y el 50 % en una fase más avanzada de esta misma etapa. El 33 % de los machos se encontró en la Etapa III de desarrollo sexual, el 50 % con una incipiente Liberación de Gametos y el 17 % en una fase media de esta misma etapa (Fig. 7 , Tabla IV).

En septiembre, los organismos provenientes del medio natural presentaron un ostensible decremento en sus índices de condición reproductiva. El Índice de Condición General (I.C.G.) (promedio global) se redujo a 7.9 % (Fig. 6a) y los pesos húmedos (Fig. 5b) de la carne y de la gónada disminuyeron a 6.6 y 0.6 g, respectivamente. El Índice Gonádico (I.G.) en las hembras decayó a 11.9 ± 4.46 % y en los machos a 12.6 ± 3.10 % (Fig. 6b). Por primera vez se encontraron organismos macroscópicamente indiferenciados. Su Índice Gonádico (I.G.) fue de 6.7 ± 2.61 % (Tabla IV).

Las células gaméticas predominantes en las hembras fueron del Tipo 4, en su mayoría fragmentadas, y en los machos las del Tipo 8 las cuales generalmente se encontraron en agrupaciones basófilas. Las células no gaméticas de los Tipos 9 y 10 fueron notablemente abundantes y en los machos también se observaron los Tipos 11 y 12. Al 100 % de los organismos hembra se les encontró en la fase media de la Etapa V ó de Post-Liberación de

Gametos. En los machos el 60 % se encontró en la fase inicial y el 40 % en la fase media de la Etapa V (Fig. 7, Tabla IV).

En septiembre se efectuó la primera extracción de los organismos sometidos al tratamiento experimental. Aunque también se observó una reducción en los índices de condición, ésta fue mucho menor a la estimada en los organismos colectados este mes en Bahía de los Angeles, B.C.. En el lote experimental el Índice de Condición General (I.C.G.) (promedio Global) sólo se redujo a 12.8 % (Fig. 6a) y los pesos húmedos de la carne y de la gónada a 10.5 y 2.8 g, respectivamente (Fig. 5a). En los machos el Índice Gonádico (I.G.) estimado fue de 28.4 ± 6.48 % y en las hembras 25.3 ± 8.44 % (Fig. 6b, Tabla V).

Las células gaméticas observadas en los especímenes hembra fueron los Tipos 3 y 4. En los machos se observaron los Tipos 5, 6, 7 y en abundancia el Tipo 8. En ambos sexos las células no gaméticas de los Tipos 9 y 10 fueron escasas. Con los criterios de la sección VI.1.2 se definió que el 100 % de las hembras estaba en la Etapa IV ó de Liberación de Gametos en su fase intermedia pero con un proceso de reabsorción celular confinado a la periferia de los folículos. En el 75 % de los machos se encontró evidencia de una Liberación de Gametos inicial y en el 25 %

de una fase media de esta misma etapa. No se observó reabsorción de gametos en los machos (Fig. 8, Tabla V).

En octubre los organismos colectados en Bahía de los Angeles, B. C., mostraron un nuevo decremento en sus índices de condición. El Índice de Condición General (I.C.G.) fue de 9.8 % (Fig. 6a) y los promedios correspondientes al peso húmedo de la carne y de la gónada fueron de 16.8 y 0.8 g, respectivamente (Fig. 5b). El Índice Gónadico (I. G.) en las hembras se redujo a 5.8 ± 2.70 % y en los machos a 5.0 ± 2.32 % (Fig. 6b, Tabla IV).

En el estudio histológico de las gónadas se observaron predominantemente los tipos celulares 4 y 8 (ovocitos libres y espermatozoides), ambos con aspecto de citólisis. También se observó una abundancia de células no gaméticas de los Tipos 9, 10, 11 y 12, los dos últimos sólo en los machos. De los organismos definidos macroscópicamente como hembras, en el estudio histológico de la gónada el 66 % se clasificó en Etapa I (Reposo) y el 33 % en la fase final de la Etapa V ó de Post - Liberación de Gametos. En cuanto a los machos sólo el 33 % se encontró en la Etapa de Reposo, el resto presentaba características propias de la Etapa de Post - Liberación de Gametos, el 16 % estaba en la fase inicial, el 33 % en la fase media y el 16 % en la fase final de esta etapa (Fig. 7, Tabla IV).

Los organismos del lote experimental extraídos en octubre presentaron una condición reproductiva mejor a la del grupo de mejillones colectados este mes en el medio natural. En general, la condición reproductiva de la muestra fue muy similar a la observada en el mes anterior. El Índice de Condición General (I.C.G.) (promedio global) se conservó en 12.6 % (Fig. 6a) y los pesos húmedos de la carne y de la gónada en 11.3 y 3.1 g, respectivamente (Fig. 5a). El Índice Gonádico (I.G.) en las hembras se estimó en 29.8 ± 13.74 % y en los machos en 27.8 ± 14.39 % (Fig. 6b, Tabla V).

Las células gaméticas observadas en mayor número dentro de los folículos fueron los Tipos 4 y 8 (ovocitos libres y espermatozoides) y fuera de éstos escasas células no gaméticas de los Tipos 9 y 10. Al 100 % de la hembras analizadas se les encontró en las primeras fases de la Etapa IV (Liberación de Gametos). No se observaron ovocitos en reabsorción. En la fase inicial de la Etapa IV se encontró al 66 % de los machos y el 33 % restante se ubicó en la fase media de esta misma Etapa IV (Fig. 8, Tabla V).

En noviembre, el grupo de mejillones colectados en el medio natural registró, en promedio, un ligero incremento en el peso húmedo de la gónada y en el Índice de Condición

General (I.C.G.) con respecto a los valores estimados en el mes anterior. Sin embargo, el peso húmedo de la gónada y el Índice Gonádico (I.G.) no registraron cambios sustanciales. El promedio global del Índice de Condición General fue de 10.9 % (Fig. 6a), el peso húmedo de la carne fue de 13.3 g y el peso húmedo de la gónada de 0.6 g (Fig. 5b). En las hembras el Índice Gonádico se estimó en 5.0 ± 1.09 % y en los machos 5.5 ± 2.83 % (Fig. 6b, Tabla IV). En el estudio histológico el 100 % de las hembras se clasificó en en la fase final de la etapa de desarrollo sexual Post-Liberación de Gametos ó Etapa V (Fig. 7, Tabla IV). El 57 % de los machos se ubicó en la fase media y el 43 % en la fase final de la Etapa V ó Post-Liberación de Gametos (Fig. 7, Tabla IV).

En noviembre, la condición de los mejillones extrídos del lote experimental fue ligeramente inferior a la observada en el mes anterior. El Índice de Condición General (I.C.G.) estimado este mes fue de 13.3 % (Fig. 6a). El peso húmedo de la carne fue de 13.4 g y el de la gónada de 2.11 g (Fig. 5a). El Índice Gonádico (I.G.) en las hembras se estimó en 17.0 ± 2.99 % y el de los machos en 18.0 ± 2.17 % (Fig. 6b, Tabla V).

En el estudio histológico de las gónadas se observó abundancia de células gaméticas de los Tipos 3 y 4 en las

hembras y en los machos los Tipos 7 y 8. En las hembras fue evidente un generalizado proceso de reabsorción desde la periferia hasta el lumen del folículo. En el 100 % de la hembras el desarrollo sexual se clasificó como fase inicial de la Etapa IV con reabsorción celular. Al 33 % de los machos analizados se les encontró en Etapa III ó de Reproducción y el 66 % restante en la fase inicial de Liberación de Gametos ó Etapa IV. En éstos no se observó reabsorción de gametos (Fig. 8, Tabla V).

En diciembre la temperatura media del agua en Bahía de los Angeles, B.C., descendió de 22.0 °C (promedio estimado en noviembre) a 15.7 °C. En el grupo de mejillones colectados este mes el Índice de Condición General (I.C.G.) fue de 8.5 % (Fig. 6a), estimándose un peso húmedo de carne de 27.1 g y de gónada de 0.9 g (Fig. 5b). El Índice Gonádico (I.G.) en especímenes hembra fue de 2.7 ± 4.1 % y en macho de 2.5 %, éstos fueron los más bajos registrados durante el período experimental. En los organismos macroscópicamente indiferenciados éste índice fue de 4.1 ± 3.39 % (Fig. 6b, Tabla IV).

En el estudio histológico no se determinaron especímenes macho, consecuencia del procedimiento aleatorio utilizado en la selección. Durante el análisis se observaron células gaméticas del Tipo 4 en lisis y

células no gaméticas de los Tipos 9 y 10. De acuerdo a los criterios histológicos definidos en la sección VI.1.2. el 50 % de la muestra se clasificó en la fase final de la Etapa V de desarrollo sexual (Post-Liberación de Gametos) y el otro 50 % en Etapa I ó Reposo (Fig. 7, Tabla IV).

En el lote experimental, este mes de diciembre el Índice de Condición General (I.C.G.) (promedio global) se estimó en 9.5 % (Fig. 6a). En promedio, el peso húmedo de la carne fue de 13.9 g y el de la gónada de 2.5 g. El Índice Gonádico (I.G.) en organismos definidos macroscópicamente como hembras fué de 29.0 ± 6.48 % y en los machos de $14.2 \pm .35$ % . En los organismos macroscópicamente indiferenciados éste es de .44 % (Fig. 6b, Tabla V).

En la muestra sometida al tratamiento histológico no se encontraron hembras. Las células gaméticas observadas fueron de los Tipos 6, 7 y 8, este último fué el más abundante. La presencia de los Tipos 9 y 10 (células no gaméticas) fue escasa. Al 50 % de los organismos macho analizados se les ubicó en la fase final de la Etapa III ó de Reproducción y el otro 50 % en la fase inicial de Liberación de Gametos ó Etapa IV sin evidencias de reabsorción (Fig. 8, Tabla V).

VII. DISCUSION

De manera general, el ciclo reproductivo en bivalvos incluye la acumulación de los nutrientes que serán utilizados durante la gametogénesis, proliferación de las células goniales, diferenciación y crecimiento de los gametos (ovocitos y espermatocitos) incluyendo el proceso de vitelogénesis en las hembras, madurez fisiológica de los gametos completamente desarrollados y su liberación. Por último un período de inactividad reproductiva ó reposo que es el período en que los gametos residuales son fagocitados (Giese y Pearse, 1974; Bayne, 1975; Seed, 1976).

Mediante el estudio histológico de la gónada, las fases del ciclo reproductivo antes señaladas son relativamente fáciles de identificar. Sin embargo, dado que el crecimiento y maduración de los gametos así como su liberación son procesos continuos, consecuentemente presentan etapas de desarrollo intermedio. Aunque existen ciertos criterios para separar las fases de desarrollo intermedio, la subdivisión final, (ó número de etapas) está sujeta al juicio del analista. Por ejemplo, para el mitílido Mytilus edulis CHipperfield (1953) propone cuatro etapas de desarrollo, mientras que la subdivisión utilizada

por Seed (1969) para describir el ciclo reproductivo de la misma especie consta de diez etapas.

El ciclo reproductivo anual de Modiolus capax Conrad, el mitílido objeto del presente estudio, ya fue establecido en dos poblaciones naturales del Golfo de California. Sin embargo cabe señalar que en los dos estudios disponibles se utilizaron escalas de madurez (número de estadios de desarrollo) muy diferentes.

La escala de madurez diseñada y utilizada por Ochoa-Báez (1985) para describir el ciclo reproductivo de M. capax en la Bahía de la Paz, B.C.S., consta de 7 etapas. En contraste, la escala posteriormente diseñada y aplicada por Garza-Aguirre (1987) para las poblaciones del mitílido de Bahía de los Angeles, B.C., contiene 14 estadios de desarrollo.

Debido a que los especímenes utilizados en la presente investigación fueron colectados en Bahía de los Angeles, B.C., inicialmente se consideró aplicar la escala propuesta por Garza-Aguirre (op.cit.), sin embargo ésta resultó ser extremadamente detallada para los fines y tiempo de duración del estudio. Por otra parte, aunque el objetivo de este trabajo no fue establecer una nueva escala de madurez para M. capax, el análisis de las preparaciones

histológicas de las gónadas de los organismos utilizados en el bioensayo de dilación de la liberación de gametos y de los colectados durante el período experimental en el medio natural (control), reveló que, sin perder información, era posible diseñar una escala de madurez más práctica, sencilla y adecuada a los objetivos de este estudio que las escalas propuestas por las autoras antes citadas.

En este esquema sólo se definen cinco etapas denominadas: Reposo, Maduración, Reproducción, Liberación de Gametos y Post-Liberación de Gametos (LAMS. 4 y 5). En la tabla VI se registran las equivalencias de ésta con las escalas propuestas por Ochoa-Báez (op.cit.) y Garza-Aguirre (op.cit.).

La Etapa de Reposo (Etapa I) descrita en este estudio corresponde a los estadios 0 denominados Indiferenciado por Ochoa-Báez (op.cit.) y Reposo por Garza-Aguirre (op.cit.). La Etapa de Maduración ó Etapa II puede corresponder a los estadios I y II (Gametogénesis Inicial y Gametogénesis Media, respectivamente) en la escala de Ochoa-Báez (op.cit.), mientras que en la de Garza-Aguirre (op.cit.) puede comprender las cuatro etapas de crecimiento denominadas: C1 (inicio de la gametogénesis), C2 (presencia de los primeros gametos maduros), C3 (igual proporción de gametos maduros e inmaduros) y C4

TABLA VI.- Etapas de Madurez Sexual en el ciclo reproductivo de Modiolus capax Conrad propuestas por Ochoa-Báez (1985) y por Garza-Aguirre (1987) y el esquema diseñado para este estudio.

Escala de Madurez propuesta por Ochoa-Báez (1985)	Síntesis propuesta para éste trabajo	Escala de madurez propuesta por Garza-Aguirre (1987)
Estadio 0 Indiferenciado	Etapa de Reposo (Etapa I)	Etapa 0 Indiferenciado
Estadio I (gametogénesis inicial) Estadio II (gametogénesis media)	Etapa de Maduración (Etapa II)	Etapas de Crecimiento. C ₁ -Gametogénesis Inicial C ₂ -10's. Gametos Maduros. C ₃ -Predominancia de Gametos Maduros e Inmaduros C ₄ -Predominancia de Gametos Maduros.
Estadio III (gametogénesis avanzada)	Etapa de Reproducción (Etapa III)	Etapa C ₅ Gónada completamente Madura.
Estadio IV (Desove) Estadio V (Desovado)	Etapa de Liberación de Gametos (Etapa IV)	Etapas de liberación de Gametos (L. de G.) D ₄ -Inicia la L. de G. (*) D ₃ -Aproximadamente la mitad de la gónada vacía. D ₂ -Menos de la mitad de la gónada con gametos maduros.
Estadio VI (Post-Liberación de gametos)	Etapa de Post-liberación de Gametos. (Etapa V)	Etapa D ₁ D ₁ -Sólo gametos residuales y Procesos de Citólisis.
	E ₃ / E ₄ E ₂ / E ₃	Etapas Combinadas C ₄ /D ₁ -igual que C ₄ pero con liberación de gametos C ₃ /D ₁ -igual que C ₃ pero con L. de G. D ₂ /C ₁ -igual que D ₂ pero con gametogénesis. D ₁ /C ₁ -Gónada con gametos residuales y reinicio de gametogénesis.

(*) L. de G.: Liberación de Gametos.

(predominancia de gametos maduros).

El desarrollo gamético caracterizado como Etapa de Reproducción (Etapa III) puede contener al estadio III (Gametogénesis Avanzada) en el esquema de Ochoa-Báez (op.cit.) y la etapa de Crecimiento C5 (gónada completamente madura) en la escala de Garza-Aguirre (op.cit.).

La etapa de Liberación de Gametos (Etapa IV) descrita en este estudio, contiene al estadio IV (Desovado y en Recuperación) y el estadio V (Desovado) de la escala diseñada por Ochoa-Báez (op.cit.). El esquema de Garza-Aguirre (op.cit.) también tiene una etapa de Liberación de Gametos pero la desglosa en: D4 (inicio de la emisión de gametos), D3 (aproximadamente la mitad de la gónada vacía), D2 (menos de la mitad de la gónada con gametos maduros) y D1 (sólo gametos residuales, procesos de citólisis). Esta última característica corresponde a la Etapa de Post-Liberación de Gametos (Etapa V) de este estudio y al estadio VI, de igual nombre, en el esquema de Ochoa-Báez (op.cit.).

Además de las etapas ya señaladas, Garza-Aguirre (op.cit.) propone cuatro adicionales, denominadas C4/D, C3/D, D2/C y D1/C ó etapas combinadas de

crecimiento-liberación de gametos.

En el presente trabajo se describieron las características anatómicas de los Tipos celulares observados en el desarrollo sexual de M. capax (Tablas I - III) debido a que en los dos estudios antes citados no se incluyó esta información.

Aunque la formación de las células germinales sigue el mismo patrón en los pelecípodos (ovogonia - ovocito libre, espermetogonia - espermatozoide) el tamaño de los elementos celulares involucrados puede variar de una especie a otra. Por otra parte, además de las células gaméticas, en la gónada de los bivalvos existe una variedad de células no gaméticas con características y funciones diversas (Tranter, 1958; Field , 1922; Wilson y Hodgkin, 1967).

Tranter (op.cit.) describe tres tipos de células intrafoliculares en Pinctada albina, llamadas células Tipo A, B y C. Al Tipo A lo caracteriza como amebocito con función fagocítica. Por sus características anatómicas, este tipo celular parece corresponder al Tipo 12 descrito en este trabajo (Tabla III, Lam. 3), el cual siempre se le encontró asociado a la liberación de gametos en su fase avanzada y sólo fue observado en organismos macho. El Tipo celular 11 también presentó estas dos últimas

características, no obstante su diferencia anatómica (Tabla III, Lam. 3).

De los Tipos celulares B y C Tranter (op.cit.) sólo proporciona los esquemas anatómicos y sugiere que también tienen una función fagocítica. El Tipo C parece corresponder anatómicamente al Tipo 9 descrito en esta investigación, el cual se encontró principalmente durante las Etapas de Liberación y Post-Liberación de Gametos de machos y hembras, lo que sugiere una vinculación con eventos de fagocitosis (Tabla III, Lam. 3).

El Tipo celular 10 no corresponde anatómicamente a ninguno de los Tipos celulares descritos por Tranter (op.cit.). Este Tipo celular fue observado fuera de los folículos de M. capax en las Etapas de Maduración y Reproductiva y dentro de éstos en las Etapas de Liberación y Post-Liberación de Gametos (Tabla III, Lam. 3). Wilson y Hodgkin (1967) y Loosanoff (1937) sugieren que cuando las células fagocíticas se encuentran en el interior del folículo pueden funcionar ya sea como aportadoras de nutrientes para las células sexuales durante la gametogénesis activa ó bien para reabsorber las células residuales en los folículos que han liberado gametos.

Otra característica observada en las gónadas de

organismos macho procedentes del campo fue la presencia de agrupaciones basófilas en aquellos folículos que presentaban un estadio sexual V ó Post-Liberación de Gametos (Lam. 4f). Loosanoff (op.cit.) considera lo anterior como un proceso de citólisis en un estudio de espermatogénesis de Venus mercenaria.

En relación con el ciclo reproductivo de M. capax reportado por Ochoa-Báez, (op.cit.) para las poblaciones de la Bahía de la Paz, B.C.S., y el descrito por Garza-Aguirre (op.cit.) para las poblaciones de Bahía de los Angeles, B.C., cabe mencionar que si bien ambos estudios coinciden en el período de máxima actividad reproductiva y liberación de gametos, sus resultados muestran una importante diferencia la cual es relevante para el presente trabajo ya que atañe al período en que se llevó a cabo esta investigación.

Ambas autoras indican que a partir de febrero se observa un rápido incremento en el crecimiento gonádico ocurriendo una primera liberación de gametos de baja intensidad en abril. También coinciden en que la actividad reproductiva del mitílido continúa, se intensifica y persiste hasta septiembre, ocurriendo la liberación de gametos de mayor intensidad en el período de julio - septiembre.

Por otra parte Ochoa-Báez (op.cit.), reporta que de octubre a enero la población de M. capax de Bahía de la Paz, B.C.S., estuvo sexualmente inactiva encontrándose al 90 % de la población inmadura con gónadas en reabsorción ó indiferenciadas, mientras que Garza-Aguirre (op.cit.) reporta que la población de Bahía de los Angeles, B.C., no declinó a una etapa de reposo, ó bien que ésta fue de muy corta duración, ya que hasta el final de su período de estudio (febrero de 1986) observó una alta proporción de organismos maduros y en etapas de liberación de gametos. A diferencia de la población de Bahía de la Paz, B.C.S., durante el período de octubre-febrero en la población de Bahía de los Angeles, B.C., los resultados del estudio histológico no fueron congruentes con las estimaciones del Índice Gonádico (I.G.) (Peso de la Gónada/Peso Total del Tejido blando) el cual se mantuvo persistentemente bajo, observándose que las gónadas de esos organismos eran más delgadas, flácidas y opacas que las de los organismos en buen estado de desarrollo.

En contraste, en esta investigación los organismos colectados en Bahía de los Angeles, B.C., de octubre a diciembre de 1986 se encontraron en un franco período de reposo sexual sin indicios de recuperación ó redesarrollo gonadal (Fig. 7 , Tabla IV) coincidiendo así con las observaciones de Ochoa-Báez (op.cit.) y no con las de

Garza-Aguirre (op.cit.) quien estudió la misma población utilizada en esta investigación.

Esta discrepancia pudiera ser el producto del limitado número de organismos que fueron analizados mensualmente ó a un efecto de la talla seleccionada en este estudio (70-90 mm), pero también es posible que reflejen una diferencia real en el ciclo reproductivo del mitílido de un año a otro.

Loosanoff y Nomejko (1951), Loosanoff (1969) y Hrs-Brenko (1972) mencionan que, en una misma especie, el ciclo reproductivo puede variar de una localidad a otra y de un año a otro. Tal variabilidad Blaker (1938), Bayne (1975) y Sastry (1970) la consideran como una posible respuesta adaptativa a las presiones de selección de las condiciones ambientales, las cuales generalmente se asume están asociadas con condiciones favorables para el desarrollo de larvas y/o juveniles. La temperatura y la disponibilidad de alimento en el medio son dos factores de reconocida importancia en la sobrevivencia larval y que también afectan los procesos gametogénicos. El efecto de estos dos factores, separada ó conjuntamente ya ha sido demostrado experimentalmente en varios moluscos lamelibranquios (Loosanoff y Davis, 1950; Bayne, 1975; Mann, 1979).

Bayne (1976) señala que hay tres etapas del ciclo reproductivo susceptibles de ser disparadas por las condiciones ambientales: la proliferación de gametos en el epitelio germinal, la maduración y la liberación de los gametos. Las dos primeras etapas son procesos con demandas energéticas muy altas y por lo tanto deben estar asociadas a la disponibilidad de alimento en el medio ó a las reservas de nutrientes almacenadas (Walne, 1970; Gabbot y Bayne, 1973).

Giese y Pearse (1974), Seed (1976) y Mackie (1983) en sus exhaustivas revisiones sobre la reproducción de moluscos, coinciden en que una vez satisfechas las demandas energéticas, la iniciación de la gametogénesis, el tiempo de maduración y la liberación de gametos están descisivamente afectados por la temperatura del agua.

Sobre esta premisa y considerando las experiencias de otros autores (Loosanoff y Davis, 1951) en este estudio se trató de prolongar la madurez sexual de M. capax sometiendo especímenes maduros colectados en agosto de 1986 en Bahía de los Angeles, B.C., a un régimen térmico de 19 ± 2 °C y a una ración alimenticia diaria igual ó mayor al 0.5 % del peso seco del tejido blando del organismo. Mensualmente se contrastó la condición reproductiva del lote experimental con la de organismos colectados en Bahía

de los Angeles, B.C. (control).

En los organismos del medio natural, los cambios mensuales observados en el peso de la gónada (mesosoma), peso de la carne e índices estimados a partir de estas variables (Índice de Condición General e Índice Gonádico) fueron congruentes con la evaluación del ciclo reproductivo determinado histológicamente (Fig. 5 y 6a, b; Tabla IV). Así la drástica reducción en el peso de la gónada observado de agosto a septiembre (4.1 a .63 g, respectivamente) coincide con la transición de organismos en Etapa de Reproducción y de Liberación de Gametos (III y IV) de agosto a Post-Liberación de Gametos (Etapa V) en septiembre.

Así mismo, la relativa estabilidad en el peso de la gónada observado hasta diciembre (aproximadamente 1.00 g) y el notable aumento en el peso del tejido blando registrado desde octubre a diciembre (de 16.8 a 27.0 g) son eventos acordes con la inactividad sexual determinada histológicamente. Típicamente los lamelibranquios de aguas frías y templadas durante la etapa de reposo registran en el tejido blando un significativo incremento en el contenido total de nutrientes (lípidos, proteínas y carbohidratos). Bayne (1973) y Sastry (1978) entre otros, indican que estas reservas acumuladas una vez iniciada la

gametogénesis permiten al organismo continuar el proceso aún cuando la disponibilidad de alimento en el medio es baja.

Los especímenes extraídos en septiembre del lote sometido al tratamiento experimental, aunque también registran un sustancial decremento en el peso de la gónada (de 4.1 a 2.8 g) y consecuentemente en el Índice Gonádico (I.G.) (de 66.8 % a 26.8 %) (Figs. 5 y 6b), éste fue de una magnitud menor que la experimentada por los organismos del medio natural (de 66.8 % a 12.2 %).

Dicho decremento inicialmente se consideró pudiera estar asociado a la ración alimenticia suministrada, ya que el 0.5 % del peso seco del tejido blando aunque es una ración diaria mayor al metabolismo estandar de M. capax estimado a 20 ° C (Rico-Mora, 1987), es una tasa metabólica (aproximadamente 0.2 %) determinada en especímenes que habían liberado sus gametos. Sin embargo, el incremento en peso del tejido somático registrado de agosto a septiembre (de 6.5 a 10.5 g, respectivamente), y su relativa estabilidad hasta el fin del período experimental (Fig. 6a) son indicativos de que la ración alimenticia suministrada fue mayor a la ración de mantenimiento requerida por especímenes sexualmente maduros.

En condiciones de laboratorio, la inducción para la liberación de gametos de adultos sexualmente maduros de M. capax se logra incrementando paulatinamente la temperatura del agua de 27 a 31 °C (Orduña-Rojas, 1985), pero en otros mitílidos se ha observado la liberación de gametos sin la intervención de un estímulo aparente (DeSchweemtz y Lutz, 1976). Esto sugiere que el decremento observado en el peso de la gónada de M. capax del lote experimental pudo haber sido el producto de liberaciones parciales y espontáneas de gametos. Sin embargo, cabe señalar que durante los cambios diarios de agua del estanque experimental nunca se detectó la presencia de productos sexuales, los cuales son de color naranja fuerte en las hembras y blanco lechoso en los machos.

Desafortunadamente los resultados del estudio histológico tampoco fueron tan claros a este respecto como en el caso de los organismos del medio natural. En estos últimos el cambio en las frecuencias relativas de machos y hembras en Reproducción y Liberación de Gametos inicial y media observado en agosto a Liberación de Gametos final y Post-Liberación de septiembre en adelante fue rotundo, evidenciando así la razón del decremento en el peso de la gónada e índices asociados (Figs. 6 y 7, Tabla IV). En el caso del lote experimental, aunque los resultados obtenidos en las hembras sugieren que hubo cierta liberación de

gametos ya que a partir de septiembre sólo se analizaron especímenes con Liberación de Gametos en su fase media, en los machos la diferencia entre las frecuencias relativas de los estadios observados al iniciar el bioensayo y las determinadas en los meses siguientes (Fig. 8, Tabla V) no fue lo suficientemente drástica como para inferir que la reducción en el peso de la gónada se debió a emisiones parciales y espontáneas de gametos.

La cautela ejercida en la interpretación de estos histogramas se debe a que de los organismos extraídos mensualmente del pequeño lote experimental, misma que se hizo en forma aleatoria y sin remplazo, solamente seis fueron analizados histológicamente. Un factor adicional de cautela fue el uso de criterios no cuantitativos para definir el estado de avance de la liberación de gametos (e.i., inicial, media, final).

Evidentemente lo más adecuado habría sido efectuar el análisis histológico en un mayor número de organismos y de ser posible aplicar técnicas estereocitométricas. Sin embargo con los resultados del estudio histológico realizado es posible establecer que en M. capax el tratamiento experimental permitió la retención de gametos maduros y que únicamente en las hembras se declaró un proceso progresivo de reabsorción gonadal ya que en

septiembre la reabsorción de ovocitos se encontró confinada a la periferia de los folículos mientras que en noviembre se observó extendida al lumen de éstos afectando a los ovocitos libres. Además, la ausencia de reabsorción gonadal en los machos ó de evidencias de una emisión significativa de gametos durante el bioensayo, permiten sugerir que la reducción en el peso de la gónada registrado en septiembre pudo ser una manifestación retardada de la liberación de gametos ocurrida en el medio natural antes de iniciar el bioensayo. Congruente con esta posibilidad es el incremento en el peso total de M. capax observado inmediatamente después de ocurrir la liberación de gametos inducida artificialmente (Farfán, com. pers.)*.

La degeneración y reabsorción gonadal en moluscos es un fenómeno que puede ser inducido por una gran variedad de condiciones ambientales entre otras, temperaturas extremas ó bajos niveles de alimento (Joosse, et al., 1968; Jong-Brink, 1973; Bayne, et al., 1978.).

En algunas especies estas variables pueden inducir la reabsorción gonadal en cualquier etapa del ciclo gametogénico, pero otras especies sólo son susceptibles una vez que los gametos están completamente maduros (Bayne, 1975; Sastry, 1979).

* Farfán, B.C., Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), calle Espinoza # 843 Ensenada, B.C.

Por otra parte, se ha observado que algunos bivalvos aún en condiciones óptimas de mantenimiento no pueden retener los ovocitos maduros por mucho tiempo. Loosanoff y Davis (1951) se enfrentaron a este problema al tratar de dilatar la liberación de gametos de Crassostrea virginica y Venus mercenaria transplantando especímenes maduros de una localidad donde la temperatura del agua era mucho menor al umbral de temperatura en que ocurre la liberación de gametos natural. Con esta estrategia la condición reproductiva apta para la inducción a la liberación de gametos pudo mantenerse por nueve meses en V. mercenaria pero en C. virginica la reabsorción gonadal se inició a la octava semana. Los autores concluyen que la capacidad de V. mercenaria de retener ovocitos maduros por tanto tiempo se debe al ciclo reproductivo natural de la especie, ya que este bivalvo reinicia la gametogénesis inmediatamente después de la liberación masiva de gametos la cual se verifica a fines de verano y pasa el invierno con la gónada virtualmente madura sin experimentar ningún proceso degenerativo.

La reabsorción de ovocitos observada en el lote experimental de M. capax no parece haber sido inducida por condiciones estresantes de temperatura y/o por la ración alimenticia suministrada ya que, éstas no sólo habrían afectado a la gónada sino también se habría reflejado en

una disminución en el peso del tejido somático (Fig. 5b). De hecho según se ha observado en otros bivalvos (Bayne, 1976), cabría esperar que en condiciones adversas la continuación del ciclo reproductivo fuese prioritaria y progresara a expensas del tejido somático.

Considerando lo anterior, la causa mas probable de la reabsorción de la gónada de M. capax parece ser la incapacidad del organismo de mantener ovocitos maduros por períodos largos. Si ésta hipótesis es correcta, la estrategia más adecuada habría sido trasladar organismos en la fase final de la Etapa de Maduración (Etapa II), de manera tal que las bajas temperaturas en el laboratorio retardaran la maduración de los gametos y así poder contar con organismos aptos para inducción después de agosto, último mes en que se observó una alta proporción de organismos en Etapas de Reproducción y Liberación de Gametos (Etapa III y Etapa IV) Figura 7 .

Esta estrategia posiblemente hubiese requerido el suministro de raciones alimenticias mayores a las utilizadas en este estudio para asegurar el éxito reproductivo. En Mytilus edulis se recomiendan raciones de 1 a 3 % del peso seco del organismo para engorda y maduración (Bayne, et al., 1976) ya que que en organismos estresados por factores externos, aún cuando el ciclo

gametogénico logra completarse, la viabilidad de los productos sexuales disminuye y por ende el éxito reproductivo.

Respecto a lo anterior Bayne (1972) y Helm, et al. (1973) observan que las larvas desarrolladas de gametos de adultos que han sido sujetos a estrés tienen tasas de crecimiento y sobrevivencia menores que las larvas de adultos no estresados.

Aunque en este estudio se encontró retención de gametos maduros, la incipiente reabsorción de ovocitos observada en septiembre sugiere que de haberse inducido la liberación de gametos, y de haber sido exitosa, probablemente la viabilidad de los productos sexuales habría sido baja. De hecho de realizarse otro bioensayo, para evaluar la efectividad del tratamiento experimental sería conveniente además de efectuar el análisis histológico de la gónada, inducir la liberación de los gametos y estimar el crecimiento y sobrevivencia larval por lo menos hasta el estadio de charnela recta.

VIII. CONCLUSIONES

Utilizando criterios histológicos, se elaboró un esquema de desarrollo sexual para el mitílido Modiolus capax Conrad conteniendo cinco etapas reproductivas denominadas: Reposo (Etapa I), Maduración (Etapa II), Reproducción (Etapa III), Liberación de Gametos (Etapa IV) y Post-Liberación de Gametos (Etapa V).

Durante el período de estudio (julio-diciembre de 1986) los especímenes de 70-90 mm de longitud anteroposterior colectados en Bahía de los Angeles, B.C. (control) registraron el siguiente desarrollo sexual: en julio ambos sexos presentaron características correspondientes al estadio de Maduración (Etapa II); en agosto éstos habían completado la maduración y presentaban una incipiente liberación de gametos (Etapas III y IV, respectivamente); en septiembre todos los especímenes analizados se ubicaron en Post-Liberación de Gametos (Etapa V); de octubre a diciembre no se observó redesarrollo sexual, todos los especímenes analizados presentaron características de Post-Liberación de Gametos en su fase final o Reposo (Etapas V y I respectivamente).

Los Indices de Condición General (I.C.G.) y Gonádico

(I.G.) en los especímenes de M capax colectados mensualmente en el medio natural fueron congruentes con los resultados histológicos. En agosto al completarse la maduración sexual de la población e iniciarse la liberación de gametos (Etapas III y IV) estos índices eran 14.2 y 66.8 %, respectivamente. En septiembre el descenso del I.C.G. a 7.9 % y del I.G. a 10.4 % coincidió con el tránsito de la población al estadio de Post-Liberación de Gametos (Etapa V). Ambos índices se mantuvieron bajos hasta diciembre.

El lote de mejillones sexualmente maduros (Etapas III y IV) colectados en agosto y sometidos en el laboratorio a un régimen térmico de 19 ± 2 °C y a una ración alimenticia diaria igual o mayor al 0.5% del peso seco del tejido blando del mitílido, en septiembre también registraron un descenso en el Índice Gonádico (I.G.) (de 66.8 a 26.8%). Este descenso, aunque menor al registrado ese mes en la población natural también estuvo asociado a un descenso general en el peso húmedo de la gónada.

En los organismos hembra del lote experimental, el decremento en el peso húmedo de la gónada e índices del mes de septiembre se asoció con la reabsorción de ovocitos en la periferia de los folículos de especímenes con liberación de gametos intermedia. En noviembre la reabsorción se

encontró extendida a la parte central de los folículos afectado los ovocitos libres de hembras con liberación de gametos en su fase inicial. En los machos experimentales no se encontraron evidencias de reabsorción celular.

El incremento en el peso del tejido somático de hembras y machos del lote experimental y la retención de células gaméticas maduras sin evidencias de reabsorción encontrada en los especímenes macho, sugieren que la ración alimenticia suministrada durante el período de estudio no fue responsable de la observada reabsorción de ovocitos. Esta muy posiblemente se deba a una incapacidad del organismo de retener ovocitos maduros por períodos largos.

IX. RECOMENDACIONES

Efectuar estudios del ciclo reproductivo del mitílido Modiolus capax Conrad en la zona de Bahía de los Angeles, B.C. por lo menos durante dos ó tres años consecutivos para establecer con mayor certeza dicho evento.

De efectuar otros bioensayos para tratar de dilatar la liberación de gametos en M. capax se recomienda iniciar el experimento con especímenes en la fase inicial ó media de maduración (Etapa II) y no con organismos cuyos gametos están completamente maduros (Etapa III) ó con evidencias de liberación de gametos (Etapa IV) dada la limitada capacidad de la especie de retener ovocitos completamente maduros por períodos largos según se determinó en este estudio.

En bioensayos posteriores se sugiere que para evaluar la efectividad del tratamiento experimental, además del análisis histológico de las gónadas, periódicamente se practique la inducción a la liberación de gametos y se estudie el crecimiento y sobrevivencia larval por lo menos hasta el estadio de charnela recta para verificar la viabilidad de los gametos. También se recomienda que para el estudio histológico se extraiga el mayor número posible

de organismos del control y del bioensayo y que, especialmente en estos últimos se apliquen técnicas estereocitométricas para tener una evaluación cuantitativa del contenido de gametos en la gónada.

X. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre Hinojosa, E. 1987. Análisis de la fijación, crecimiento y sobrevivencia del mejillón Modiolus capax (Conrad) (BIVALVIA: MYTILIDAE), durante el desarrollo de la comunidad sobre sustratos artificiales en la Bahía de los Angeles, B.C.. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E). Tesis de Maestría. 106 pp
- Barnard , J. L. y J. R. Grady . 1968. A biological survey of Bahía de los Angeles. Gulf of California. México. I: General Account. San Diego Soc. Nat. Hist. Trans. 15(6): 51-66.
- Barnes , R. D. 1977. Zoología de invertebrados. 3a. ed. Interamericana. México. 826 pp.
- Blaker , J. R. 1928. The evolution of breeding season In: "Evolution, essays on aspects of evolutionary Biology" (G. R. Debeer, ed.) Oxford Univ. Press, London and New York. 177 pp.
- Brusca , R. C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. Tucson. 513 pp.
- Bayne , B. L. 1972. Some effects of stress in the adult on the larval development of Mytilus edulis. Nature 237:459
- Bayne , B. L. 1973. Physiological changes in Mytilus edulis L. induced by temperature and nutritive stress. J. mar. Biol. Ass. U.K. 53: 39-58.
- Bayne , B. L. 1975. Reproduction of Bivalve Molluscs under environmental stress, In: "Physiological ecology of estuarine organisms". (F. J. Vernberg, ed). University of South Carolina Press. Columbia. 259-277
- Bayne , B. L. 1976. Aspects of reproductions in bivalve

- molluscs. In: "Estuarine Processes, Vol. 1: Uses, Stresses and Adaptation to the Estuary" (M.Wiley, ed.), Academic Press, New York. 432-448
- Bayne , B. L. 1976. Marine Mussels: Their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 506 pp.
- Bayne , B.L., D.L. Holland , M.N. Moore , D.M. Lowe and J. Widdows . 1978. Further studies on the effects of stress in the adult on the eggs of Mytilus edulis. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 58: 825-841.
- 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.
- DeSchweinitz , E.H. and R.A. Lutz . 1976. Larval development of the northern horse mussel, Modiolus modiolus (L.) as an aid in planktonic identification. Biol. Bull. 150: 348-360.
- Epifanio , C. E. 1979. Growth in bivalve molluscs: nutritional effects of two or more species of algae in diets fed to the american oyster Crassostrea virginica (Gmelin) and hard clam Mercenaria mercenaria (L.). Aquaculture 18: 1-12
- F.A.O. , 1986. Anuario Estadístico de Pesca. Captura y desembarque. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Vol. 62. 479 pp.
- Field , I. A. 1922. Biology and economic value of the sea mussel Mytilus edulis. Bull. U. S. Bur. Fish. 38: 127-259.
- Gabbott , P. A. and B. L. Bayne . 1973. Biochemical effects of temperature and nutritive stress on Mytilus edulis (L.) J. Mar. Biol. Ass. U. K. 53: 269-286.

mussel, Mytilus galloprovincialis, in the northern Adriatic sea. Stud. Rev. G.F.C.M. 52: 47-52.

Jong - Brink, M. 1973. The effects of disiccation and starvation upon the weight, histology and ultrastructure of the reproductive tract of Biomphalaria glabrata. Intermediate host of Schistosoma mansoni. Z. Zellforsch. 136: 229-262.

Joosse, J., M.H. Boer and C.J. Cornelisse. 1968. Gametogenesis and oviposition in Lymnaea stagnalis as influenced by irradiation and hunger. Symp. Zool. Soc. London 22: 213-235.

Jorgensen, C. B. 1966. "Biology of Suspension Feeding", Pergamon Press, New York, 357 pp.

Keen, A. 1971 Sea Shells of Tropical West America. Stanford Univ. Press, 1064 pp.

Kinne, O. 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. Oceanogr. Mar. Biol. 1: 301-340.

Kinne, O. 1964. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. Oceanogr. Mar. Biol. 2: 281-339.

Lebour, M. V. 1938. Note on the breeding of some Lamellibranchs from Plymouth and their larvae. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 23: 119-145.

Loosanoff, V. L. 1937. Seasonal gonadal changes of adults clams, Venus mercenaria (L.). Biol. Bull. (Woods Hole Mass.), 72: 406-416.

Loosanoff, V. L. 1937. Spermatogenesis in the hard-shell Venus mercenaria (Linnaeus) Yale J. Biol. Med. 9: 437-442.

Loosanoff, V. L. and H. C. Davis. 1950.

Conditioning Venus mercenaria for spawning in winter and breeding its larvae in the laboratory. Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.) 98: 60-65.

Loosanoff , V. L. and H. C. Davis . 1951. Delaying spawning of Lamellibranchs by low temperature. J. Mar. Res. 10: 197-202.

Loosanoff , V. L. and C. A. Nomejko . 1951. Existence of physiologically different races of oysters Crassostrea virginica, Biol. Bull. 82: 413-422.

Loosanoff , V. L. and H. C. Davis . 1952. Temperature requeriments for maturation of gonads of northern oysters. Biol. Bull. (Woods Hole, Mass), 103: 80-96.

Loosanoff , V. L. 1962. Gametogenesis and spawning of the European oyster, Ostrea edulis, in the waters of Maine. Biol. Bull. (Woods hole, Mas.), 122: 86-94.

Loosanoff , V. L. and H. C. Davis . 1963. Rearing of bivalve mollusc. Adv. Mar. Biol. 1:1-136.

Loosanoff , V. L. 1969. Maturation of gonads of oyster Crassostrea virginica of different geographical areas subjected to relatively low temperatures. The Veliger 11(3): 153-162.

Mann , R. 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in Crassostrea gigas y Ostrea edulis growth at sustained elevated temperature. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 59: 95-110.

Mackie , G. L. 1983. Bivalves In: The mollusca Vol. 7 Reproduction. ed. by N.H.Verdon, J.A. Vanden Beggelar and A.S. Tampa. London Academic Press. 416 pp.

Matthiessen , G.C. and R.C. Torner . 1966. Possible

methods of improving the shellfish industry of Martha's Vineyard Duke's county Mass. Mar. Res. Fund. 138 pp.

McWhinnie , M.a. 1967. The heat responses of invertebrates In: "Thermobiology" (A.H. Rose, ed.) Academic Press, New York, 373 pp.

Meinkoth , N. A. 1981. The Audubon Society field guide to north american seashore creatures. (A.A. Knoop, ed.) New York, 537 pp.

Mileikovsky , S.A. 1970. Dependence of reproduction and spawning of marine shelf bottom invertebrates on water temperature. Trudy Inst. Okeanol. 88: 113-149.

Nelson , T. C. 1928. Relation of spawning of the oyster to temperature. Ecology 9: 145-154.

Newell , R. C. 1970. Biology of Intertidal Animals. Am Elsevier, New York, 530 pp.

Ochoa Báez, R. I. 1985. Antecedentes sobre el ciclo de reproducción de Modiolus capax (CONRAD, 1837) (Bivalvia: Mytilidae): En la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR 2(2): 86-103.

Orduña Rojas, J. 1986. Desove y desarrollo embriológico y larval del mejillón Modiolus capax CONRAD (BIVALVIA: MYTILIDAE) en condiciones controladas. Universidad Autónoma de Baja California (U.A. B.C.), Tesis de Licenciatura. 52 pp.

Orton , J. H. 1920. Sea temperature, breeding and distribution of marine animals. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 12: 339-366.

Owen , G. 1966. Feeding In "Physiology of the Mollusca" (K. M. Wilburt and C. M. Young, eds.) Academic Press New York, 52 pp.

- Pearse , J. S. 1968. Patterns of reproductive periodicities in four species of Indo Pacific echinoderms. Proc. Indian Acad. Sci. 68 B: 247-279.
- Purchon , R. D. 1968. "The Biology of the Mollusca". Pergamon, Oxford. 560 pp.
- Rico Mora, R. 1987. Efecto interactivo de la temperatura y de la concentración de microalgas en la fisiología alimenticia y la energía potencial para el crecimiento de Modiolus capax (Conrad) (Bivalvia: Mytilidae). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), Tesis de Maestría. 84 pp.
- Sastry , A. N. 1963. Reproduction in the Bay Scallop, Aequipecten irradians Lamarck. Influence of temperature on maturation and spawning. Biol. Bull (Woods Hole, Mass.) 25: 146-153.
- Sastry , A. N. 1970. Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the Bay Scallop, Aequipecten irradians Lamarck. Biol. Bull (Woods Hole, Mass.) 138: 56-65.
- Sastry , A. N. y N. J. Blake . 1971. Regulation of gonad development in the Bay Scallop, Aequipecten irradians Lamarck. Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.) 140: 274-283.
- Sastry , A. N. 1978. Physiology and Ecology of reproduction in marine invertebrates. In: "Physiological Ecology of estuarine organisms" (F.J. Vernberg, ed.) Univ. of South Carolina Press, Columbia. 299 pp.
- Sastry , A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Osteidae). In: Reproduction of marine invertebrates. edited by A.C. Giese and J.S. Pearse, Academic Press, New York. 292 pp.

- Seed , R. 1969. The ecology of Mytilus edulis (L.) (Lamellibranchiata) on exposed shores. Breeding and Settlement. Oecologia (Berl.) 3: 277-316.
- Seed , R. 1976. Ecology... In: "Marine Mussels". Their Ecology and Physiology (B.L. Bayne, ed.) International Biological Programme 10 Cambridge Univ. Press. 115 pp.
- Secretaria de la Presidencia . 1970. CEDROS 11R-IV. Carta de climas. Comisión de estudios del territorio nacional.
- Stain , R. J. 1973. Culture methods and growth measurements. In: Phycological methods. (R.J. Stein, ed.). Cambridge Univ. Press 292 pp.
- Tapia Vazquez, O. 1984. Manual de técnicas histológicas. Secretaría de Pesca. 32 pp.
- Thorson , G. 1946. Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates, with special reference to planktonic larvae in the sound. Medd. Dan. Fesk. Havunders (Ser. Plankton) 4: 1-523.
- Tranter , D.J. 1958. Reproduction in Australia pearl oysters (Lamellibranchiata). II Pinctada albina (Lamarck): Gametogenesis. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 9: 144-158.
- VanWeel , P. B. 1961. The comparative phisiology of digestion in molluscs. Am. Zool. 1: 245-252.
- Vernberg , F.J. 1962. Comparative physiology: latitudinal effects on physiological properties of animals. Ann. Rev. Physiol. 25: 517-546.
- Walne , P.R. 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters. Ostrea edulis (L.) and a review of the literature. Fishery Invest. London. Ser. 2 26(3): 1-35.

Wilson , B.R. and E.P. Hodgkin . 1967. A comparative account of the reproductive cycles of five species of marine mussels (Bivalvia: Mytilidae) in the vicinity of Fremontle, Western Australia. Aust. J. Mar. Freshwater. Res. 18: 175-203.

Wilson , J.H. and J. Simons . 1985. Gametogenesis and breeding of Ostrea edulis on the west coast of Ireland. Aquaculture 46: 307-321.

Winter , J. 1970. Filter feeding and food utilization in Arctica islandica (L.) and Modiolus modiolus (L.) at different food concentrations In "Marine food chains". (J.H. Steele, ed.) Univ. of California Press, Los Angeles, 206 pp.