CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y
EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA

CICLO REPRODUCTIVO, ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y CRECIMIENTO DEL MEJILLON *Modiolus capax* (CONRAD) (BIVALVIA-MYTILIDAE) EN LA BAHIA DE LOS ANGELES, ENSENADA, B. C.

T E S I S
MAESTRIA EN CIENCIAS

María del Carmen Garza Aguirre

Resumen de la tesis de MA. DEL CARMEN GARZA MORENO presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOLOGIA con opción en ECOLOGIA MARINA.

Ensenada, Baja California, México, Noviembre de 1987.

CICLO REPRODUCTIVO, ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y CRECIMIENTO DEL MEJILLON *Brachidontes exustus* (LINNAEUS) (BIVALVIA-MYTILIDAE) EN LA BAHIA DE LOS ANGELES, ENSENADA, B.C.

Resumen aprobado por

DR. LUIS FERNANDO BÜCKLE RAMIREZ

Se determinaron las etapas de madurez y el ciclo reproductivo de *Brachidontes exustus* en la Bahía de los Angeles, Ensenada, B.C. a partir del análisis histológico de las gónadas de los organismos colectados en una estación de muestreo en la zona intermareal, desde Febrero de 1985 hasta Enero de 1986, excluyendo los meses de Marzo y Julio.

Se describieron 14 etapas de madurez, cuatro de las cuales fueron etapas combinadas de crecimiento y liberación de gametos. Se propone una nueva escala de madurez.

Aunque se encontraron evidencias de liberación de gametos durante todo el período de estudio, el ciclo reproductivo tuvo fases definidas. De Febrero a Junio de 1985 la mayoría de los organismos se encontraron en etapas de crecimiento gonadal, en Agosto del mismo año fué evidente un período de intensa liberación de gametos, el cual probablemente ocurrió también en Julio de 1985. En Agosto y Septiembre del mismo año la gametogénesis se reinició rápidamente, y la liberación de gametos con menor intensidad, pero en gran número de organismos, continuó hasta el final del estudio.

Desde Agosto de 1985 hasta Enero de 1986 se encontraron organismos cuyos gametos se reabsorbieron en los folículos antes de ser liberados.

El período de crecimiento más rápido y la liberación de gametos más intensa estuvieron relacionados con las temperaturas del océano más altas durante el período de estudio.

La estructura por tallas de la población de dos estaciones de muestreo, denotan que los organismos con longitudes

anteroposteriores mayores de 50 mm en la estación 1, y de 75 mm en la estación 2, son los que constituyen la mayoría de la población, mientras que los organismos menores que estas tallas representan un porcentaje muy reducido, incluyendo los reclutas.

En general, el asentamiento de los mejillones en la población fue poco abundante. En Agosto de 1985 se observó por primera vez, un mayor número de organismos recién fijados, y durante los meses siguientes hasta Febrero de 1986 se captó el efecto acumulativo de nuevos asentamientos en la población.

El estudio del crecimiento de Modiolus capax determinado a partir de organismos marcados y del movimiento de las modas de animales recién fijados, revelan que esta especie crece lentamente, y que su tasa de crecimiento disminuye con el aumento en la longitud anteroposterior de los individuos.

En base a las relaciones morfométricas de esta especie se comprobó que los organismos más grandes tienden a adquirir formas más cilíndricas debido a un incremento relativamente más rápido en el ancho de la concha con respecto al alto.

Es importante que las características delineadas se consideren seriamente antes de iniciar cualquier tipo de explotación de las poblaciones de Modiolus capax.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION SUPERIOR
DE ENSENADA, B.C.

DIVISION DE OCEANOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA MARINA

CICLO REPRODUCTIVO, ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y CRECIMIENTO DEL MEJILLON Modiolus capax (CONRAD) (BIVALVIA-MYTILIDAE) EN LA BAHIA DE LOS ANGELES, ENSENADA, B.C.

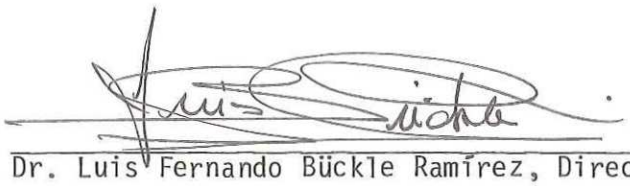
T E S I S

que como requisito parcial para obtener
el grado de MAESTRO EN CIENCIAS
presenta

MARIA DEL CARMEN GARZA AGUIRRE

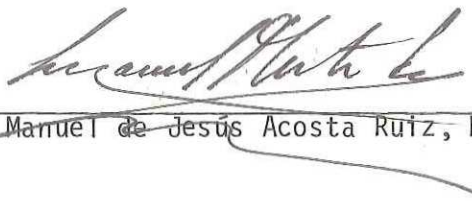
Ensenada, B.C., Noviembre de 1987.

TESIS APROBADA PARA SU DEFENSA POR:

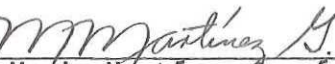


Dr. Luis Fernando Bückle Ramírez, Director del Comité

M.C. Anamaría Escofet Giansone, Miembro del Comité



M.C. Manuel de Jesús Acosta Ruiz, Miembro del Comité



Dr. Mario Martínez García, Miembro del Comité

M.C. Gilberto Gaxiola Castro, Jefe del Departamento de Ecología Marina

Dr. José Rubén Lara Lara, Director de la División de Oceanología

M.C. Cuauhtémoc Nava Button, Director Académico

Tesis presentada en Noviembre 27, 1987.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Luis Fernando Buckle su labor como Asesor Académico durante mi estancia en el C.I.C.E.S.E., así como su función como Director de esta Tesis.

Agradezco también a los M.C. Blanca Claudia Farfán, Anamaría Escofet, Manuel de Jesús Acosta, y al Dr. Mario Martínez sus sugerencias y críticas que como sinodales hicieron para la elaboración de este trabajo.

A la Secretaría de Pesca por permitirme hacer uso del equipo y material del Laboratorio de Histología, y muy especialmente mi agradecimiento a la Biol. Olivia Tapia Vázquez por su ayuda desinteresada en la parte histológica de este proyecto.

Un reconocimiento especial al Sr. Heliborio Valenzuela y a su señora esposa Isabel por su hospitalidad y amistad durante mi estancia en la Bahía de los Angeles.

Mi agradecimiento al Biol. Saúl Serrano por su ayuda en la mayoría de los muestreos en Bahía de los Angeles, y a los compañeros y amigos Gabriel Carrillo, Luis Manuel Gómez, Roxana Rico, Guillermo Pozos, Javier Orduña, Lily Rumina Salgado, Mario Nieves y Arturo Siqueiros por su participación en algunas de las salidas al campo.

A mis amigos los técnicos Norberto Flores y Francisco Valenzuela por su ayuda en el campo y en el laboratorio.

Agradezco al Oc. Antonio Reséndiz la facilitación de la infraestructura del campamento del proyecto de Tortugas Marinas de la Secretaría de Pesca en la Bahía de los Angeles.

A mis amigos y compañeros que me brindaron su valiosa ayuda moral y económica para lograr finalizar esta tesis mi infinito y sincero agradecimiento.

Por último al C.O.N.A.C.Y.T. y al C.I.C.E.S.E. por haberme favorecido con una beca para llevar a cabo mis estudios de Maestría.

CONTENIDO

	Página
I.- INTRODUCCION.	1
II.- ANTECEDENTES.	4
III.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.	11
IV.- MATERIALES Y METODOS.	15
IV.1.- UBICACION DE LAS ESTACIONES Y MUESTREO.	15
IV.2.- ANALISIS DEL CICLO REPRODUCTIVO.	16
IV.2.1 Análisis histológico del desarrollo gonadal.	16
IV.2.2 Determinación del Indice Promedio de Madurez (I.P.M.).	20
IV.2.3 Determinación del Indice Gonádico (I.G.).	21
IV.3.- ESTRUCTURA POR TALLAS DE LA POBLACION.	21
IV.4.- CRECIMIENTO	22
IV.4.1 Análisis de la distribución de la frecuencia de tallas.	22
IV.4.2 Crecimiento de organismos marcados.	22
IV.4.3 Crecimiento alométrico.	24
IV.5.- VARIABLES AMBIENTALES.	25
V.- RESULTADOS.	26
V.1.- CICLO REPRODUCTIVO DE Modiolus capax.	26
V.1.1 Descripción de la gónada de Modiolus capax.	26
V.1.2 Descripción de las etapas de madurez.	27
V.1.3 Comparación de la escala de madurez propuesta para Modiolus capax en este estudio con la descrita por Ochoa-Báez (1985).	40
V.1.4 Atrofiamiento de la gónada.	43
V.1.5 Aspectos generales.	46
V.1.6 Ciclo reproductivo.	47
V.1.7 Casos anormales.	50
V.1.8 Indice Promedio de Madurez (I.P.M.).	52
V.1.9 Indice Gonádico (I.G.).	52
V.1.10 Hermafroditismo.	56
V.2.- ESTRUCTURA POR TALLAS DE LA POBLACION.	56
V.3.- CRECIMIENTO.	60
V.3.1 Análisis de la distribución de la frecuencia de tallas.	60
V.3.2 Crecimiento de los organismos marcados.	62
V.3.3 Alometría.	65
V.4.- VARIABLES AMBIENTALES.	68

CONTENIDO (CONT.)

	Página
VI.- DISCUSION.	70
VI.1.- CICLO REPRODUCTIVO.	70
VI.2.- ESTRUCTURA DE LA POBLACION.	78
VI.3.- RELACION DE LA ESTRUCTURA DE LA POBLACION CON EL CICLO REPRODUCTIVO.	80
VI.4.- CRECIMIENTO.	81
VII.- CONCLUSIONES.	86
LITERATURA CITADA.	88

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ubicación geográfica de la Bahía de los Angeles y de las estaciones de muestreo. E1 : estación 1; E2 : estación 2.	12
2	Etapa 0 o de reposo, con folículos completamente vacíos (1); p.f.- pared folicular; t.c.- tejido conectivo.	30
3	Etapa C1. Macho. es- espermatocitos; eg- espermatogonias; t.c.- tejido conectivo.	30
4	Etapa C1. Hembra. og- oogonias; o.p.- ovocito primario	30
5	Etapa C2. Macho. es- espermatocitos; e- espermios.	30
6	Etapa C2. Hembra. o.p.- ovocito primario; o.s.- ovocito secundario; ov.- óvulo maduro; n- núcleo.	32
7	Etapa C3. Macho. es- espermatocitos; e- espermios.	32
8	Etapa C3. Hembra. o.p.- ovocito primario; o.s.- ovocito secundario; ov- óvulo morfológicamente maduro.	32
9	Etapa C4. Macho. e- espermios; b.es- banda periférica de espermatocitos.	32
10	Etapa C4. Hembra. ov- óvulo morfológicamente maduro; o.s.- ovocito secundario; o.p.- ovocito primario; ep.g.- epitelio de la gónada.	35
11	Etapa C5. Macho. e- espermios morfológicamente maduros.	35
12	Etapa C5. Hembra. ov.- óvulo morfológicamente maduro; ep.g.- epitelio de la gónada.	35
13	Etapa D4. Macho. e- espermios; e.v.- espacios vacíos en el lumen folicular.	35

Lista de Figuras (cont.)

Figura		Página
14	Etapa D4. Hembra. ov.- óvulo morfológicamente maduro; t.c.- tejido conectivo.	36
15	Etapa D3. Macho. e- espermios; rg.- fagocitos.	36
16	Etapa D3. Hembra. ov.- óvulos morfológicamente maduros; fg.- fagocitos.	36
17	Etapa D2. Macho. t.c.- tejido conectivo; e- espermios; p.f.- pared folicular.	36
18	Etapa D2. Hembra. ov- óvulos maduros.	38
19	Etapa D1. Macho con procesos de citólisis en sus folículos. e- espermios; fg- fagocitos; t.c.- tejido conectivo; p.f.- pared folicular.	38
20	Etapa D1. Hembra. o.r.- óvulo en reabsorción; r.o.- restos de óvulos.	38
21	Etapas sucesivas que definen el ciclo reproductivo de Modiolus capax.	41
22	Gametos en reabsorción dentro de los folículos. o.r.- óvulos en reabsorción; o.v.- óvulos maduros normales.	45
23	a) Porcentaje mensual de mejillones Modiolus capax en las diferentes etapas de madurez. b) Fluctuación mensual del Indice Promedio de Madurez (I.P.M.) de Modiolus capax. c) Fluctuación mensual del Indice de Crecimiento (I.C.) (⟶) y del Indice de Liberación de Gametos (I.L.G.) (⟷) de Modiolus capax.	53
24	Fluctuación mensual del Indice Promedio de Madurez de los machos y de las hembras (♂y♀) de Modiolus capax.	54
25	Fluctuación mensual del valor promedio del Indice Gonádico para el total de los individuos (⟶) y para las hembras (♀) y los machos (♂) de Modiolus capax separadamente.	55
26	Histogramas de la longitud anteroposterior de los mejillones Modiolus capax de la estación 1 en los diferentes meses de muestreo.	57

Lista de Figuras (cont.)

Figura		Página
27	Histogramas de la longitud anteroposterior de los mejillones Modiolus capax de la estación 2 en los diferentes meses de muestreo.	59
28	Relación entre las diferentes variables morfométricas de Modiolus capax en cada una de las estaciones de muestreo. Estación 1: I; Estación 2: II; a) relación longitud anteroposterior-ancho; b) relación longitud anteroposterior-alto; c) relación alto-ancho; d) relación longitud anteroposterior-peso húmedo total e) relación alto-peso húmedo total; f) relación ancho-peso húmedo total.	67
29	Fluctuación mensual de la temperatura en las dos estaciones de muestreo en Bahía de los Angeles, B.C., E1: escación 1; E2: estación 2.	69

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Esquema de la escala de madurez gonadal del mejillón Modiolus capax utilizada en este estudio.	19
II	Probable correspondencia entre las etapas de madurez de Modiolus capax descritas en este estudio y las propuestas por Ochoa-Báez (1985).	42
III	Nueva escala de madurez con algunas etapas sintetizadas del desarrollo gonadal de Modiolus capax.	44
IV	Número mensual de mejillones Modiolus capax de cada sexo y de la muestra total en las diferentes etapas de madurez, y resultados de la prueba U' de Mann Wittney (Siegel, 1980) sobre las diferencias entre hembras y machos (p=.05). Valores del Indice Promedio de Madurez (I.P.M.) y del promedio del Indice Gonádico (I.G.). M: machos; H: hembras; I: indiferenciados; M.T.: muestra total; n: número de individuos; *: diferencia significativa; D.E.: desviación estándar.	48
V	Numero mensual de mejillones Modiolus capax de cada intervalo de tamaños en las diferentes etapas de madurez, y resultados de la prueba de Kruskall Wallis (p=.05) de las diferencias entre los tres intervalos de tamaños. n: número de individuos; *: diferencia significativa.	51
VI	Valor promedio de la longitud anteroposterior alcanzada por los mejillones Modiolus capax recién asentados en el banco natural de la estación 1. n: número de individuos; D.E.: desviación estándar.	61
VII	Análisis de varianza no paramétrico de tres vías (Wilson, 1956) del crecimiento de los mejillones Modiolus capax mantenidos en las cajas experimentales en la estación 1. N.S.: diferencia no significativa; ***: diferencia significativa.	63
VIII	Incremento medio de la longitud anteroposterior de los mejillones Modiolus capax de las cajas experimentales. a) organismos medidos aproximadamente cada dos meses, b) organismos medidos dos veces durante el año. n: número de mejillones; D.E.: desviación estándar.	64

Lista de Tablas (cont.)

Tabla		Página
IX	Relaciones alométricas entre las variables morfométricas de los mejillones Modiolus carax de las dos estaciones de muestreo, y prueba t de Student (Zar, 1974) sobre la significancia de la pendiente teórica. X: variable independiente; Y: variable dependiente; N: número de individuos; EST.: estación; b y a: coeficientes de la regresión; r: coeficiente de correlación; *: diferencia significativa; N.S.: diferencia no significativa.	66

CICLO REPRODUCTIVO, ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y CRECIMIENTO DEL MEJILLON *Modiolus capax* (CONRAD) (BIVALVIA-MYTILIDAE) EN LA BAHIA DE LOS ANGELES, ENSENADA, B. C.

I. INTRODUCCION

En México las condiciones para el desarrollo de la Acuicultura son excelentes. Las 26 millones de hectáreas de cuerpos de agua distribuídos en el interior del país y a lo largo de los litorales, ofrecen una base muy amplia para la producción directa de proteína de origen animal (Urbina, 1960).

Para producir alimento de bajo costo, es necesario aprovechar mejor los recursos naturales y buscar las formas de explotación comercial de especies autóctonas disponibles y susceptibles de cultivar.

Sin embargo, para el desarrollo de la Acuicultura de cualquier especie se requieren estudios previos sobre aspectos biológicos y ecológicos, los cuales constituyen la base de una industria acuicultural viable o de una explotación adecuada de las poblaciones naturales.

En el caso de las poblaciones de moluscos, el análisis del ciclo reproductivo de las especies mediante el estudio histológico del desarrollo gonadal es de una gran utilidad para

conocer las épocas de disponibilidad de larvas en el ambiente, aspecto que incide directamente en los procedimientos de captación de semilla y en el potencial de cultivo de un organismo. Aunado a lo anterior, el conocimiento de las tasas de crecimiento de estos organismos es fundamental en la política de explotación de las poblaciones naturales.

Los cultivos marinos de algunas especies de mejillones de la familia Mytilidae, que tienen una gran eficiencia para convertir la productividad primaria de los ecosistemas oceánicos en proteína de bajo costo para el consumo humano, han llegado a constituir parte muy importante en la producción alimenticia en algunos países como España, Francia, Holanda, Italia y otros (Korringa, 1976).

En los mares mexicanos existen algunas especies de mytílidos, y entre éstos Modiolus capax (Conrad), que en el Golfo de California forma bancos abundantes en la zona intermareal de Bahía de los Angeles.

Este trabajo, que es parte de un proyecto del Laboratorio de Acuicultura del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada para conocer el potencial acuicultural de Modiolus capax , es un análisis de aspectos biológicos básicos sobre la reproducción y el crecimiento de M. capax de Bahía de los Angeles.

Los objetivos particulares de esta investigación fueron:

a.- Estudiar el ciclo reproductivo del mejillón Mytilus californianus (Conrad) de Bahía de los Angeles, mediante el análisis histológico del desarrollo gonadal de Febrero de 1985 a Enero de 1986.

b.- Determinar la estructura poblacional y el crecimiento de los individuos en un banco natural de Mytilus californianus durante el mismo período de tiempo.

III.- ANTECEDENTES.

El mejillón Modiolus capax es un bivalvo del orden Anisomyaria de la Familia Mytilidae, descrito por primera vez por Conrad en 1837 como Modiola capax, y redescrito por Soot-Kyen en 1955 bajo su nombre científico actual (Keen, 1971).

Este mejillón tiene una concha pesada que alcanza de 75 a 150 mm de longitud, generalmente oblicua en forma de hacha. El margen dorsal es recto, fusionándose suavemente con el margen posterior, formando ángulos de 90° a 120°; el margen posterior ventral es redondeado a subtruncado. En los especímenes vivos la concha es de color castaño oscuro, cuya porción posterior está poblada por cerdas aserradas. Las conchas de los organismos muertos con el periostraco exfoliado, tienen una coloración rosa fuerte sobre la superficie posterior, y son blancos en la superficie ventral (Olsson, 1961).

La distribución geográfica de este mejillón ha sido establecida desde el Sur de California E.E.U.U., hasta el Perú y las Islas Galápagos (Olsson, op. cit.) incluyendo todo el Golfo de California (Brusca, 1980). Según Coan y Carlton (1975), los registros de California E.E.U.U. requieren ser confirmados.

La bibliografía referente a antecedentes biológicos y ecológicos del mejillón Modiolus capax es reciente y escasa, en comparación con otras especies de mejillones como Mytilus edulis L. y Mytilus californianus (Conrad).

Keen (1971) menciona que este organismo se fija con su biso a los sustratos rocosos y arenosos desde la zona intermareal hasta los 50 m de profundidad. Urquña-Rojas (1986) describió por primera vez el desarrollo embriológico y larval de esta especie en condiciones controladas, y Aguirre-Hinojosa (1987) analizó las preferencias de su fijación, crecimiento y sobrevivencia sobre sustratos artificiales suspendidos en balsas en Bahía de los Angeles. Sobre la actividad reproductiva de Modiolus capax se conoce el estudio realizado por Ochoa-Báez (1985) en la Bahía de la Paz, B.C.S., quién señala que este mejillón se reprodujo en Primavera, Verano y parte del Otoño, con dos desoves marcados, uno en Abril, y otro más intenso de Julio a Septiembre de 1980, los cuales relacionó con ascensos en la temperatura superficial del mar. Esta autora también menciona que los primeros signos de madurez sexual se pueden constatar en organismos entre 30 y 40 mm de longitud.

Al igual que Modiolus capax, también hay otras especies del mismo género que han sido poco estudiadas, como es el caso de Modiolus modiolus (L.), sobre cuya desatención, comparada

con Mytilus edulis, Brown y Seed (1977) señalan que quizás se deba a su distribución predominantemente sublitoral, al bajo reclutamiento y crecimiento por lo general más lento de esta especie, y a su mayor intolerancia a las aguas costeras de reducida salinidad. Estos autores también hacen referencia a Modiolus demissus Dillwyn, habitante de los pantanos salinos, como una especie poco investigada.

Sobre el ciclo reproductivo de una población de Modiolus modiolus en Noruega, Wilbury (1946, citado por Seed y Brown, 1975) menciona que esta especie liberó sus gametos estacionalmente en Marzo y Abril, pero que probablemente transcurrieron dos o tres años entre períodos sucesivos de reproducción. También Wilson (1977) al estudiar una población de este mejillón en el Norte de Gales, sugirió que la emisión de gametos probablemnte ocurre a intervalos irregulares, con asentamientos larvales espaciados por varios años.

Seed y Brown (1975) estudiaron una población submareal de Modiolus modiolus de Irlanda del Norte, y sugirieron que esta especie tiene una lenta pero continua liberación de gametos a lo largo de todo el año, así como un reclutamiento poco abundante pero similarmente extendido, detectado por la distribución de frecuencias de tallas de la población. Continuando con el estudio anterior (Brown y Seed, 1977; Seed y Brown, 1977) atribuyeron a las condiciones más estables del

submareal la ausencia de un pronunciado patrón anual en el ciclo reproductivo de esta especie, a diferencia de un ciclo más notorio en el intermareal, donde Modiolus modiolus liberó sus gametos principalmente en Otoño tardío e Invierno.

Comely (1978) también investigó poblaciones de Modiolus modiolus de diferentes hábitats submarcales de Escocia, entre las cuales observó una gran variabilidad entre la estructura poblacional, el reclutamiento y el ciclo gonadal. El reclutamiento fué deficiente, pero aparentemente continuo en áreas de corrientes fuertes, donde la población fué relativamente joven, a diferencia de un reclutamiento nulo en las poblaciones de aguas tranquilas y profundas, dominadas por organismos mayores de 90 mm. El ciclo gonadal, determinado a partir de los cambios en el peso de la gónada, sólo fué bien definido en las zonas de corrientes fuertes y de aguas profundas. Posteriormente, Comely (1981) señaló que las poblaciones de esta especie en Shetland y Escocia son por lo general similares en su biología, y que están sujetas a una considerable variación entre y dentro de las poblaciones, respondiendo a variaciones medioambientales de extensión muy local.

En Filipinas, López y Gómez (1982) analizaron durante dos años el desarrollo gonadal de Modiolus metcalfei. Sus resultados mostraron que la liberación de gametos fué continua

durante todo el año, y que el ciclo de diferenciación celular de la gónada, su madurez y liberación de gametos sucede en cuatro a ocho semanas, y si la temperatura del agua es relativamente baja, este proceso se extiende por períodos más largos.

Brown et al. (1976), compararon en Irlanda del Norte, el crecimiento relativo de los mejillones de una población submareal de Modiolus modiolus, con el de poblaciones intermareales de Cerastoderma edule y Mytilus edulis, y observaron que hubo una menor variabilidad de los parámetros tales como el peso y largo de la concha y el peso seco de la carne en M. modiolus, así como un mayor aumento en el peso del tejido con respecto al peso de la concha en esta especie. Tales resultados fueron atribuidos a las diferencias en la estabilidad de los dos hábitats.

Sobre el crecimiento de M. modiolus en el norte de Irlanda Seed y Brown (1978) consideran que el rápido crecimiento somático de los mejillones más pequeños (menores de 45 mm) es una estrategia de escape a la intensa depredación a que están sometidos en esas tallas, y que el desarrollo reproductivo se retarda hasta pasada esa talla crítica (4-6 años). Wright y Francis (1984) demostraron experimentalmente que las cerdas del periostraco de esta especie obstaculizan la depredación causada por Thais lapillus, principalmente en los mejillones pequeños,

los cuales están completamente cubiertos por esas cerdas. Estos autores consideran que este tipo de presión selectiva debió haber favorecido la evolución de estas estructuras contra la depredación.

En relación a las tasas de crecimiento del género Modiolus, Rodríguez-Ortega y Day (1978), encontraron que Modiolus demissus granossissimus en Lousiana, E. E. U. U., crece 0,8 mm por mes, y que el crecimiento de esta especie fué más rápido durante los meses más cálidos del año.

Parulekar et al. (1976) señalan a Modiolus metcalfei (Hanley) como un recurso potencial de explotación, debido a la gran abundancia de esta especie en algunas costas de la India, y a las características de su crecimiento en un banco natural y en tambores metálicos de un sistema de cultivo de Perna viridis. Los mejillones fijados en las balsas tuvieron tasas de crecimiento mensual promedio más bajas (2.13 mm) que los de los bancos naturales (3.35 mm). Sin embargo, el incremento en el contenido de carne respecto al peso total fué mayor para los mejillones de las balsas.

En general puede apreciarse que el estudio de este género es relativamente reciente, y que requiere de una mayor investigación, ya que a pesar de que especies como Modiolus modiolus no tienen muchas perspectivas para ser explotadas,

existen otras más prometedoras, como Pleurotus metcalfei (Parulekar, et al., 1978) y P. philippinarum (López y Gómez, 1982) que pueden llegar a ser recursos potenciales de explotación comercial bajo cultivo, o mediante el buen manejo de la dinámica de sus poblaciones naturales.

II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

Bahía de los Angeles se encuentra situada en la parte Oeste del Golfo de California, en la intersección de los 29° de Latitud Norte y los 113° 13' de Longitud Oeste. Comprende un área aproximada de 40.225 km^2 (Fig.1). Su entrada está protegida por varias islas, entre ellas la isla Angel de la Guarda, la segunda más grande del Golfo (Brusca, 1980).

Playas de arena y grava tipifican las costas Este y Sur de la Bahía, mientras que el Sureste y la mayoría de las islas están bordeadas por acantilados. Las pendientes del lado Este, producidas por extrusiones volcánicas, alcanzan arriba de los 16°, mientras que las playas arenosas del lado Oeste tienen pendientes de un poco mas de un grado (Barnard y Grady, 1966). La costa Este está dominada por arenas y fango arenoso con un alto contenido de fragmentos de concha y rocas. En las costas Oeste y Sur ocurren arenas grises desde la playa hasta profundidades de 20 a 25 m. Los sedimentos más profundos son predominantemente de color pardo micáceo, con fango de partículas gruesas y arenas finas (Barnard y Grady, op. cit.).

Existe una gran fluctuación temporal de la temperatura de las aguas superficiales costeras en la parte superior del Golfo de California, que en Bahía de los Angeles puede exceder a los 15 °C (Brusca, op. cit.).

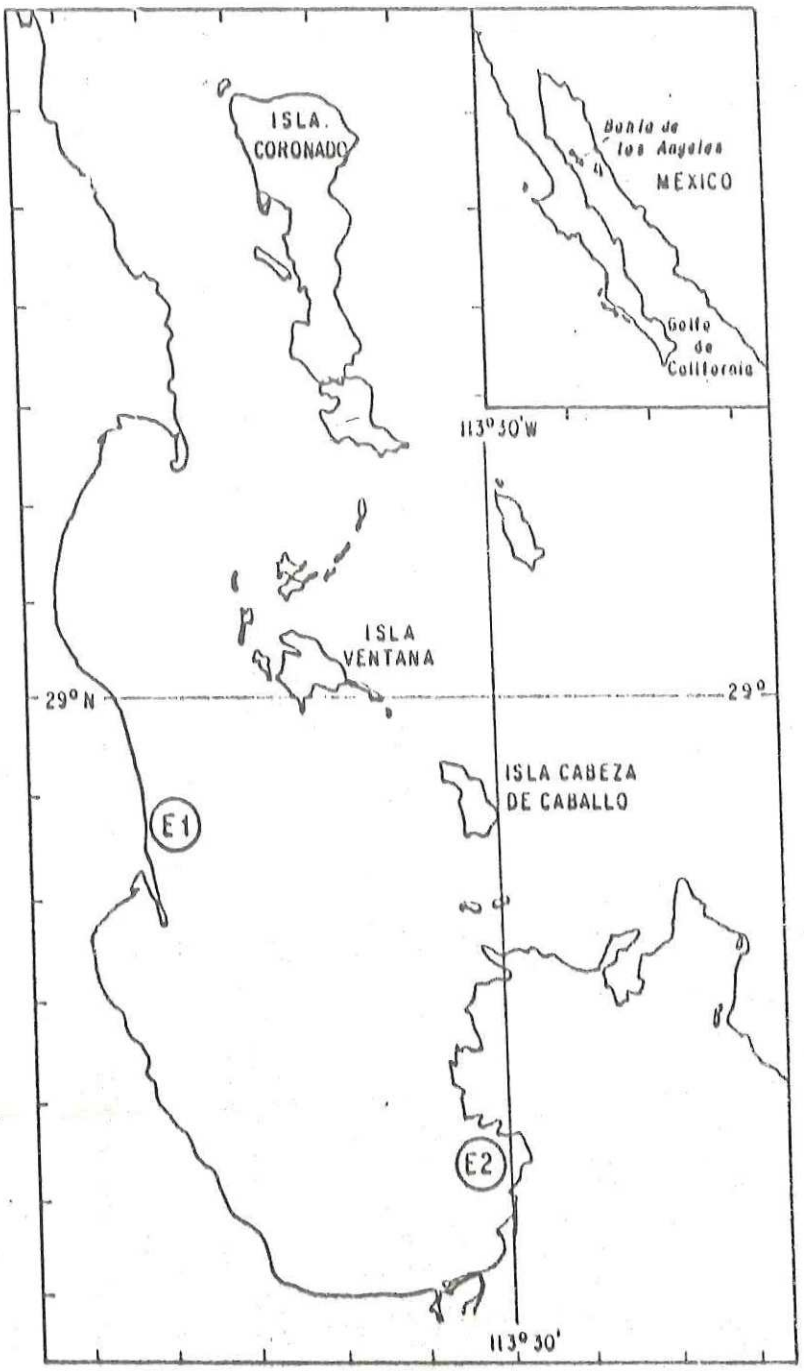


Figura 1.- Ubicación geográfica de la Bahía de los Angeles y de las estaciones de muestreo. E1; estación 1, E2: estación 2.

La parte Norte del Golfo periódicamente tiene vientos fríos excepcionales que bajan la temperatura de las aguas costeras hasta 8 y 9 °C, provocando mortalidades masivas de algunas algas macroscópicas y de la fauna estenoterma tropical y subtropical. Durante estos períodos, la producción primaria litoral se reduce drásticamente y decrece la abundancia de especies, dominando el hábitat los organismos euritérmicos (Brusca, 1980). En Bahía de los Angeles los efectos de las corrientes de marea y los fuertes vientos en el canal de las Ballenas, entre la isla Angel de la Guarda y la península, son de particular interés, ya que generan regiones de mezcla, que ocasionan temperaturas anormales en todas las profundidades (Brusca, op. cit.).

Barnard y Grady (1968) registraron en Bahía de los Angeles valores mínimos de temperatura en el agua de 15 °C en Febrero de 1962 y 1963, y valores máximos de 28.5 y 29.8 °C en Agosto de 1961 y 1962, y de 28.7 °C en Septiembre de 1963. Debido a los fuertes descensos de la temperatura durante el invierno estos autores consideran a esta Bahía como una provincia cálido templada más que una región puramente tropical.

La salinidad superficial del mar abierto del Norte del Golfo varía entre 35‰ y 36‰, mientras que en las aguas costeras fluctúa entre 36‰ en Invierno y 39‰ en Verano (Brusca, op. cit.). Los valores registrados por Barnard y Grady (op. cit.)

para las aguas superficiales de la Bahía de los Angeles fueron de 35.2‰ y 35.5‰ para Abril de 1962 y Octubre de 1963 respectivamente.

La malacofauna de los fondos blandos de la zona intermareal de la Bahía está representada principalmente por los géneros Tellina, Caculus y Nuculana, los cuales son típicos de las Bahías protegidas y semiprotegidas de la provincia panámica (Coan, 1968).

IV.- MATERIALES Y METODOS.

IV.1. UBICACION DE LAS ESTACIONES Y MUESTREO.

Se establecieron dos estaciones de muestreo en la zona intermareal de la Bahía de los Angeles, donde se colectaron los mejillones que fueron analizados en este estudio.

La primera estación (E1) quedó situada frente al campamento del programa de estudio de la tortuga marina de la Secretaría de Pesca, en la zona Noroeste, y la segunda (E2) en la zona conocida como El Rincón, al Sureste de la Bahía de los Angeles (Fig. 1).

En la zona intermareal de ambas localidades existe una estratificación del sustrato primario y de la epibiosis. La franja inferior de esta estratificación se compone de un sustrato mixto de fragmentos de piedra y arena densamente colonizada por Modiolus capax, y es la zona del intermareal cuyo tiempo de inmersión es mayor al tiempo de exposición.

Las dimensiones de las dos estaciones se establecieron arbitrariamente. Ambas tuvieron una longitud de 200 m paralela a la línea de la costa, y un ancho aproximado de 30 m en la estación 1, y de 15 m en la estación 2, dimensiones que corresponden al ancho de la franja más densamente colonizada

por M. capax. Debido a la ligera pendiente de la estación 1, la línea de la costa durante la marea más alta queda aproximadamente a 70 m de la estación. En la estación 2 esta distancia es aproximadamente de 30 m.

En Febrero de 1985 se hizo un muestreo inicial en la estación 1, donde se colectaron los mejillones encontrados al azar en 10 cuadrantes de 50 x 50 cm. A estos animales se les midió la longitud anteroposterior, el alto, el ancho, y peso húmedo total. De esta muestra inicial se generó la distribución de frecuencia de tallas basadas en la longitud anteroposterior.

IV.2 ANALISIS DEL CICLO REPRODUCTIVO

IV.2.1. Análisis histológico del desarrollo gonadal.

El análisis histológico de las gónadas de Modiolus capax se llevó a cabo sólo con animales colectados en la estación 1.

Mensualmente, de Febrero de 1985 a Enero de 1986, a excepción del mes de Julio, se colectaron para el análisis histológico del desarrollo gonadal, diez organismos de cada uno de los siguientes intervalos de longitud anteroposterior: 43-69.9 mm, 70-89.9 mm, y mayores de 90 mm. El intervalo intermedio constituye la reagrupación de las tallas

numéricamente más dominantes de la estación, y los intervalos inicial y último contienen las tallas menos abundantes, según la distribución de frecuencia de tallas. Aunque inicialmente se colectaron organismos menores de 43 mm, éstos no fueron utilizados para el análisis histológico, debido a que la mayoría de ellos eran indiferenciados sexualmente, además del agravante de ser muy escasos en la población.

Las gónadas de los organismos se fijaron en Formol al 4%, neutralizado con Bórax. Por causas de fuerza mayor las gónadas colectadas en Marzo de 1985 no pudieron utilizarse para hacer los cortes histológicos.

La gónada de cada organismo se describió macroscópicamente. La parte más prominente de la gónada, situada ventralmente entre el músculo aductor posterior y la glándula del biso, así como la región de este órgano localizada alrededor del recto, fueron las porciones que se utilizaron para las preparaciones histológicas. Todas las muestras de gónadas se deshidrataron en soluciones de alcohol cuyas concentraciones se aumentaron progresivamente de un 30% hasta alcohol absoluto, y después se incluyeron en cubos de parafina. Posteriormente se hicieron cortes histológicos longitudinales y transversales de 5 micras de espesor con un micrótomo de rotación (American Optical, modelo 820), los cuales se montaron en portaobjetos y se tiñeron con hematoxilina y eosina para

después protegerse definitivamente con resina sintética.

Después de analizar los cortes al microscopio, se estableció una escala arbitraria de madurez, adaptada según los criterios de clasificación de Seed (1975), Kennedy (1977) y Kelley et al. (1982), basada principalmente en el tipo y proporción de células germinales presentes en los folículos de la gónada. Con el fin de simplificar la descripción de los métodos que posteriormente se describen, se muestra en la tabla I un esquema de esta escala.

Además, la escala de madurez descrita en este estudio se comparó con la propuesta por Ochoa-Baez (1985) para Modiolus capax de la Bahía de la Paz, B.C.S., Mex.

Para detectar diferencias en el número de organismos en las diferentes etapas de madurez entre los tres rangos de tamaño, se aplicaron mensualmente análisis de varianza no paramétricos de Kruskall Wallis (Siegel, 1980). También se efectuaron mensualmente pruebas U' de Mann Wittney (Siegel, op. cit.) para detectar esas diferencias entre los sexos de los organismos.

Tabla I. Esquema de la escala de madurez gonadal del mejillón Modiolus capax utilizada en este estudio.

DESCRIPCION BREVE DE LA GONADA	ETAPA DE MADUREZ Y RANGO NUMERICO ARBITRARIO.
Indiferenciada o en reposo.	0
Crecimiento:	
Inicio de la gametogénesis.	C1
Presencia de los primeros gametos maduros.	C2
Igual proporción de gametos maduros e inmaduros	C3
Predominancia de gametos maduros.	C4
Gónada completamente madura.	C5
Liberación de gametos:	
Inicio de la emisión de gametos.	D4
Aproximadamente la mitad de la gónada vacía.	D3
Menos de la mitad de la gónada con gametos maduros.	D2
Sólo gametos residuales, procesos de citólisis.	D1
Etapas Combinadas:	
Igual que la etapa C4 pero con evidencia de liberación de gametos.	C4/D
Igual que la etapa C3 pero con evidencia de liberación de gametos.	C3/D
Igual que la etapa D2 pero con procesos de gametogénesis.	D2/C
Gónada con gametos residuales y reinicio de la gametogénesis.	D1/C

IV.2.2 Determinación del Indice Promedio de Madurez (I.P.M.).

El rango numérico de cada etapa de madurez (Tabla I) se utilizó para calcular mensualmente el Indice Promedio de Madurez (Chipperfield, 1953) de la siguiente manera: $I.P.M. = \Sigma(A \times B)/N$, donde A= número de organismos en la misma etapa de madurez, B= rango numérico arbitrario de la etapa de madurez, y N= número de mejillones en la muestra analizada.

De acuerdo a los rangos de las etapas de madurez, el I.P.M. puede tener valores desde 0, en el caso en que las gónadas de todos los individuos de la muestra estuvieran completamente vacías (etapa 0), hasta 5, si todos los organismos se encontraran morfológicamente maduros (etapa 5). Así, los incrementos de este índice indican un aumento del desarrollo gonadal, y los decrementos un avance en la liberación de gametos.

Con la misma fórmula se calcularon también los Indices de Crecimiento Gonadal (I.C.G.) y de Liberación de Gametos (I.L.G.), considerando el rango numérico de las etapas de crecimiento en el primero y el de las etapas de liberación de gametos en el segundo, así como el rango numérico de las etapas combinadas de crecimiento y liberacion de gametos en ambos. En el cálculo de estos índices no se incluyó la etapa de reposo.

IV.2.3 Determinación del Indice Gonádico (I.G.).

El Indice Gonádico (Sastry, 1976), se calculó en cada uno de los 30 organismos (10 de cada intervalo de tamaño) de las muestras mensuales colectadas para el análisis histológico, en base a la siguiente fórmula: I.G. = (Peso húmedo de la gónada/Peso húmedo de la carne) X 100

Mensualmente se calculó también el valor promedio del I.G. para el total de los individuos y para las hembras y machos por separado.

IV.3 ESTRUCTURA DE LA POBLACION POR TALLAS.

Para determinar la estructura de la población por tallas se realizaron muestreos en la estación 1 en Febrero y Marzo de 1985, y en las estaciones 1 y 2, alternando una cada mes, desde Abril de 1985 (a excepción del mes de Julio) hasta Febrero de 1986.

Las muestras se tomaron al azar con 10 cuadrantes de 50X50 cm, colectando todos los mejillones incluídos en ellos. Después de separar la epibiosis de las valvas, los organismos se mantuvieron durante su manejo en piletas con agua de mar. A continuación se midió la longitud anteroposterior de cada individuo y con esos datos se hicieron los histogramas de cada

muestreo.

IV.4 CRECIMIENTO.

El análisis del crecimiento de Modiolus capax se efectuó con diferentes métodos comunes para los mytílidos y que fueron los siguientes:

IV.4.1 Análisis de la distribución de frecuencia de tallas.

Los datos de la longitud anteroposterior de los organismos también se utilizaron para analizar la distribución de frecuencia de tallas en ambas estaciones. Las modas que representan a las clases de tamaño de la población se obtuvieron por el método de Cassie (1954), el cual consiste en graficar las frecuencias acumulativas porcentuales de la longitud anteroposterior sobre papel de probabilidad, para identificar los puntos de inflexión entre las modas y seguir el desplazamiento de éstas en el tiempo.

IV.4.2 Crecimiento de organismos marcados.

Cinco grupos de mejillones de diferentes tallas iniciales se retuvieron en ocho cajas experimentales para medir su crecimiento desde Marzo de 1985 hasta Febrero de 1986. Las

cajas se fabricaron de madera (50X50X7,5 cm), con bases de malla anchovetera y tapas de malla de plástico con 1 cm de luz. Los grupos de individuos se formaron en base a las clases de tamaños encontradas en Febrero de 1985, y se distribuyeron de la siguiente forma: 5 organismos entre 0-43 mm, y 10 organismos en cada uno de los siguientes intervalos, 43-61 mm, 61-80 mm, 80-95 mm y mayores de 95 mm. El primer intervalo es el reagrupamiento de las primeras dos clases de tamaño (0-23 y 23-43 mm), debido al poco número de mejillones de estas tallas en el banco natural durante la colocación de las cajas.

Las cajas experimentales se dispusieron en dos niveles horizontales de la zona intermareal en la estación 1. En el nivel más superior se instalaron cuatro cajas con mejillones, a una distancia aproximada de 70 m de la línea de la costa durante la marea más alta del año. Cuatro cajas más se ubicaron en la parte más inferior del intermareal, a 30 m de las primeras cajas mencionadas.

Los organismos de dos de las cajas de cada nivel se enumeraron con tinta imborrable, y se midieron cada dos meses. A los individuos de las dos cajas restantes en cada nivel de profundidad, se les marcó con un número, excavando ligeramente el periostraco con una segueta, con el fin de asegurar la permanencia de la marca, ya que estos animales sólo se midieron a mediados y al final del experimento.

Se aplicaron pruebas U' de Mann Wittney (Sigel, 1980) para comparar los incrementos en longitud entre los mejillones de cada par de intervalos de tamaños de cada par de cajas dispuestas en el mismo nivel y medidos en el mismo intervalo de tiempo.

Al final del experimento se utilizaron análisis de varianza no paramétricos de tres vías (Wilson, 1956), para detectar diferencias en el crecimiento entre los organismos de los diversos intervalos de tamaño, entre los distintos niveles y entre los diferentes períodos de medición.

IV.4.3 Crecimiento alométrico.

El crecimiento alométrico de Modiolus capax se estimó usando los datos de longitud anteroposterior, peso húmedo total, alto, y ancho de los organismos colectados de las muestras para determinar la estructura poblacional por tallas.

Estos parámetros se relacionaron de acuerdo a la relación alométrica $Y=aX^b$, o en su forma logarítmica log Y = log a + b log X. Las constantes a y b se estimaron por regresiones de mínimos cuadrados (Sokal y Rholf, 1969).

Se utilizaron pruebas t de Student (Zar, 1974), para comparar las pendientes de regresión con las pendientes

teóricas de isometría (1 cuando ambas variables tienen dimensiones de longitud, y 3 cuando una variable tiene dimensiones de longitud y la otra de volumen).

También se aplicaron pruebas t de Student (Zar, op. cit) para comparar los pares de pendientes de regresión de las estaciones 1 y 2.

IV.5 VARIABLES AMBIENTALES.

De Febrero de 1985 a Enero de 1986, se hicieron mediciones mensuales de la temperatura y la salinidad del agua en ambas estaciones, usando un termómetro de cubeta con un rango de -25 a 60 °C, y un refractómetro de la marca American Optical.

V.- RESULTADOS.

V.I CICLO REPRODUCTIVO DE Modiolus capax.

V.1.1 Descripción de la gónada de Modiolus capax.

Modiolus capax es un organismo dioico. El reconocimiento del sexo mediante la coloración de la gónada es posible sólo en animales con un alto grado de madurez, ya que los sexos son fácilmente confundibles en las etapas tempranas de la gametogénesis y en las etapas finales de la liberación de gametos.

La mayor parte de la gónada se encuentra llenando el espacio entre el músculo aductor posterior, los músculos retractores del pie y del biso y la glándula del biso. En la parte ventral, forma entre el músculo aductor posterior y la glándula del biso, una masa o lóbulo, que puede llegar a ser muy voluminoso y prominente en organismos completamente maduros, o muy delgado y flácido en individuos con escaso desarrollo gonadal o que han liberado gran parte de sus gametos.

Hacia la región anterior del animal, la gónada se extiende cubriendo dorsal y ventralmente a la glándula digestiva y al intestino, variando su volumen con el grado de madurez. Por la

región posterior dorsal, la gónada se localiza alrededor del recto llegando en ocasiones a rodearlo por completo.

El color de la gónada es variable. Durante las primeras etapas de la gametogénesis adquiere un color crema, en ocasiones con tonalidades anaranjadas. En los organismos con una madurez gonadal avanzada o que comienzan a liberar sus gametos, la gónada se torna a un color anaranjado en las hembras y crema brillante en los machos. En los organismos en etapas avanzadas de liberación de gametos la gónada vuelve a adquirir una coloración crema pero opaca o cafezácea.

Los folículos o alvéolos con paredes de fibras musculares que contienen las células germinales son fáciles de observar al microscopio. Su tamaño varía con el grado de madurez , pero no necesariamente todos los organismos maduros tienen folículos más grandes que los inmaduros. El estroma de la gónada tiene paquetes de células con granulaciones en cantidades variables, y estas células son sostenidas por numerosas fibras. En el tejido conectivo o dentro de los senos venosos bien definidos también son rrecuentes los fagocitos libres.

V.1.2 Descripción de las etapas de madurez.

El exámen de las preparaciones histológicas permitió reconocer 14 etapas de madurez. Cuatro de ellas son etapas

combinadas de crecimiento y liberación de gametos al mismo tiempo en un mismo folículo. La descripción microscópica y macroscópica de estas etapas es la siguiente.

Etapa 0 o de reposo.- Incluye animales que no tienen indicios de sexualidad (Fig. 2). Comprende organismos vírgenes, o aquéllos que han liberado completamente sus gametos y que aún no han reiniciado la gametogénesis. En los animales vírgenes el material reproductivo es escaso y no hay folículos distinguibles o éstos apenas comienzan a formarse. Macroscópicamente, el material reproductivo se concentra casi por completo en el lóbulo ventral, el cual es muy pequeño, delgado, y de color crema casi transparente. En los organismos activos sexualmente que ya han liberado totalmente sus gametos, los folículos (f) generalmente se encuentran colapsados, sus paredes son gruesas (p.f.), y no tienen células germinales en el lumen. La gónada varía de color crema a anaranjado tenue, pero es opaca. El lóbulo es delgado, de poca altura, flácido, con los bordes transparentes, y en ocasiones colapsado, extendiéndose hacia los lados. En el resto del cuerpo del animal donde también se distribuye la gónada, ésta suele encontrarse en capas delgadas sólo en la parte dorsal.

Etapas de crecimiento (C).

Etapa C1.- Iniciación de la gametogénesis. Al comienzo de

esta etapa sólo se encuentran gonias en los folículos, y es difícil reconocer el sexo, mientras que en estados más avanzados el lumen de los folículos lo ocupan estadios tempranos de la gametogénesis. En los machos existe una predominancia de las espermatogonias (eg) y de los espermatocitos (es) (Fig.3), y en las hembras de oogonias (og) y ovocitos primarios (o.p.) (Fig.4), pero en ningún caso existen gametos morfológicamente maduros. Los folículos en general son un poco alargados y angostos debido a que apenas comienzan a llenarse. El aspecto macroscópico de la gónada en esta etapa es similar al de la etapa de reposo, aunque el color de la gónada no siempre es opaco.

Etapa C2.- También es una etapa temprana de la gametogénesis. En los machos abundan los espermatocitos (es), pero ya se distinguen los primeros espermios (e) morfológicamente maduros (Fig.5). En las hembras los ovocitos primarios (o.p.) y secundarios (o.s.) son los más abundantes y algunos óvulos maduros (ov) se encuentran libres en el lumen folicular (Fig.6). Como resultado de las continuas divisiones celulares los folículos se distienden, aumentando el volumen disponible, y en consecuencia se observan más redondeados. El lóbulo comienza a engrosarse y a ser más firme (aunque a veces permanece delgado), su color es crema o anaranjado tenue. La masa gonadal en la región anteroventral es delgada, y en la región dorsal oculta casi por completo a la glándula digestiva

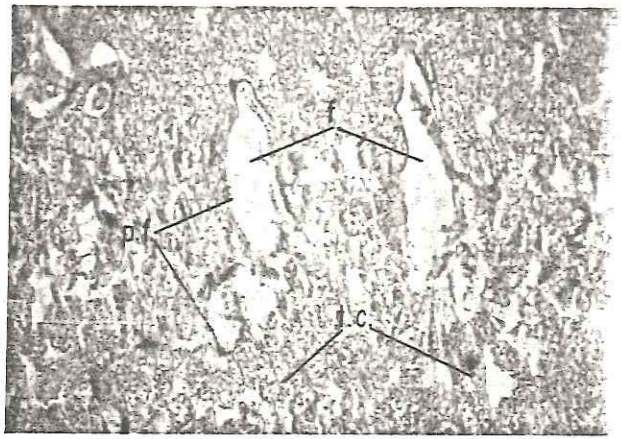


FIG. 2.- Etapa 0 o de reposo, con folículos completamente vacíos (f); p.f.- pared folicular; t.c.- tejido conectivo.

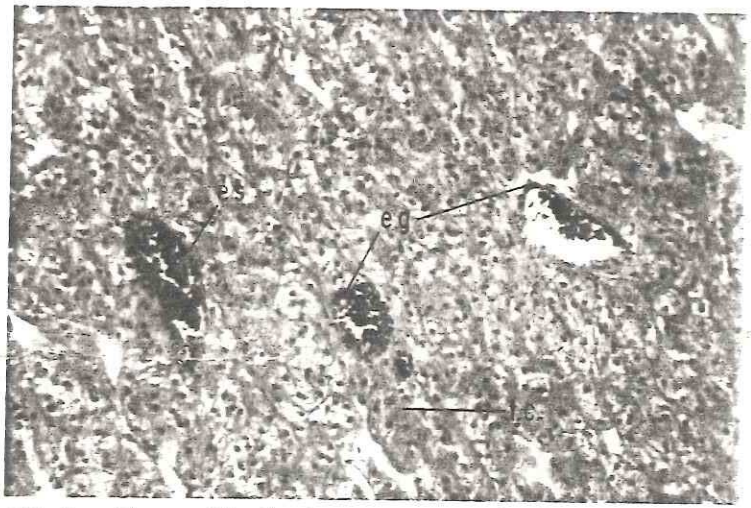


FIG. 3.- Etapa C1 Macho. es- espermatocitos; eg- espermatogonias; t.c.- tejido conectivo.

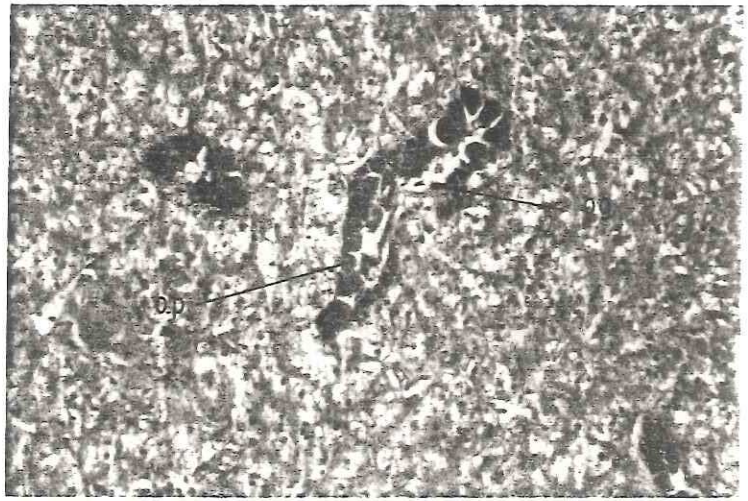


FIG. 4.- Etapa C1 Hembra. og- oogonias; o.p.- ovocito primario.

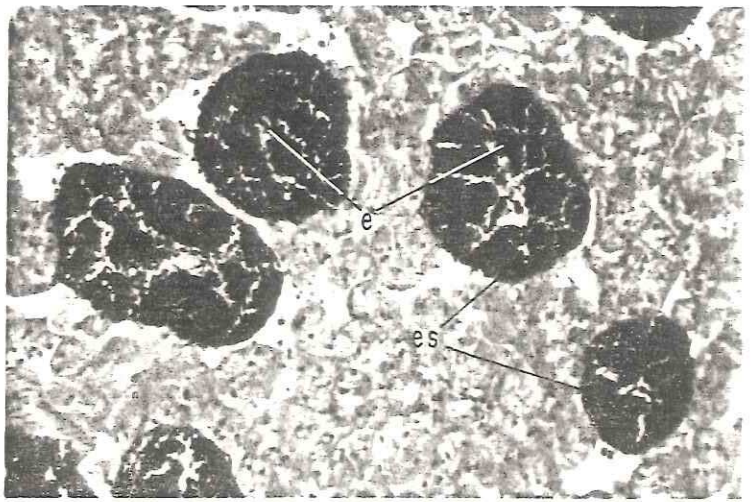


FIG. 5.- Etapa C2 Macho. es- espermatocitos; e- espermios

y al recto.

Etapa C3.- En esta etapa la mayoría de los folículos están ocupados aproximadamente por una proporción igual de gametos maduros e inmaduros. Las gonias son escasas. Los folículos ahora son redondos y sus lúmenes son generalmente pequeños debido a la abundancia de gametos. En los folículos de los machos los espermios (e) se disponen radialmente (Fig.7). En las hembras, los ovocitos secundarios (o.s.), que se distinguen de los primarios (o.p.) por ser piriformes y porque están sujetos a la pared folicular por un delgado pedúnculo citoplasmático, ocurren en mayor proporción que los primarios, que son más pequeños y adheridos totalmente a la pared del folículo (Fig.8). La apariencia de la gónada es similar a la de la etapa anterior, pero el lóbulo siempre está engrosado.

Etapa C4.- En esta etapa la mayoría de los folículos están ocupados principalmente por óvulos y espermios morfológicamente maduros. En los machos los gametos inmaduros ocupan una franja periférica bien delimitada (Fig.9 b.es.). Los espacios vacíos en el lumen folicular son muy pequeños, y se observan como estrías en el interior de los folículos. En las hembras, los óvulos maduros (ov), libres ya de la pared del folículo ocupan casi todo el lumen folicular con pequeños espacios entre ellos (Fig.10), y los ovocitos primarios (o.p.) y (o.s.) secundarios se encuentran en menor cantidad. Exteriormente el

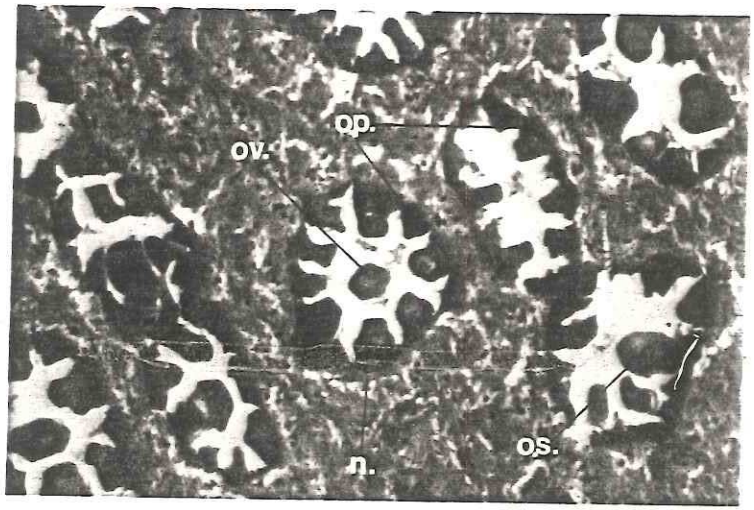


FIG. 6.- Etapa C2 Hembra. op.- ovocito primario; os.- ovocito secundario; ov.- ovulo maduro; n.- núcleo.

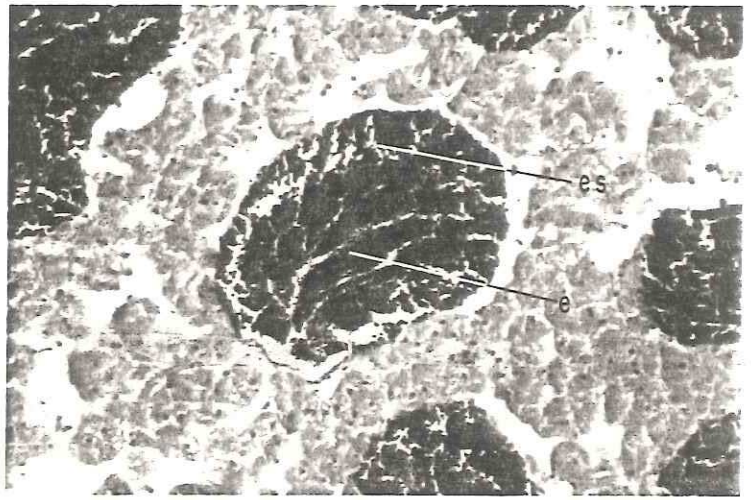


FIG. 7.- Etapa C3 Macho. es.- espermatocitos; e.- espermios.

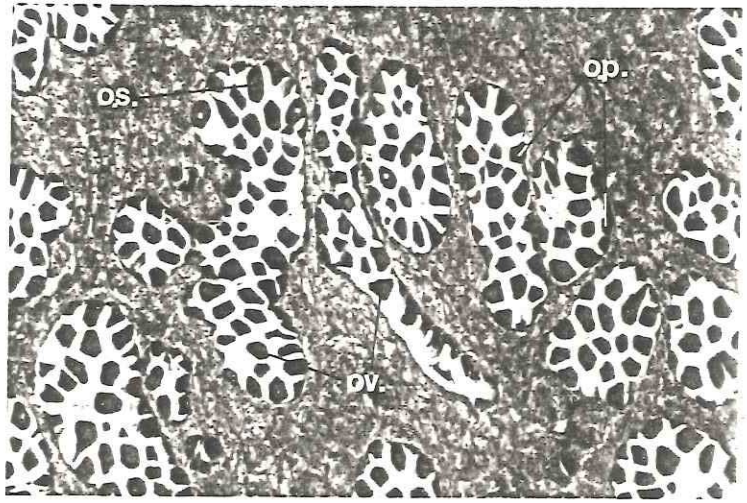


FIG. 8.- Etapa C3 Hembra. op.- ovocito primario; os.- ovocito secundario; ov.- ovulo morfologicamente - maduro.

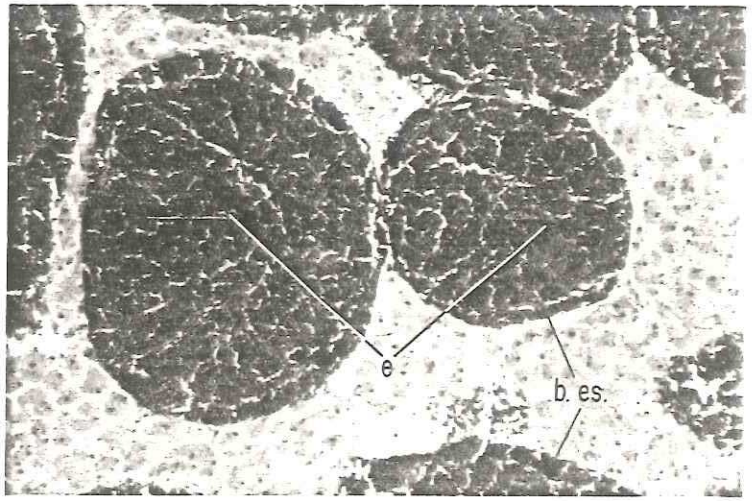


FIG. 9.- Etapa C4 Macho. e.- espermios; b. es.- banda periférica de espermatocitos.

lóbulo es por lo general voluminoso. En los machos el color de la gónada varía de crema a crema anaranjado, y en las hembras de anaranjado tenue a intenso, con pequeños puntos anaranjados más teñidos. Anatómicamente la gónada de los machos y de las hembras cubre exteriormente por completo la glándula digestiva y el recto.

Etapa C5 o de completa madurez.- Los folículos se han dilatado hasta el máximo, conteniendo óvulos o espermios morfológicamente maduros. En los machos, los espermios (e), dispuestos radialmente, llenan por completo los folículos prácticamente sin dejar espacios vacíos entre ellos. Los gametos inmaduros son muy escasos o están ausentes (Fig.11). En las hembras los óvulos morfológicamente maduros (ov) adquieren formas poligonales como resultado de su compactación en el folículo, comprimiendo también a los gametos inmaduros, que son muy pocos (Fig.12) El lóbulo alcanza en esta etapa su máximo volumen, en los machos adquiere un color crema brillante, y en las hembras es anaranjado intenso. El material reproductivo en la región anterior ventral, es decir alrededor de la glándula digestiva es generalmente abundante, pero forma capas más voluminosas en la región anterior dorsal del organismo.

Etapas de Liberación de Gametos (D).

Etapa D4.- Aparecen los primeros signos de liberación de gametos. En los folículos de los machos se produce una reducción general de la densidad de los espermios (e), los más centrales pierden su arreglo radial y aparecen estrías o pequeños espacios vacíos (Fig.13 e.v.). En las hembras algunos óvulos (ov) comienzan a redondearse por el efecto de la disminución de la presión entre ellos (Fig.14). El aspecto macroscópico de la gónada es similar al de la etapa anterior.

Etapa D3.- La liberación de gametos ha progresado, ya que los folículos de los organismos de ambos sexos conservan aproximadamente la mitad de los gametos maduros, y los espacios vacíos entre ellos son mayores (Figs. 15 y 16). El lóbulo, ahora más delgado, es de color crema anaranjado en los machos, y anaranjado tenue o intenso en las hembras y en algunos casos es opaco. En el resto del cuerpo donde se distribuye la gónada, ésta forma capas delgadas.

Etapa D2.- La mayoría de los folículos en los machos y en las hembras, conservan aproximadamente una cuarta parte de los gametos maduros (Figs.17 y 18). Los folículos comienzan a colapsarse un poco, probablemente como resultado de la disminución de la densidad de los gametos. El lóbulo es delgado, y a veces flácido, su color es crema amarillento o

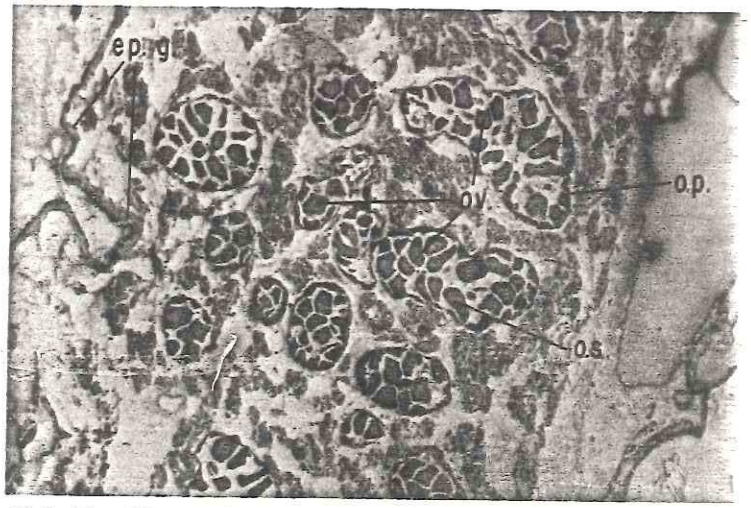


FIG. 10.- Etapa C4 Hembra. ov.- óvulo morfologicamente maduro; o.s.- ovocito secundario; o.p.- ovocito primario; ep.g.- epitelio de la gónada.

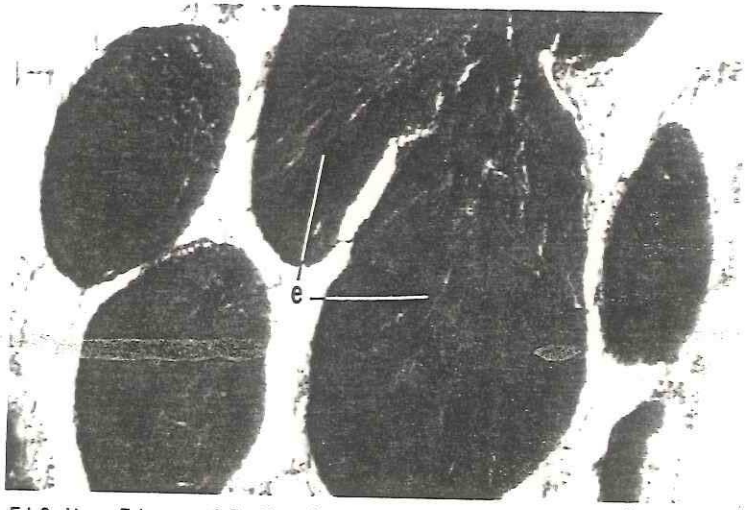


FIG. 11.- Etapa C5. Macho. e.- espermios morfológicamente maduros.

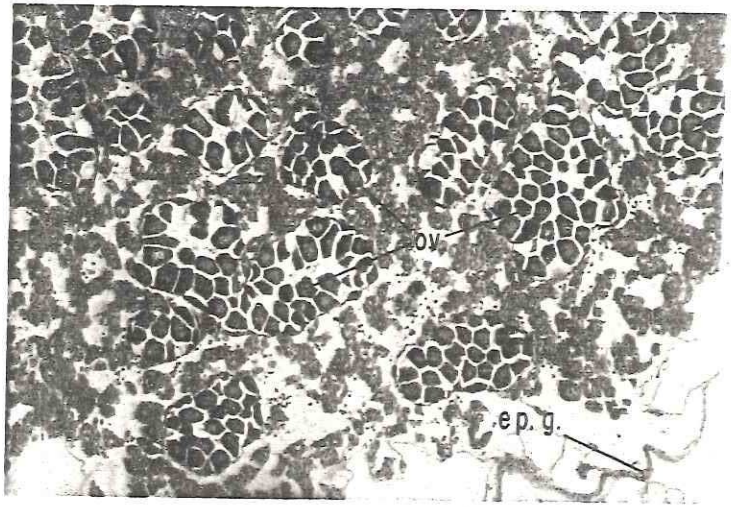


FIG. 12.- Etapa C5 Hembra.- ov.- ovulo morfológicamente maduro; ep.g.- epitelio de la gónada.

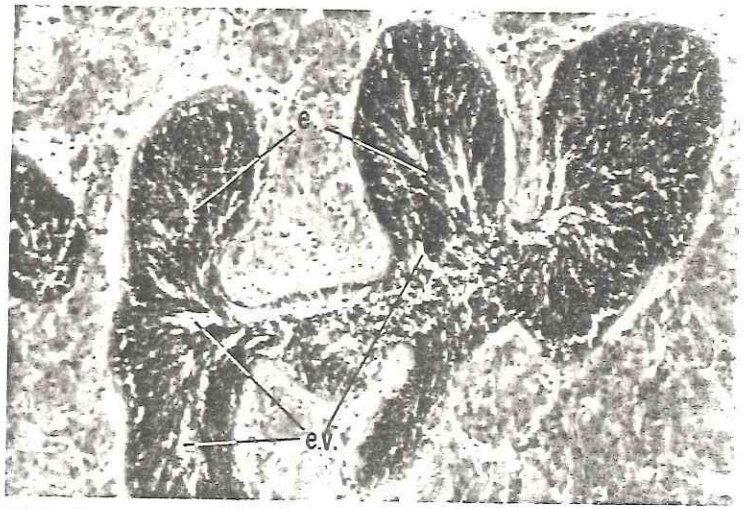


FIG. 13.- Etapa D4 Macho. e.- espermios; e.v.- espacios vacíos en el lumen folicular.

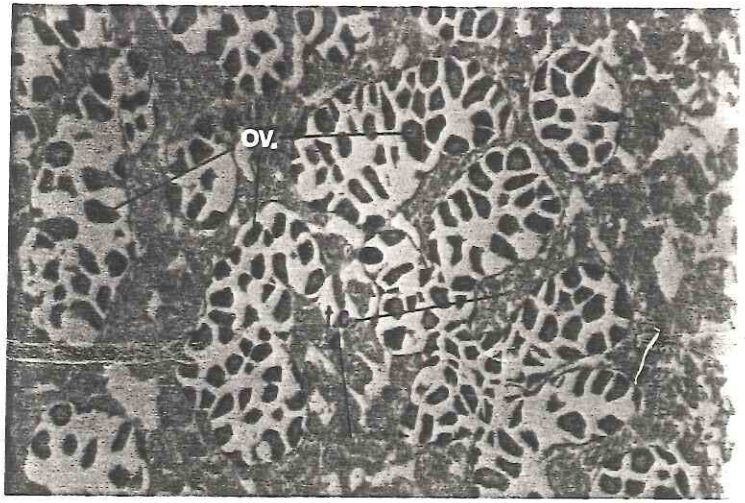


FIG. 14.- Etapa D4 Hembra. ov.-óvulo morfológicamente maduro; t.c.- tejido conectivo.

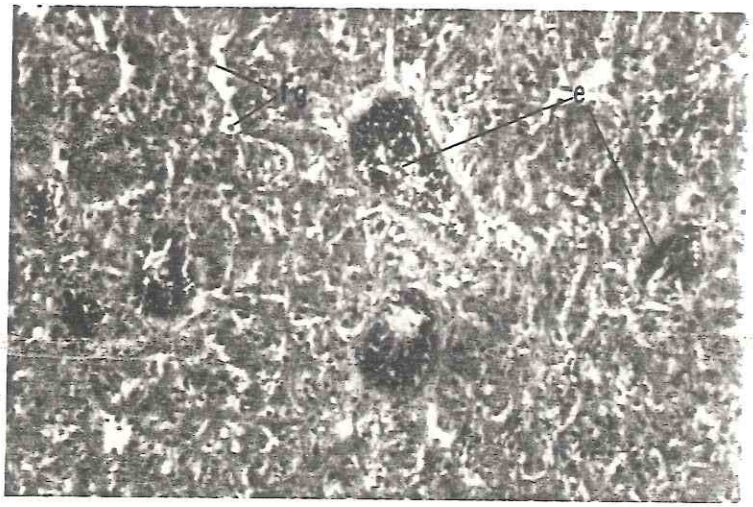


FIG. 15.- Etapa D3 Macho. e.-espermios fg.- fagocitos

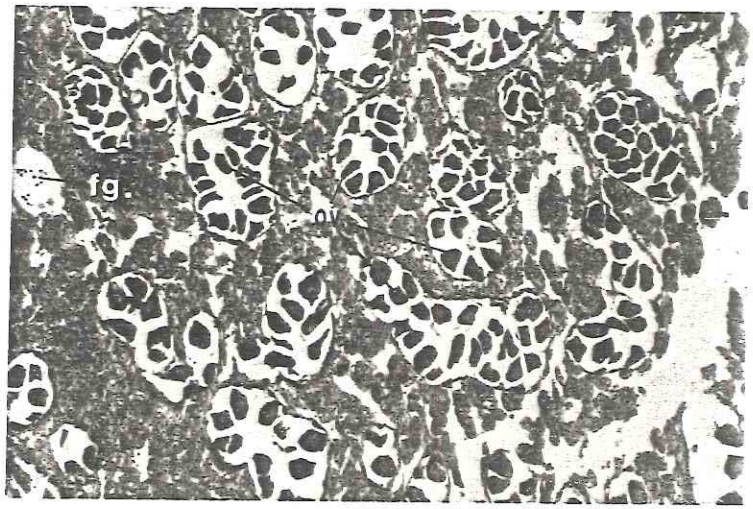


FIG. 16.- Etapa D3 Hembra. ov.- ovúlos morfológicamente maduros, fg.- fagocitos.

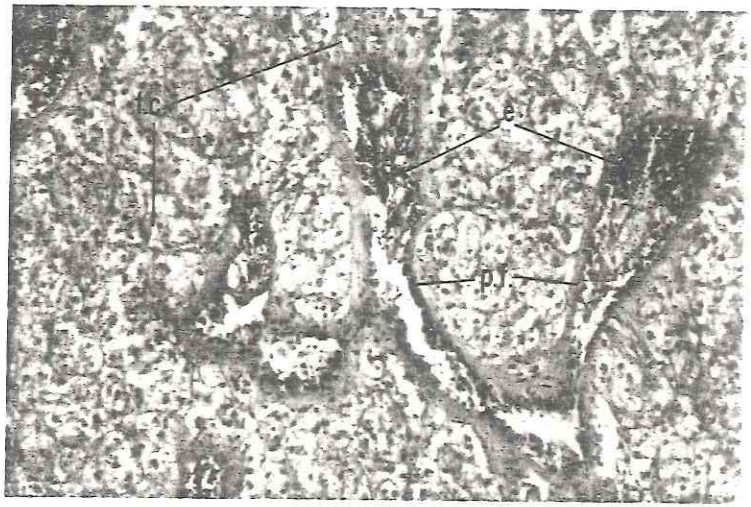


FIG. 17.- Etapa D2. Macho. t.c.- tejido conectivo; e.- espermios; p.f.- pared folicular.

anaranjado claro, con los bordes más teñidos y delgados. También puede ser opaco y con manchas café en la región anterior. En las demás regiones del cuerpo donde se distribuye la gónada existe poco material reproductivo.

Etapa D1.- Sólo permanecen en los folículos de los machos y de las hembras espermios (e) y óvulos residuales (Figs.19 y 20). Comienzan los procesos de citólisis de gametos por medio de los fagocitos (fg), que en esta etapa son comunes en el tejido conectivo y dentro de los folículos, donde se observan matrices amarillentas o cafés, resultado de dichos procesos. El lóbulo es turgente, delgado, flácido, y teñido de color café en la región anterior, el resto es amarillento o anaranjado claro, pero muy opaco. Existe poco material reproductivo en la región dorsal y anterior ventral del organismo.

Etapas Combinadas (C/D).

Etapa de crecimiento-liberación de gametos C4/D.- La apariencia de los folículos es muy parecida a la descrita en la etapa C4, pero la mayoría de ellos tienen signos de haber comenzado a liberar gametos. En los machos los espacios libres en el lumen son concomitantes con una disminución de la densidad de los espermios, que han perdido su disposición radial en el centro de los folículos. Se observa una separación entre la banda periférica de gametos inmaduros y los

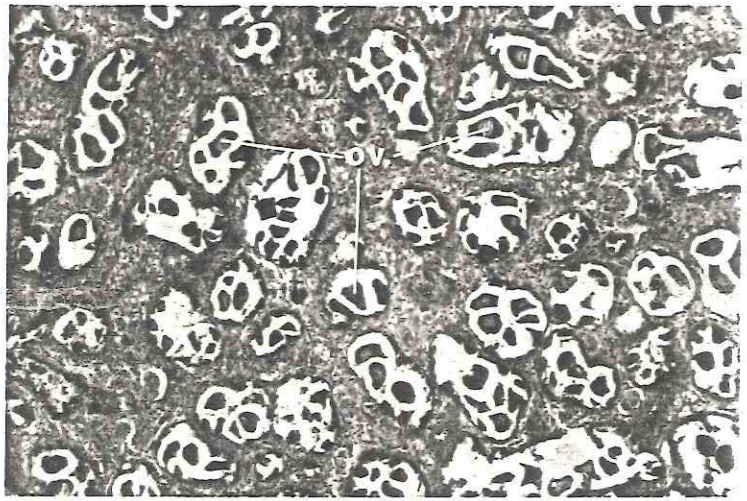


FIG. 18.- Etapa D2 Hembra. ov.- ovulos maduros.

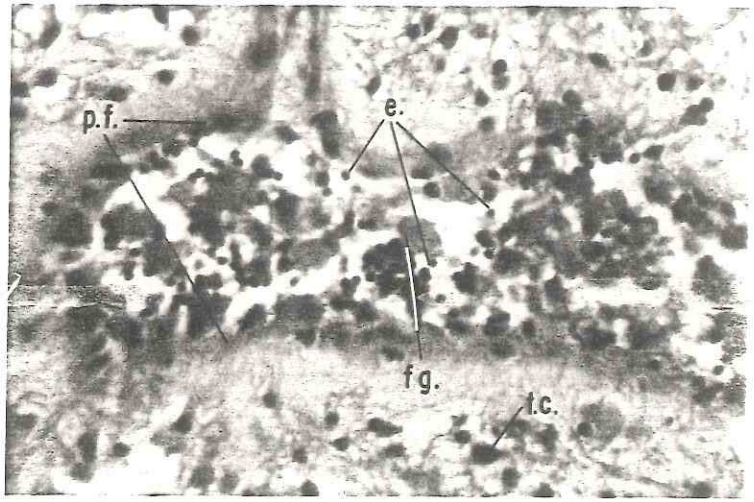


FIG. 19.- Etapa D1 Macho, con procesos de citólisis en sus folículos. e.- espermas, fg.- fagocitos, tc.- tejido conectivo ; p.f.- pared folicular.

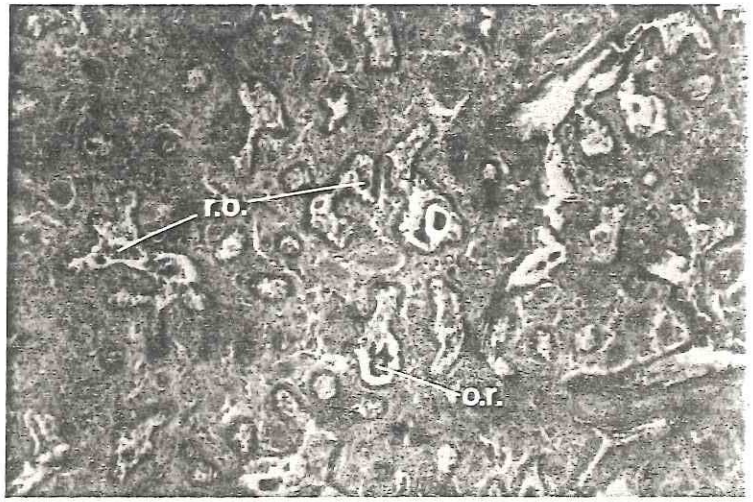


FIG. 20.- Etapa D1 Hembra. or.- ovulo en reabsorcion ; r.o.- restos de ovulos

espermios. Las hembras todavía tienen ovocitos secundarios en la pared folicular, los espacios vacíos en el folículo son muy conspicuos, y a diferencia de una etapa de crecimiento hay una menor cantidad de óvulos y de ovocitos primarios y gonias. La descripción macroscópica de la gónada es similar a la de los organismos en la etapa C4.

Etapa de crecimiento-liberación de gametos C3/D.- Esta etapa se caracteriza porque la mayoría de los folículos de la gónada presentan signos de liberación de gametos pero contienen aún aproximadamente la mitad del radio folicular ocupada por gametos inmaduros. Su apariencia macroscópica es similar a la descrita en la etapa C3.

Etapa de redesarrollo D2/C.- Los folículos aún con espermios u óvulos maduros por liberar (aproximadamente una cuarte parte del folículo) tienen una gametogénesis evidente en sus paredes. En los machos se observan folículos con espermas desarreglados en el centro y con paquetes de gametos inmaduros en la pared folicular, los cuales en algunos casos se encuentran intercalados entre paquetes de espermios que también contactan la pared folicular. En las hembras, los paquetes de oogonias y algunos ovocitos primarios se distinguen fácilmente en las paredes foliculares.

Etapa de redesarrollo D1/C.- Los folículos con óvulos o

espermios residuales tienen paquetes de gonias en sus paredes. Se diferencia esta etapa de la C1 en que aún existen gametos residuales y procesos citolíticos y en el menor grado de colapsamiento de los folículos.

En base a la información anterior, en la figura 21 se muestran las etapas sucesivas de madurez a partir de las cuales se define el ciclo reproductivo de Modiolus capax.

V.1.3 Comparación de la escala de madurez propuesta para Modiolus capax en este estudio con la descrita por Ochoa-Báez (1985).

La escala de madurez de Modiolus capax descrita en este trabajo es diferente a la escala propuesta por Ochoa-Báez (1985) para esta misma especie de la Bahía de la Paz, B.C.S. Aunque la autora no define claramente algunos de los estadios de su escala, la probable correspondencia entre los estadios o etapas de madurez de ambas se presenta en la tabla II.

Las etapas combinadas equivalentes a las C4/D, C3/D y D2/C no fueron registradas por Ochoa-Báez (op. cit.).

Las etapas de reposo (0) y de crecimiento C1 y C5 de este estudio pueden corresponderse a los estadios 0 (Indiferenciado), I (Gametogénesis Inicial) y III

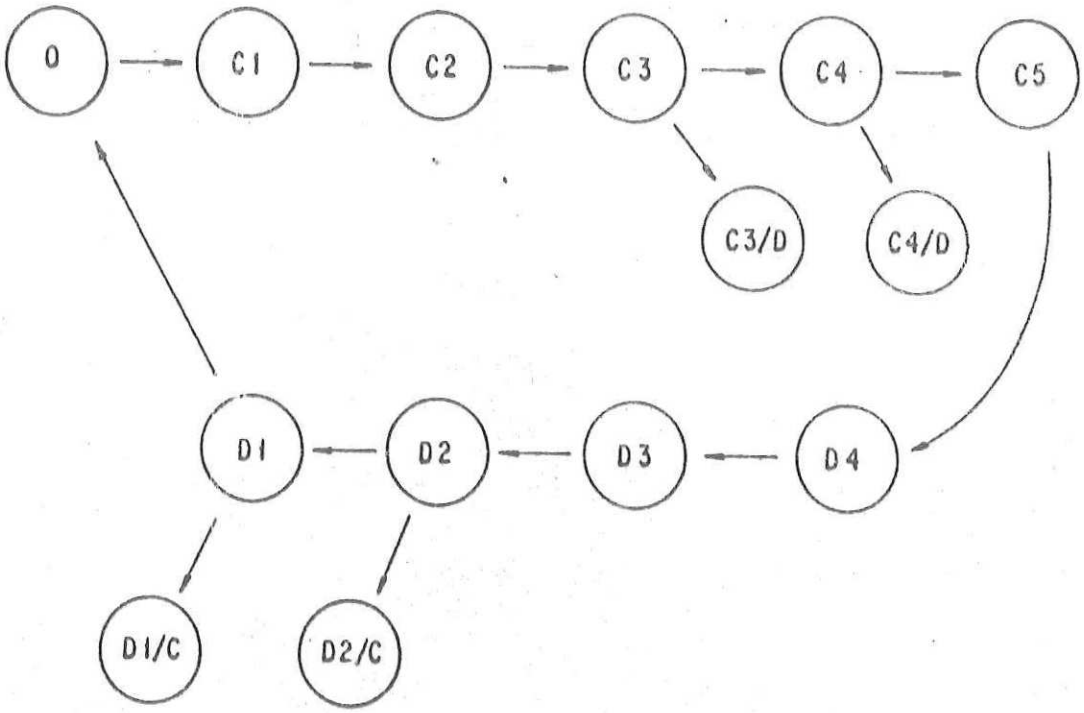


Figura 21.- Etapas sucesivas que definen el ciclo reproductivo de Modiolus capax.

Tabla II. Probable correspondencia entre las etapas de madurez de Modiolus capax descritas en este estudio y las propuestas por Ochoa-Báez (1985).

ESTE ESTUDIO	OCHOA - BAEZ (1985)
0	0 Indiferenciado
C1	I Gametogenesis Inicial
C2, C3, C4	II Gametogenesis Intermedia
C5	III Gametogenesis Avanzada
D4, D3, D2	IV Desove
D1, D1/C	V Desovado
D1	VI Postdesove

(Gametogénesis Avanzada). Las características de las etapas C2, C3 y C4 estarían contenidas en el estadio II (Gametogénesis Intermedia), al igual que las etapas D4, D3 y D2 en el estadio IV (Desove) propuestos por la autora. Igualmente, las características de las etapas D1 y D1/C podrían aplicarse ambas a las definidas para el estadio V (Desovado). La etapa D1 de este estudio es también similar al estadio VI (Postdesove) propuesto por Ochoa-Báez (op. cit.).

Sin embargo, en base a los resultados de esta investigación, es necesario considerar una nueva escala de madurez sintetizada en varias etapas fácilmente identificables, y de uso más práctico cuando no interesa conocer con mucho detalle el ciclo reproductivo de la especie (Tabla III).

V.1.4 Atrofiamiento de la gónada.

Los casos en que se observó un atrofiamiento de los gametos fueron muy frecuentes. En las gónadas de las hembras, se observaron ovocitos y óvulos maduros con signos de reabsorción (o.r) dentro de los folículos (Fig. 22). El atrofiamiento generalmente fué parcial, y particularmente en las etapas de crecimiento C3 a C5 y en etapas de liberación de gametos D4 a D2. En los machos el atrofiamiento no fué tan común, y se caracterizó por un desarreglo total de las células germinales y por la formación de numerosos conglomerados

Tabla III. Nueva escala de madurez con algunas etapas sintetizadas del desarrollo gonadal de Modiolus capax.

0	REPOSO
C1-C2	CRECIMIENTO TEMPRANO
C3-C4	CRECIMIENTO AVANZADO
C5	MADURO
D4-D3	LIBERACION TEMPRANA DE GAMETOS
D2-D1	LIBERACION AVANZADA DE GAMETOS
C4/D-C3/D	CRECIMIENTO AVANZADO CON LIBERACION DE GAMETOS.
D2/C-D1/C	REDESARROLLO

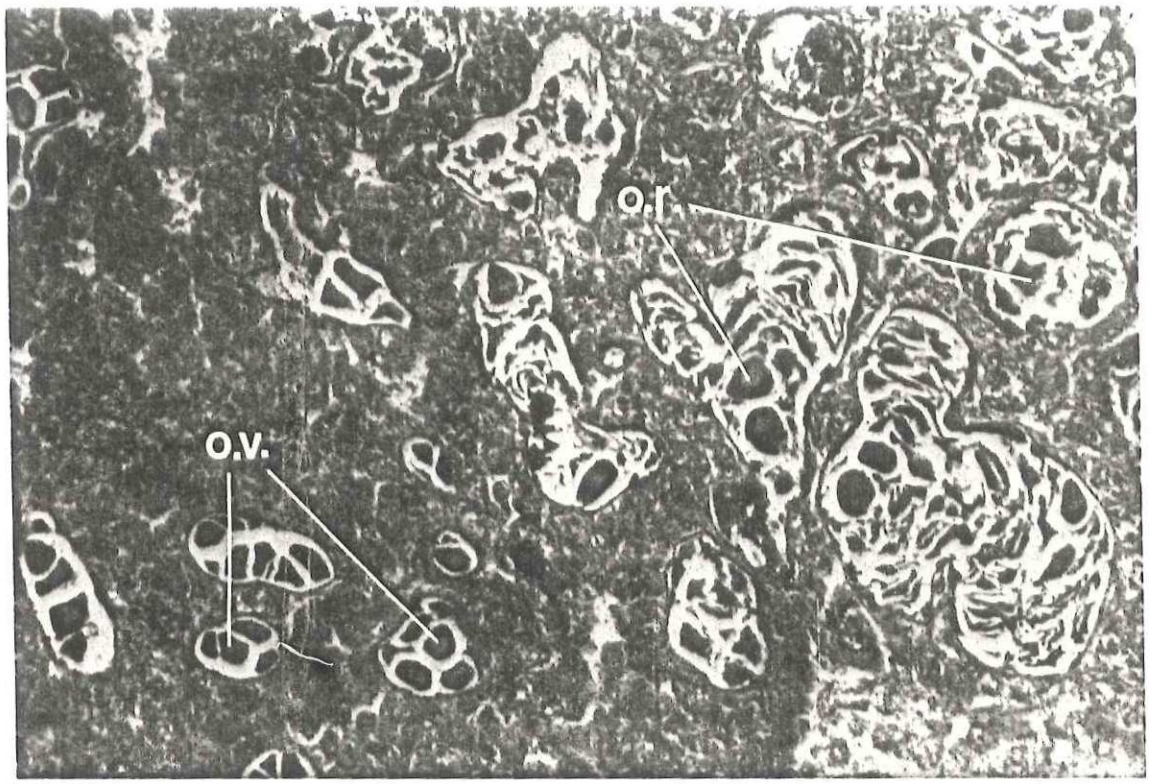


Figura 22.- Gametos en reabsorción dentro de los folículos, or.- óvulos en reabsorción; ov.- óvulos maduros normales.

constituidos por dos o tres espermios. En algunos casos se encontró también una matriz café o amarillenta dentro de los folículos, producto de los procesos de citólisis. La apariencia macroscópica de estos organismos fué también diferente a lo normal. Según el grado de atrofiamiento, la gonada fué menos voluminosa que en las etapas normales correspondientes, y en algunos casos su apariencia fué similar a la de los organismos en etapas avanzadas de liberación de gametos.

V.1.5 Aspectos Generales.

En general el tejido conectivo de la gónada fué más abundante y compacto en las etapas de reposo y de crecimiento temprano (Figs. 2 a 10) que en las restantes (Fig. 11 a 20). Las granulaciones en este tejido, identificadas como lípidos y carbohidratos por Ochoa-Báez (1985), y que son probablemente fuente de alimento para el desarrollo de los gametos, fueron muy abundantes en las etapas de crecimiento C2 a C4 (Fig. 3 a 10), y variaron cuantitativamente en el resto de las etapas; sin embargo, en muchos organismos, principalmente aquéllos en etapas finales de liberación de gametos, las había en poca cantidad, aproximadamente una cuarta parte de lo observado en las etapas C2 a C4.

V.1.6. Ciclo Reproductivo.

En la tabla IV y la figura 23a se muestra la distribución de los organismos en las diferentes etapas de madurez durante el período de estudio.

En Febrero de 1985, el 55% de los organismos se encontraron en etapas de crecimiento, principalmente en crecimiento temprano C1 y C2 (41.2%) y completamente maduros (C5) (13.8%). En este mismo mes, el 41.4% de los individuos se observaron en las etapas de liberación de gametos D4, D3 y D1. (Tabla III, Fig. 23a).

En Abril y Mayo, la mayoría de los organismos estaban en fases de crecimiento y en etapas combinadas de crecimiento-liberación de gametos (Fig. 23a). En Abril dominaron en número los organismos en crecimiento temprano C2 (31%) y en la etapa combinada de crecimiento avanzado y liberación de gametos temprana C4/D (27.6%), mientras que en Mayo fueron más frecuentes los individuos en etapas de crecimiento avanzado C3 y C4 (34.5%) y en la etapa combinada C4/D (31%) (Tabla III, Fig. 23a).

En Junio fueron muy frecuentes (33.3%) los organismos en estado avanzado de crecimiento gonadal (etapa C4) y completamente maduros (C5), así como los organismos en etapas

Tabla IV. Número mensual de mejillones Modiolus capax de cada sexo y de la muestra total en las diferentes etapas de madurez, y resultados de la prueba U' de Mann Whittney (Siegel, 1980) sobre las diferencias entre hembras y machos (p=.05). Valores del Indice Promedio de Madurez (I.P.M.) y del promedio del Indice Gonádico (I.G.). M: machos; H:hembras; I: indiferenciados; M.T.: muestra total n: número de individuos; *: diferencia significativa; D.E.: desviación estándar.

MES	SEXO	ETAPAS DE MADUREZ														η	P=.05	I.P.M.	I.G.±D.E
		R	C1	C2	C3	C4	C5	D4/C	D4	D3/C	D3	D2	D2/C	D1	D1/C				
FEB	M		1	2		1	4		3					1		12		3.5	14.8 ±8.7
1985	H		1	3					2		2			3		11		2.2	12.7 ±6.8
	I	1	4											1		6		0.8	11.3 ±5.9
	M.T.	1	6	5		1	4		5		2			5		29		2.5	13.3 ±7.4
ABR	M			6	1	2		8		1						18		3.2	22.2 ±6.3
	H			3	1	2				3	1					10		2.9	22.1 ±4.4
	I		1													1		1.0	12.8 ± —
	M.T.		1	9	2	4		8		4	1					29		3.0	21.8 ±5.8
MAY	M				4	6		8		2						20		3.6	28.8 ±4.6
	H			3			1	1	3	1						9		3.2	27.5 ±8.4
	M.T.			3	4	6	1	9	3	3						29		3.5	28.1 ±6.1
JUN	M			1	1	4	2	3								11	*	3.9	28.2 ±11.2
	H		2				3		6		2	1				14	*	3.5	20.4 ±6.3
	I	2														2		0.0	8.6 ± 1.7
	M.T.	2	2	1	1	4	5	3	6		2	1				27		3.4	22.7 ± 9.9
AGO	M				1	2		3					10			16	*	2.7	11.3 ±2.7
	H													9		9	*	1.0	8.8 ± 1.6
	I	5														5		0.0	6.1 ± 1.2
	M.T.	5			1	2		3					10	9		30		1.7	9.7 ±2.9
SEP	M					2			1	1	1		4			9		2.9	11.9 ±3.1
	H				3	4		3			1	1	4	1	2	19		2.8	9.9 ±2.2
	I		1											1		2		1.0	2.5 ±0.4
	M.T.		1		3	6		3	1	1	2	1	8	2	2	30		2.7	10.1 ±3.3
OCT	M						7		6		1	1		1		16		4.1	9.1 ±3.5
	H						5		2					1	5	13		3.0	8.3 ±3.6
	I	1														1		0.0	7.9 ± —
	M.T.	1					12		8		1	1		2	5	30		3.5	8.7 ±3.4
NOV	M						6		6		1			1		14		4.1	10.3 ±5.3
	H		1				3		5				2	3	1	15		2.9	8.7 ±3.2
	I		1													1		1.0	3.0 ± —
	M.T.		2				9		11		1		2	4	1	30		3.4	9.2 ±4.4
DIC	M		1				5		4		4	3		4		21		3.1	9.3 ±4.5
	H		1						1		2	1		2	1	8		2.0	11.4 ±6.2
	I		1													1		1.0	6.2 ± —
	M.T.		3				5		5		6	4		6	1	30		2.7	9.7 ±5.0
ENE	M		1	1			2		7		2		1			14		3.5	12.8
1986	H						3		5		1				5	14		3.1	15.7 ±4.4
	I		2													2		1.0	7.4 ±1.9
	M.T		3	1			5		12		3		1		5	30		3.1	13.8 ±6.0

tempranas de emisión de gametos D4 y D3 (29.6%).

En el mes de Agosto numéricamente predominaron los individuos en la etapa de redesarrollo D2/C (33.3%) y en la etapa tardía de emisión de gametos D1 (30%), y también se observó el mayor número de organismos en reposo (0) (17%). A partir de este mes, los organismos en crecimiento gonadal temprano y avanzado fueron muy escasos (menos del 13%), a excepción de Septiembre, cuando constituyeron el 33.3%, con dominancia de la etapa C4 (Tabla IV, Fig. 23a). En Septiembre se encontraron gónadas en todas las etapas de liberación de gametos y de redesarrollo, dominando la etapa de redesarrollo D2/C (27%).

A partir de Octubre de 1985 los organismos completamente maduros (C5) y comenzando a liberar gametos (D4) fueron muy abundantes: 67% en los meses de Octubre y Noviembre, 33.3% en Diciembre de 1985, y 57% en Enero de 1986 (Tabla IV). Sólo en el mes de Diciembre los organismos en estas etapas fueron superados en número por organismos en etapas más avanzadas de liberación de gametos D3, D2 y D1 (53.3%), los cuales junto con las etapas de redesarrollo no constituyeron más del 30% en los meses restantes (Tabla IV, Fig. 23a).

Según la prueba U' de Mann Wittney (Siegel, 1980), sólo en los meses de Junio y Agosto de 1985 existió una diferencia

significativa en el número de organismos en las diferentes etapas de madurez entre las hembras y los machos (Tabla IV).

En los meses de Febrero, Abril, Mayo y Noviembre de 1985 el análisis de Kruskall Wallis (Siegel, 1980), detectó diferencias significaivas en el número de organismos en las distintas etapas de madurez entre los intervalos de tamaño de los organismos (Tabla V). Según las pruebas a posteriori de este análisis, los individuos de las tallas menores (60 a 69.9 mm) fueron los que produjeron esas diferencias.

V.1.7. Casos Anormales.

Desde Agosto de 1985 se encontraron organismos en cuyas gónadas se observó un atrofiamiento de los gametos. En Agosto, Octubre y Noviembre, estos individuos formaron el 23.3% del total mensual, en Septiembre el 33.3% y en Diciembre de 1985 y Enero de 1986 el 20.0 y 30.0% respectivamente. La mayoría de estos individuos fueron hembras (2 en Agosto, 9 en Septiembre y Enero, 7 en Octubre y Noviembre, y 6 en Diciembre), y en casi todos ellos la atroria fué parcial. Sólo en los meses de Agosto (5 organismos) y Septiembre (un individuo) se observaron mejillones machos con una atroria de casi todos sus gametos.

Tabla V. Número mensual de mejillones Modiolus capax de cada intervalo de tamaños en las diferentes etapas de madurez, y resultados de la prueba de Kruskall Wallis (p= .05) de las diferencias entre los tres intervalos de tamaños. n: número de individuos; *: diferencia significativa.

MES	TALLA (mm)	ETAPAS DE MADUREZ													n	P=.05
		R	C1	C2	C3	C4	C5	C4/D	D4	C3/D	D3	D2	D2/C	D1	D1/C		
FEB.	40-69.9	1	5	2		1	1									10	
	70-89.9			2			2		2		1			2		9	*
	>90		1	1			1		3		1			3		10	
ABR.	40-69.9		1	5	1	2					1					10	
	70-89.9			3	1	1		3		2						10	*
	>90			1		1		5		2						9	
MAY.	40-69.9			3	3	1		2								9	
	70-89.9				1	4	1	2	1	1						10	*
	>90					1		5	2	2						10	
JUN	40-69.9	2	1		1	1	1		3			1				10	
	70-89.9		1			1	2	2	2		1					9	
	>90			1		1	3	1	1		1					8	
AGO.	40-69.9	5						2					1	2		10	
	70-89.9				1			1					4	4		10	
	>90					2							5	3		10	
SEP.	40-69.9		1		1	2		2		1			2	1		10	
	70-89.9				2	2		1			2	1	1		1	10	
	>90					2			1				5	1	1	10	
OCT.	40-69.9						3		3		1			1	2	10	
	70-89.9						3		3			1		1	2	10	
	>90	1					6		2						1	10	
NOV.	40-69.9		2				5		2				1			10	
	70-89.9						2		4		1		1	2		10	*
	>90						2		5					2	1	10	
DIC.	40-69.9		3						2		2	2			1	10	
	70-89.9						1		2		2	1		4		10	
	>90						4		3		1	1		1		10	
ENE	40-69.9		2	2					4		1		1			10	
	70-89.9						2		4		2				2	10	
	>90						3		4						3	10	

V.1.8 Indice Promedio de Maburez (I.P.M.).

EL I.P.M. (Fig.23b) denotó dos períodos de aumento, el primero de Febrero a Mayo, y el segundo de Agosto a Octubre de 1985. Los valores máximos alcanzados en los dos períodos fueron muy similares (3.52 y 3.47), y estuvieron intercalados por un decrecimiento que en Agosto de 1985 alcanzó el valor más bajo (1.73).

El desgloce del I.P.M. en Indices de Crecimiento y de Liberación de Gametos se señala en la figura 23 c. De Febrero a Mayo de 1985 ambos índices se incrementaron adquiriendo valores más altos los de liberación de gametos, principalmente en Abril y Mayo. Sin embargo, de Agosto a Octubre, aunque también los dos índices aumentaron progresivamente, los valores más altos correspondieron al Indice de Crecimiento, conservándose así hasta Diciembre de 1985.

En particular, en el I.P.M. calculado para las hembras y los machos separadamente, se observaron valores más altos en los machos durante todos los meses (Fig.24).

V.1.9 Indice Gonádico (I.G.).

Al igual que los otros índices los valores promedio del I.G. (Fig.25) se incrementaron gradualmente desde Febrero a

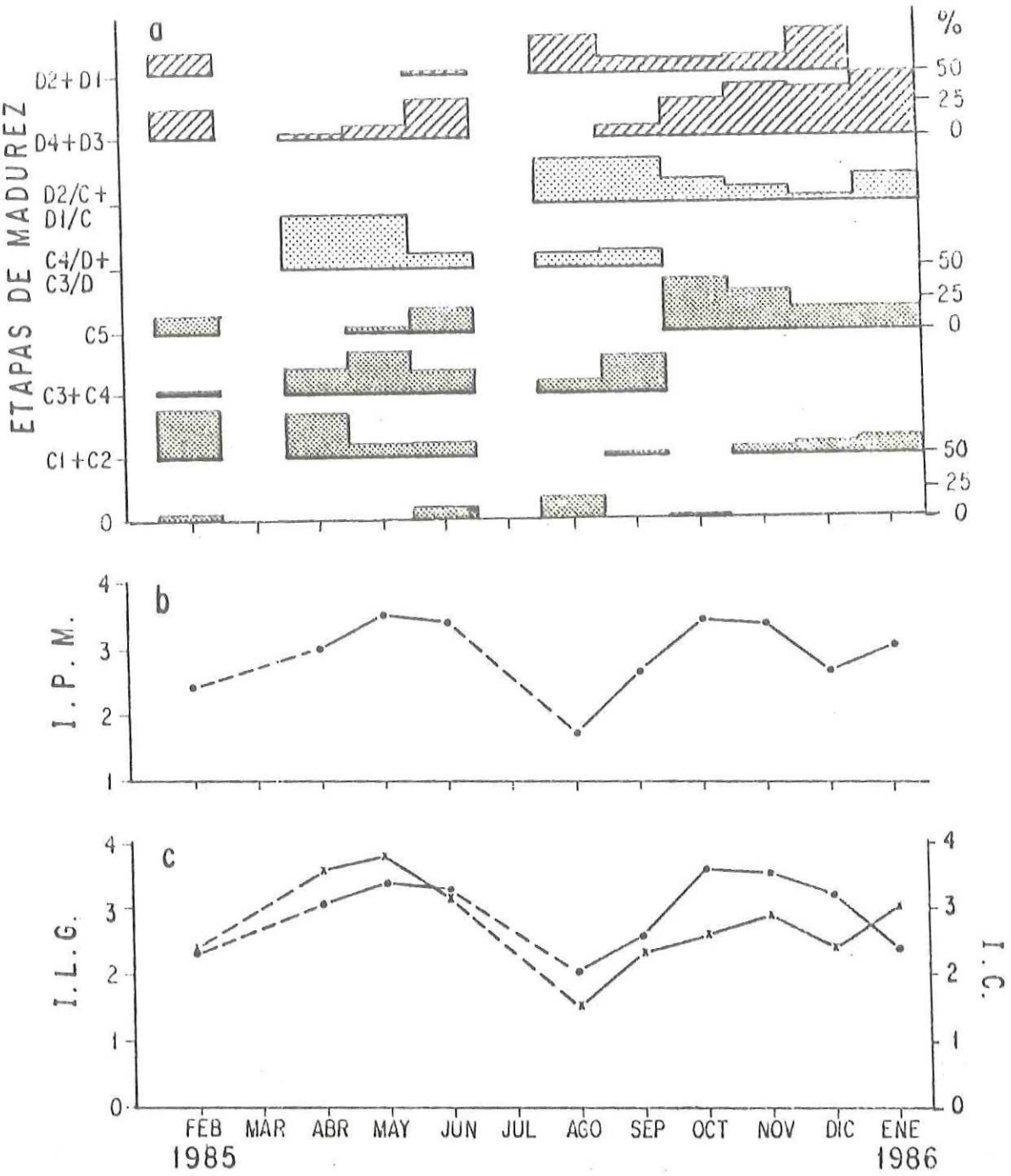


Figura 23.- a) Porcentaje mensual de mejillones Modiolus capax en las diferentes etapas de madurez. b) Fluctuación mensual del Indice Promedio de Madurez (I.P.M.) de Modiolus capax. c) Fluctuación mensual del Indice de Crecimiento (I.C.) (⟷) y del Indice de Liberación de Gametos (I.L.G.) (⟷) de Modiolus capax.

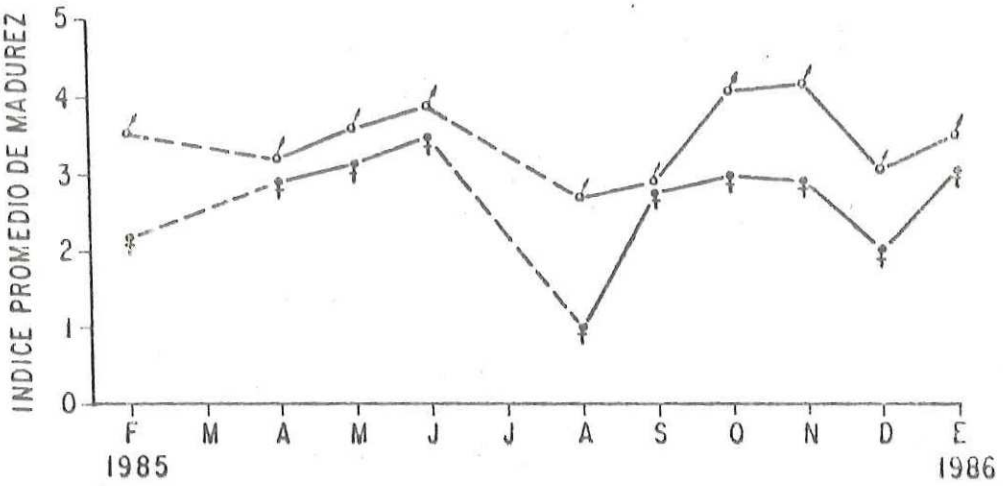


Figura 24.- Fluctuación mensual del Indice Promedio de Madurez de los machos y las hembras (♂ y ♀) de Modiolus capax.

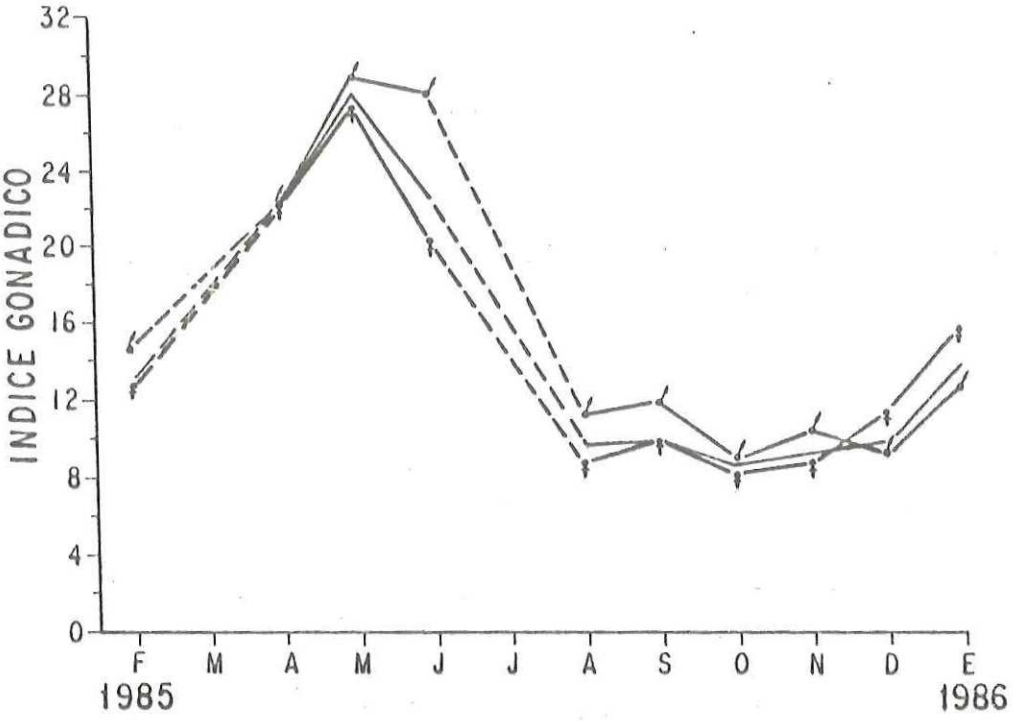


Figura 25.- Fluctuación mensual del valor promedio del Indice Gonádico para el total de los individuos (—) y para las hembras (♀) y los machos (♂) de Modiolus capax separadamente.

Mayo de 1985, y después disminuyeron hasta Agosto del mismo año. Posteriormente ocurrieron valores menos fluctuantes, que en promedio fueron bajos comparados con los de los meses anteriores. El valor más alto del promedio de este Indice ocurrió en Mayo, y el más bajo en Octubre de 1985. A excepción de los meses de Diciembre de 1985 y Enero de 1986 los machos tuvieron valores promedio más altos que las hembras (Fig. 25).

V.1.10 Hermafroditismo.

Sólo se encontró un organismo hermafrodita en el mes de Mayo, cuya longitud fué de 43.2 mm, y su gónada se hallaba en etapas tempranas de desarrollo (C2).

V.2. ESTRUCTURA POR TALLAS DE LA POBLACION.

En los histogramas de las longitudes anteroposteriores de los mejillones de la estación 1 (Fig. 1 y Fig. 26) se observó que los especímenes mayores de 50 mm son los que conforman principalmente a la población. En Febrero, Marzo y Mayo de 1985, constituyeron el 90, 86 y 84% del total de la población respectivamente; en Agosto y Octubre del mismo año el 76 y 66%, y en Diciembre de 1985 y Febrero de 1986 el 75 y 67%. En todos los meses, los organismos que midieron entre 80 y 90 mm fueron los más abundantes. Los organismos con longitud anteroposterior menor de 50 mm representaron el 10 al 16% de la

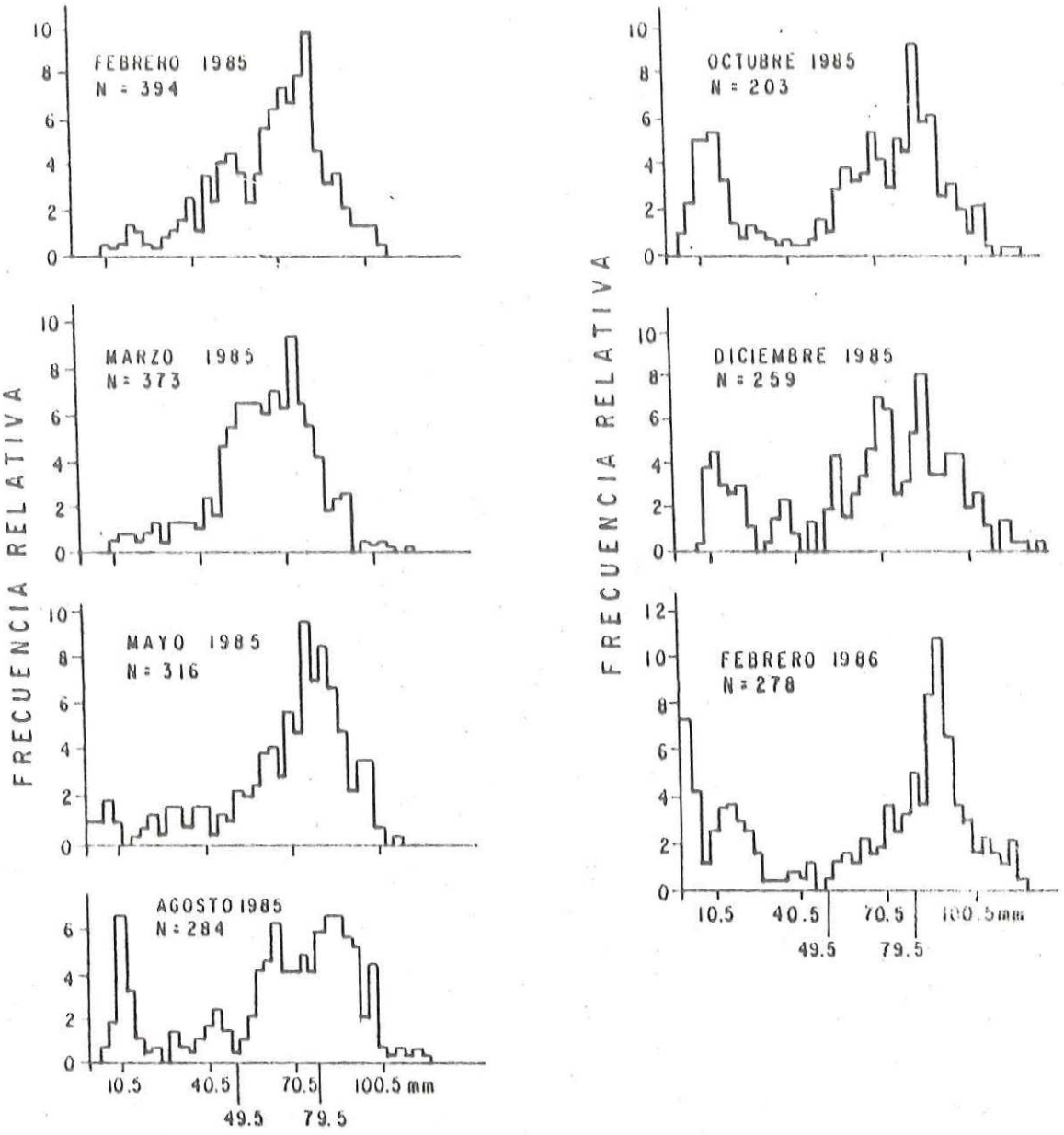


Figura 26.- Histogramas de la longitud anteroposterior de los mejillones Modiolus capax de la estación 1 en los diferentes meses de muestreo.

población de Febrero a Mayo de 1985, el 24 y 34% en Agosto y Octubre respectivamente, y el 25 y 32% en Diciembre de 1985 y Febrero de 1986.

En Febrero y Marzo de 1985 sólo se encontraron dos organismos menores de 15 mm por mes (0.5% del total), y en Mayo quince individuos (5%). A partir de Agosto ocurrió un aumento considerable de reclutas menores de 15 mm, los cuales constituyeron el 12% en Agosto, el 17% en Octubre, el 8% en Diciembre de 1985, y en Febrero de 1986 el 18%. La talla máxima encontrada en esta estación fué de 126 mm.

En la estación 2 (Fig.1) los organismos mayores de 75 mm representaron el porcentaje más alto de abundancia (Fig.27). En Abril de 1985 estos individuos conformaron el 65% del total de la población, en Junio el 81%, en Septiembre y Noviembre el 76% y en Enero de 1986 el 65%. En consecuencia, los mejillones menores de 75 mm constituyeron el 15 y 19% del total en Abril y Junio, el 24%en Septiembre y Noviembre, y el 35% en Enero de 1986. Las mejillones con longitud anteroposterior entre 80 y 100 mm fueron los más abundantes en esta estación.

El número de individuos menores de 15 mm aumentó progresivamente en el tiempo, aunque sólo en Noviembre de 1985 y Enero de 1986 fueron relativamente abundantes. En Abril de 1985 sólo se encontraron dos organismos (0.6% del total), en el

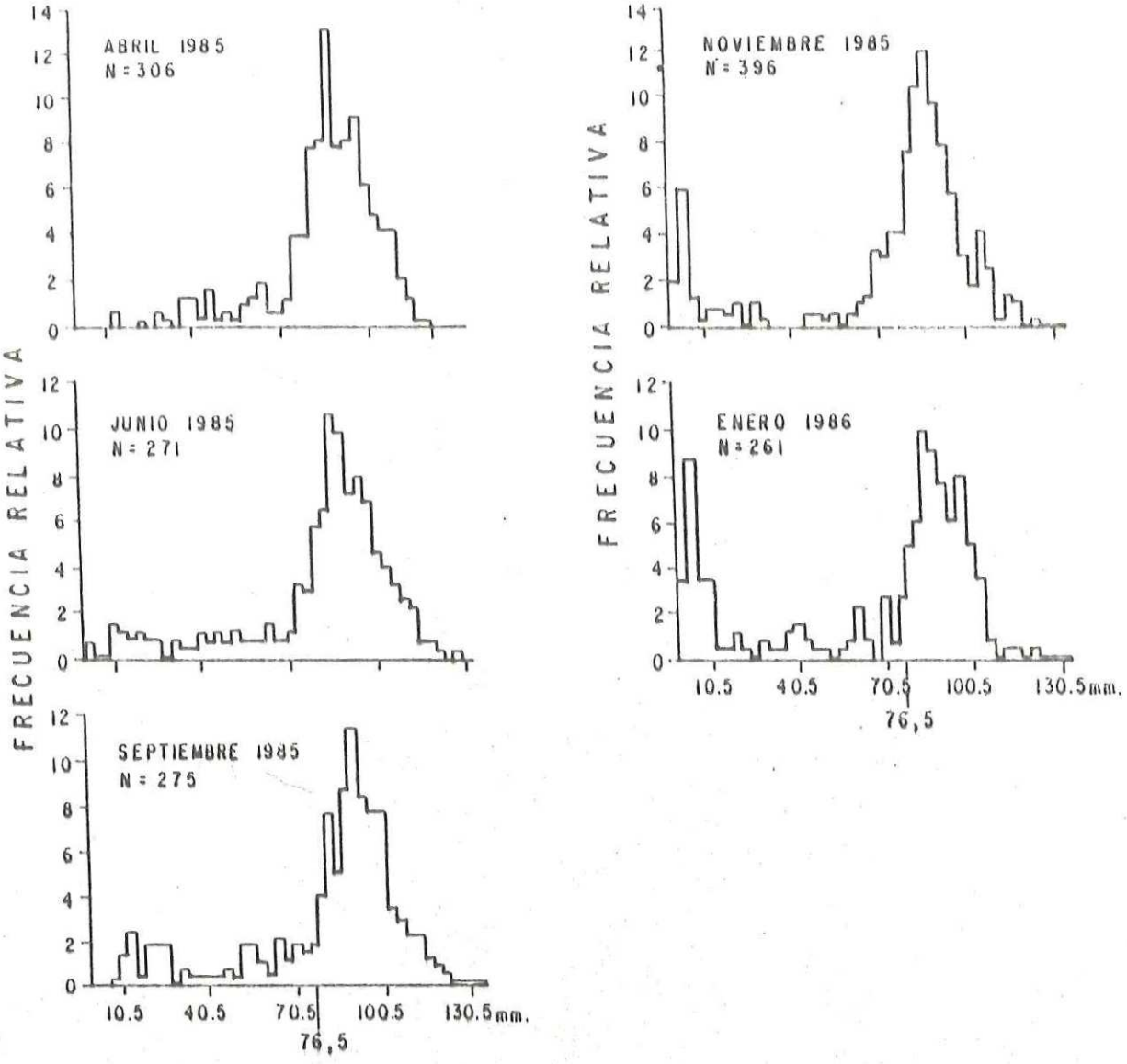


Figura 27.- Histogramas de la longitud anteroposterior de los mejillones Modiolus capax de la estación 2 en los diferentes meses de muestreo.

mes de Junio estas tallas representaron el 3%, en Septiembre el 4%, y en Noviembre de 1985 y Enero de 1986 el 10 y 19.5%. La talla máxima obtenida de las muestras de esta estación fué de 130 mm.

V.3. CRECIMIENTO.

V.3.1 Análisis de la distribución de frecuencias de tallas de la población.

Debido al alto grado de traslape y poco desplazamiento de la mayoría de las clases de tamaño determinadas por el método de Cassie (1954), el estudio del crecimiento de Modiolus capax por este método sólo se llevó a cabo con los organismos recién asentados en el mes de Mayo de 1985, siguiendo el desplazamiento de su moda hasta Febrero de 1986. Las tallas promedio alcanzadas en los direrentes meses y sus desviaciones estándar se muestran en la tabla VI.

El desplazamiento total de la moda de estos organismos durante nueve meses fué de 11 mm. La tasa de incremento mensual promedio de la longitud anteroposterior fué de 1,83 mm de Mayo a Agosto de 1985, y disminuyó a 1 mm entre Agosto y Diciembre del mismo año, y a 0,75 mm entre Diciembre de 1985 y Febrero de 1986.

Tabla VI. Valor promedio de la longitud anteroposterior alcanzada por los mejillones Modiolus capax recién asentados en el banco natural de la estación 1. n: número de individuos; D.E. : desviación estándar.

M E S	n	$\bar{X}$(mm)	D. E.
Mayo 1985	15	5.0	3.25
Agosto 1985	38	10.5	4.00
Octubre 1985	73	12.5	4.50
Diciembre 1985	62	14.5	4.75
Febrero 1986	49	16.0	6.25

V.3.2 Crecimiento de los organismos marcados.

Las pruebas U' de Mann Wittney (Siegel,1960), indicaron que no hubo diferencias significativas en los incrementos de la longitud anteroposterior entre los mejillones de cada par de intervalos de tamaños pertenecientes a cada par de cajas que se midieron en los mismos intervalos de tiempo en cada nivel de la estación 1. Por ésta razón las observaciones fueron reagrupadas.

El análisis de varianza no paramétrico de tres vías (Wilson,1956), demostró que hubo diferencias significativas entre los incrementos de la longitud de los mejillones de cada intervalo de tamaño reagrupados, y entre los mejillones medidos en diferentes intervalos de tiempo (Tabla VII).

Los incrementos en la longitud anteroposterior de los organismos medidos aproximadamente cada dos meses, fueron menores que los de los mejillones medidos sólo dos veces durante el experimento (Tabla VIII). En general, los incrementos mayores sucedieron en los organismos del intervalo de 15 a 43 mm. Todos los mejillones de tallas menores a 15 mm murieron.

Tabla VII. Análisis de varianza no paramétrico de tres vías (Wilson, 1956) del crecimiento de los mejillones Modiolus capax mantenidos en las cajas experimentales en la estación 1. N.S.: diferencia no significativa; ***: diferencia significativa.

FUENTE DE VARIACION	G.D.L.	VALOR DE X^2	PROBABILIDAD
1.- NIVEL	1	2.623	0.1053 (N.S)
2.- TIEMPO	1	17.760	0.0000 (***)
3.- TAMAÑO	4	172.939	0.0000 (***)
INTERACCION 1x2	1	-0.542	0.0000 (N.S.)
INTERACCION 1x3	4	6.688	0.1533 (N.S.)
INTERACCION 2x3	4	5.231	0.2644 (N.S.)
INTERACCION 1x2x3	4	3.207	0.5238 (N.S.)

Tabla VIII. Incremento medio de la longitud anteroposterior de los mejillones Modiolus capax de las cajas experimentales. a) organismos medidos aproximadamente cada dos meses, b) organismos medidos dos veces durante el año. n: número de mejillones; D.E.: desviación estándar.

	Rango de Tamaño (mm)	n	$\bar{x}$ (mm)	D. E.
	15 - 43	16	10.79	4.44
	43 - 61	37	4.95	2.11
a)	61 - 80	36	2.09	1.67
	80 - 95	40	1.23	0.86
	> - 95	39	0.53	0.53
	15 - 43	17	14.16	5.43
	43 - 61	35	7.49	3.57
b)	61 - 80	35	3.97	2.08
	80 - 95	34	1.98	1.32
	> - 95	30	0.87	0.98

V.3.3 Alometría.

En la tabla IX se encuentran los valores de los coeficientes de las regresiones de las variables morfométricas para los organismos de la estación 1. Todas las regresiones fueron significativas a una p=0.05.

La prueba t de Student (Zar, 1974) para detectar las diferencias significativas entre las pendientes teóricas de isometría y las observadas, resultó ser no significativa solamente para la relación entre el alto y el peso húmedo total. Los resultados indicaron que la longitud aumenta ralativamente más rápido que el alto y el ancho (alometría positiva), mientras que el ancho crece relativamente un poco más rápido que el alto (Fig.28, Tabla IX). El peso húmedo total fué alométricamente negativo con respecto a la longitud y al ancho, pero se relacionó isométricamente con el alto.

En la estación 2 se mantuvieron las mismas relaciones que en la estación 1, a excepción de la existente entre el alto y el peso húmedo total, ya que esta última variable describió una relación alométrica negativa con respecto al alto.

La prueba t para detectar diferencias significativas entre las pendientes de regresión de ambas estaciones, produjo diferencias significativas (p=0.05) entre todos los pares

Tabla IX. Relaciones alométricas entre las variables morfométricas de los mejillones Modiolus capax de las dos estaciones de muestreo, y prueba t de Student (Zar, 1974) sobre la significancia de la pendiente teórica. X: variable independiente; Y: variable dependiente; N: número de individuos; EST.: estación; b y a: coeficientes de la regresión; r: coeficiente de correlación; *: diferencia significativa; N.S.: diferencia no significativa.

x	y	N	EST.	b	a	r	b Teórica	t tc .001 = 3.29	
Longitud Anteroposterior	Alto	1575	1	0.885	0.8496	0.99	1.0	-37.9	(*)
		1250	2	0.905	0.7965	0.99	1.0	-36.94	(*)
Longitud Anteroposterior	Ancho	1571	1	0.912	0.5702	0.99	1.0	-26.6	(*)
		1250	2	0.953	0.5070	0.99	1.0	-15.55	(*)
Alto	Ancho	1571	1	1.022	0.6950	0.98	1.0	5.71	(*)
		1250	2	1.045	0.6607	0.99	1.0	12.45	(*)
Longitud Anteroposterior	Peso Humedo Total	1149	1	2.604	0.0006	0.99	3.0	-40.83	(*)
		765	2	2.372	0.0019	0.96	3.0	-27.32	(*)
Alto	Peso Humedo Total	1149	1	2.956	0.0009	0.98	3.0	-3.19	(N.S.)
		765	2	2.642	0.0031	0.95	3.0	11.89	(*)
Ancho	Peso Humedo Total	1149	1	2.834	0.0032	0.98	3.0	-13.29	(*)
		765	2	2.446	0.0120	0.96	3.0	-22.0	(*)

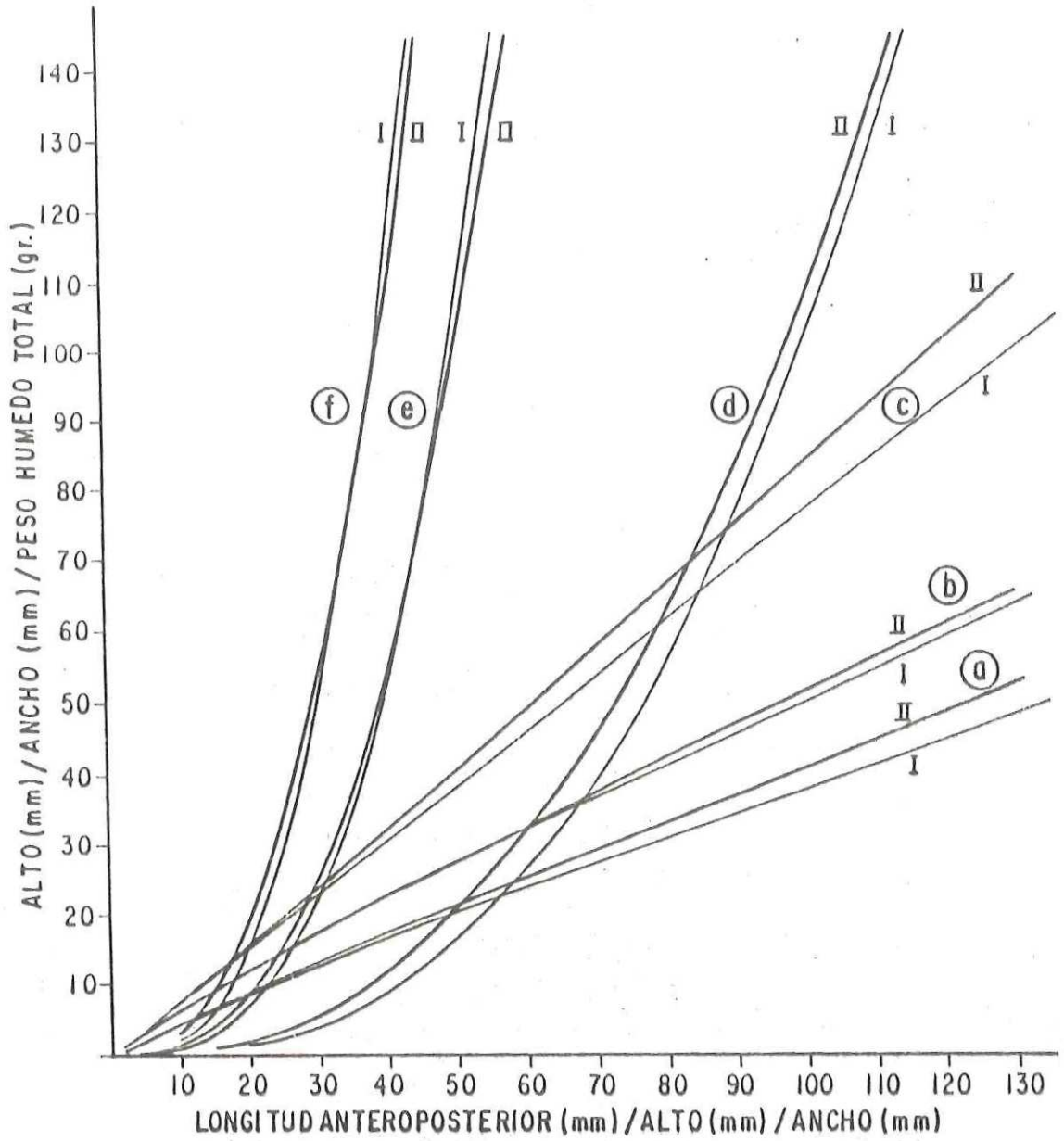


Figura 28.- Relación entre las diferentes variables morfométricas de Modiolus capax en cada una de las estaciones de muestreo. Estación 1: I ; Estación 2: II; a) relación longitud anteroposterior-ancho; b) relación longitud anteroposterior-alto; c) relación alto-ancho ; d) relación longitud anteroposterior -peso húmedo total; e) relación alto-peso húmedo total; f) relación ancho-peso húmedo total.

correspondientes comparados.

V.4 VARIABLES AMBIENTALES.

La salinidad del agua varió en las dos estaciones de muestreo entre 35 y 36 ‰ durante todo el período de estudio.

Los valores mensuales de la temperatura en ambas estaciones se indican en la figura 29. En las dos estaciones la temperatura aumentó gradualmente desde el inicio del estudio hasta Agosto de 1985, cuando alcanzó sus máximos valores de 29.3 °C en la estación 1, y de 29.8 °C en la estación 2.

A partir de Agosto la temperatura disminuyó hasta alcanzar en Enero de 1986, 14.8 °C en la estación 1, y 16 °C en la estación 2.

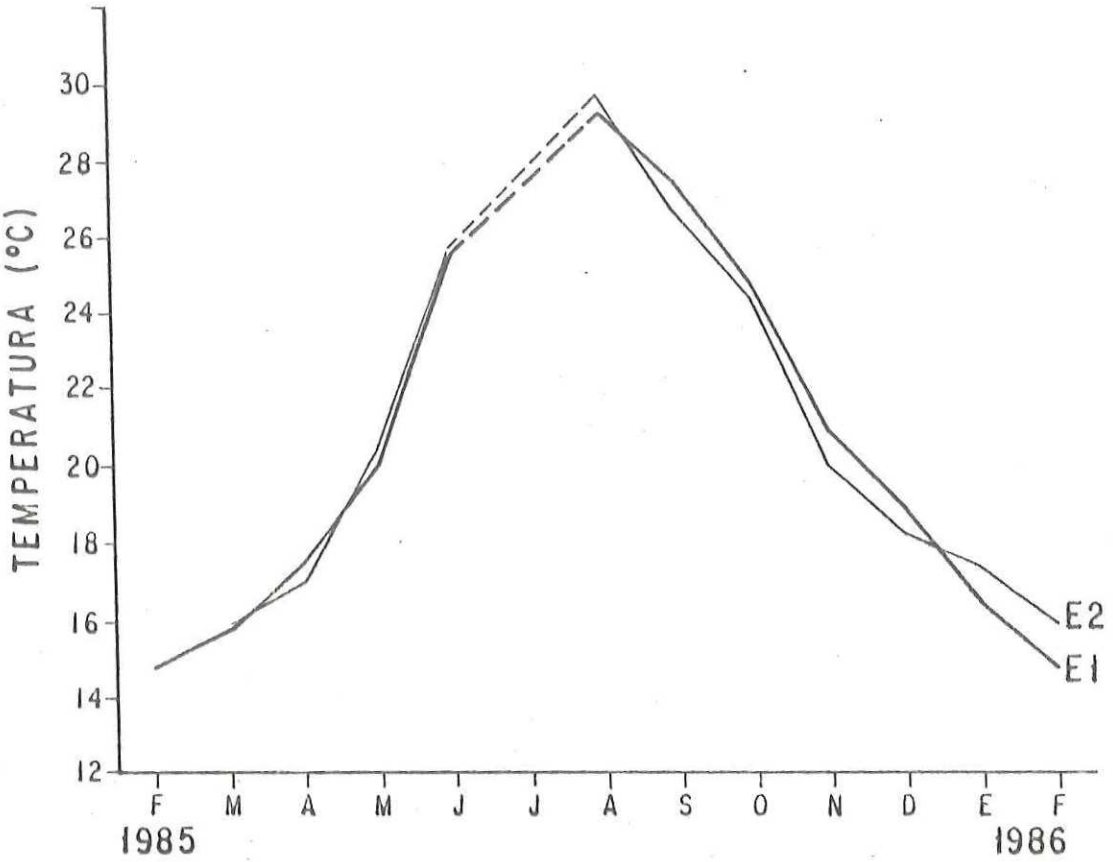


Figura 29.- Fluctuación mensual de la temperatura en las dos estaciones de muestreo en Bahía de los Angeles, B.C. E1: estación 1; E2: estación 2.

VI. DISCUSION.

VI.I Ciclo Reproductivo.

El análisis histológico del desarrollo gonadal es el método directo más confiable para reconocer con detalle el ciclo reproductivo de los invertebrados marinos, sobre todo si es practicado regularmente a través del año, o durante años sucesivos.

El contraste de la escala de madures de Modiolus capax descrita en este estudio con la propuesta para esta especie por Ochoa-Báez (1985) indicó que no fueron iguales (Tabla II). Una de las principales diferencias fué que el estadio IV (Desove) definido por la autora, abarca las características de las etapas D4, D3 y D2, lo cual puede ocasionar una pérdida de información importante para conocer la intensidad de la emisión de los gametos en la población. Otra diferencia resaltante, es que las características de la etapa de liberación de gametos D1 correspondieron a las de los estadios V (Desovado) y VI (Postdesove), debido a que la autora define al primero como aquél donde los folículos de la gónada tienen menos del 10% de los gametos maduros, lo cual en este trabajo es considerado como "gametos residuales", cuya presencia es característica, junto con los procesos de citólisis, de la etapa D1 de este estudio. Además la autora también hace referencia a que es

común encontrar gametogénesis inicial e intermedia en el estadio V, proceso que distingue a la etapa D1/C de este trabajo. El estadio VI, según Ochoa-Báez (op. cit.), se caracteriza por la presencia de algunos gametos residuales, lo cual también corresponde a la definición de la etapa D1 de este trabajo.

En consecuencia, una escala de madurez gonadal que revela con más exactitud el devenir de este proceso es la indicada en la tabla III.

Del análisis histológico de las gónadas del mejillón Modiolus capax se observaron evidencias de una liberación continua de gametos desde Febrero de 1985 hasta Enero de 1986 en la Bahía de los Angeles (Tabla IV, Fig. 23a), ya que los organismos en las etapas de liberación de gametos (considerando también las etapas combinadas), constituyeron del 41 al 52% del total, de Febrero a Junio de 1985, y del 57 al 73% de Agosto de 1985 a Enero de 1986.

Aunque en algunos meses la madurez de los animales colectados cubría casi todas las etapas verificadas en esta investigación, en otros, el número de etapas que representaban la situación de la población era más reducido, por lo cual, a lo largo de este estudio hubieron tendencias claras en el desarrollo gonadal de esta especie. De Febrero a Junio de 1985

existió una dominancia de organismos que se encontraron en etapas de crecimiento gonadal. La gametogénesis, en proceso durante Febrero de 1985, evidenciada por la abundancia de etapas C1 y C2 (Fig. 23a, Tabla IV), continuó hasta Junio de 1985, cuando se encontró una proporción considerable de organismos en etapas de crecimiento avanzado (C4) y organismos completamente maduros (C5) (Fig. 23a, Tabla IV). Esta tendencia se reflejó también en el Indice Promedio de Madurez y en el Indice de Crecimiento, los cuales se incrementaron durante este período hasta alcanzar los valores más altos durante Mayo y Junio de 1985 (Fig. 23b y c).

Aunque desde los meses de Abril y Mayo de 1985 se observó una gran proporción de organismos comenzando a liberar gametos (principalmente en la etapas C4/D y C3/D) (Fig. 23a), este hecho fué más evidente en el mes de Junio de 1985, continuándose hasta Agosto del mismo año, (Fig. 23c, I.L.G., y 23a), cuando la mayoría de los organismos estaban en etapas de liberación de gametos avanzadas, y en etapas de reposo (Fig. 23a, Tabla IV). En consecuencia a lo anterior, el Indice Promedio de Madurez decreció a partir de Junio y alcanzó su valor más bajo en Agosto de 1985 (Fig. 23b). Este hecho indicó claramente que existió una emisión de gametos más intensa, probablemente a partir de Julio de 1985. Aunque por causas de fuerza mayor no fué posible captar una evidencia histológica de este fenómeno en el mes de Julio, el juicio anterior concuerda con los

resultados de Aguirre-Hinojosa (1967), quien observó en el mes de Agosto de 1965 un reclutamiento de Mytilus spp. sobre sustratos artificiales montados en una balsa experimental en la Bahía de los Angeles. Además confirman esto los resultados satisfactorios de inducción al desove ejecutados por Orduña-Rojas (1986) en Julio de 1985, con mejillones de esta especie colectados en la misma estación (E1).

La alta frecuencia de organismos en etapas de desarrollo durante Agosto y Septiembre de 1985 sugiere que la gametogénesis se reinició rápidamente y que la mayoría de los organismos no declinaron a una etapa de reposo, o que ésta ocurrió en un período de tiempo muy corto, como se ha observado en algunas otras poblaciones de especies de mejillones (Kennedy,1977; Kelley et al.,1982; López y Gómez,1982). Esta puede ser la causa de la baja proporción de organismos en etapas de crecimiento y la alta proporción de organismos maduros y en etapas de liberación de gametos en los meses siguientes.

Las tendencias reproductivas indicadas anteriormente, se observaron también en el Indice Promedio de Madurez (Fig. 23b), y más claramente en los Indices de Crecimiento y de Liberación de Gametos (Fig. 23c), a partir de Agosto de 1985.

Los promedios mensuales del Indice Gonádico definieron

satisfactoriamente el curso del ciclo reproductivo durante los meses de Febrero a Agosto de 1985 (Fig. 25). El incremento en este índice desde Febrero a Mayo de 1985, correspondió al crecimiento gonadal observado histológicamente, y su decrecimiento durante los meses de Junio a Agosto de 1985, a la liberación más intensa de gametos durante esos meses. Sin embargo, los valores correspondientes a los meses siguientes fueron muy bajos, algunos aún menores al valor obtenido en Agosto de 1985. Es muy probable que este hecho tenga su explicación en la gran frecuencia de organismos cuyas gónadas presentaban cierto grado de reabsorción de sus gametos durante esos meses, hecho que también fué confirmado macroscópicamente al observar que las gónadas de esos organismos eran más delgadas, flácidas y opacas que las de los organismos en buen estado de desarrollo.

Aunque se ha comprobado en algunos bivalvos que las condiciones de estrés de temperatura y alimento disminuyen el crecimiento de la gónada o provocan la regresión y reabsorción de los gametos recién formados, porque las reservas de la gónada se utilizan para mantener el metabolismo, más que para el crecimiento y la producción de gametos (Sastry, 1976; Bayne, 1976), las causas de la reabsorción de los gametos en Modiolus capax no pueden ser determinadas a partir de este estudio.

Las características del ciclo reproductivo de Modiolus capax en Bahía de los Angeles son semejantes a las descritas por Ochoa-Báez (1985) para esta misma especie en la Bahía de la Paz, B.C.S.. En ambas localidades, el crecimiento gonádico más lento ocurrió en Invierno, extendiéndose hasta la Primavera sólo en Bahía de los Angeles. La liberación de los gametos en Primavera en esta localidad no fué tan intensa como la reportada por Ochoa-Báez (op. cit.), sin embargo, en ambas localidades la liberación de gametos más intensa ocurrió en Verano, continuada por una rápida recuperación de la gónada. Aunque la autora reporta una liberación de gametos adicional de menor intensidad en Otoño, en Bahía de los Angeles éstas se sucedieron durante todos los meses a partir de Septiembre hasta el final del estudio.

Aunque se sugiere que son varios los factores que pueden influir sobre el ciclo reproductivo de los invertebrados marinos, la temperatura ha sido uno de los que ha recibido la mayor atención. En varias poblaciones de especies de mejillones estudiadas (Mytilus edulis, Perna perna), las relaciones entre la temperatura del agua y las épocas de liberación de los gametos han sido evidentes (Chipperfield, 1953; Berry, 1978), sin embargo, en algunos casos (como en Mytilus edulis de Connecticut, Fell y Balsamo, 1985) no parece haber tal relación.

En este estudio se observaron algunas relaciones de la temperatura con el ciclo reproductivo. El período de gametogénesis correspondió al incremento de la temperatura de 14.6 °C en Febrero a 25.5 °C en Junio de 1985; el período de mayor intensidad en la liberación de gametos sucedió cuando la temperatura alcanzó sus máximos valores (25.5 °C en Junio a 29.3 °C en Agosto de 1985). El reinicio de la gametogénesis en Agosto y Septiembre, cuando se encontró el mayor número de etapas de redesarrollo, se observó cuando el agua del mar se encontraba aún con temperaturas altas (29.3 °C en Agosto y 26.5 °C en Septiembre de 1985), y el período posterior de liberación de gametos de menor intensidad coincidió con la disminución de la temperatura de 24.4 °C en Octubre de 1985, a 14.6 °C en Febrero de 1986. Las relaciones de la temperatura con respecto a la intensidad de la liberación de gametos y al crecimiento gonadal fueron similares a las observadas por Ochoa-Báez (1985) en esta especie.

La diferencia entre el período de crecimiento gonadal más prolongado en los primeros meses del año, de los mejillones de Bahía de los Angeles, con el de rápido redesarrollo a partir de Agosto de 1985, podrían ser explicados por los diferentes ambientes térmicos en que sucedieron ambos procesos, como se ha observado para algunas especies de bivalvos (Aequipecten irradians, Cerastoderma edule), donde la reducción de la temperatura ha retardado la gametogénesis (Sastry, 1966, 1970;

Gimazone, 1972, citados por Bayne, 1976).

Igualmente, parece que la intensidad diferencial de la liberación de gametos está en relación con la temperatura, ya que el proceso fué más intenso cuando ésta aumentó más rápido y alcanzó los valores más altos.

Puede ser entonces, como indica Chipperfield (1953) en relación a Pyrilus edulis de las costas de Gran Bretaña, que las tasas de incremento de la temperatura no sólo determinen directa o indirectamente la liberación de gametos, sino que también influencien su intensidad.

No obstante, de los resultados obtenidos en este trabajo no puede concluirse que la temperatura sea el factor que determine en definitiva el ciclo reproductivo, ya que éste no se ha relacionado con algún otro factor (a excepción de la salinidad, con la que no se observaron relaciones importantes) que pueda influir en él, además de que las relaciones aquí encontradas pueden variar en otros años, e incluso variar entre diferentes localidades.

Sin embargo, el patrón del ciclo reproductivo de Modiolus capax en la Bahía de los Angeles parece ajustarse al de la mayoría de las especies de origen meridional, las cuales al expanderse hacia el norte tienden a reproducirse en los meses

de Verano (Margalef, 1972).

VI.2 ESTRUCTURA DE LA POBLACION.

El análisis de la estructura por tallas de Modiolus capax indicó que la población se encuentra formada principalmente por organismos relativamente grandes, mayores de 50 mm en la estación 1 (Fig. 26), y mayores de 75 mm en la estación 2 (Fig. 27), y que los mejillones más pequeños forman un grupo reducido y variable en el tiempo.

En general, aunque el asentamiento de reclutas se observó durante casi todo el año siendo más numeroso a partir de Agosto de 1985, fué muy deficiente, ya que los mejillones menores de 15 mm nunca excedieron el 20% del total de la población. Este valor resulta muy bajo en comparación con otras especies de mejillones como Mytilus californianus del ejido de Ensenada, B.C., Mex., (García et al., 1982), donde el 55 al 85% de la población corresponde a organismos menores de 6 mm. Sin embargo, la estructura poblacional y el patrón de asentamiento de Modiolus capax es muy similar a los que caracterizan las poblaciones de Modiolus modiolus en Irlanda del Norte y en la costa Oeste de Escocia (Seed y Brown, 1977; Comely, 1978).

Con respecto al reclutamiento, se encontraron diferencias notables entre las dos estaciones de muestreo. A excepción del

mes de Enero de 1986, el asentamiento de nuevos individuos fue marcadamente menor en la estación 2 (Figs. 26 y 27), indicando la variabilidad de éste entre las poblaciones estudiadas. Esta variabilidad es muy importante, ya que según se observa de la estructura de tallas de la población, en la estación 2 al parecer el reclutamiento ha sido muy bajo en los últimos años, ya que los organismos menores de 70 mm son muy pocos. En las costas de Escocia, Comely (1978) encontró también similares diferencias en el reclutamiento entre poblaciones vecinas, y sugirió que las condiciones hidrográficas pueden en gran parte ser las causantes de ello. Esto podría también ser el caso en Bahía de los Angeles, aunque otros factores como una fuerte depredación en las tallas pequeñas podrían también considerarse. Sin embargo, en este estudio se carece de datos que ayuden a esclarecer esas diferencias.

Otro aspecto que debe destacarse, es la diferencia que existe en el número de organismos recién asentados en la estación 1 en los meses de Febrero de 1985 y Febrero de 1986 (Fig. 26), hecho que evidencia que no sólo existen variaciones en el asentamiento larval de un año a otro, sino que probablemente también en el ciclo reproductivo de la especie entre diferentes años.

VI.3 RELACION DE LA ESTRUCTURA DE LA POBLACION CON EL CICLO REPRODUCTIVO.

Aunque las observaciones de asentamientos de Mytilus californianus no ofrecen datos muy finos debido a que no se considera la tasa de mortalidad de los organismos, estas pueden utilizarse para establecer posibles relaciones con el ciclo reproductivo.

El aumento de las fijaciones de reclutas detectado en el mes de Agosto de 1985 (estación 1) (Fig. 26), corresponde quizás a la liberación de gametos más intensa presumida de Junio a Agosto de 1985 según los datos histológicos (Fig. 23). Durante los siguientes meses el efecto acumulativo de nuevos asentamientos de mejillones, principalmente en la estación 1, también se pueden relacionar con las liberaciones continuas de gametos ocurridas durante los meses de Septiembre de 1985 a Enero de 1986 (Tabla IV, Fig. 23).

Hay que considerar que las relaciones antes indicadas son concordantes, a pesar de que los datos del asentamiento no pueden indicar directamente el curso del ciclo reproductivo de las poblaciones estudiadas, debido a que no existe la seguridad de que esos individuos provengan de la misma localidad, y que no se consideran los eventos físicos y biológicos sobre los bancos naturales que pueden determinar el tiempo y la

intensidad del asentamiento (Seed, 1976).

VI.4 CRECIMIENTO.

En general, la tasa de crecimiento de Modiolus capax fué lenta. Los mejillones recién asentados incrementaron su longitud anteroposterior 11.0 mm en 9 meses (1.22 mm/mes en promedio) a partir de una talla promedio de 5 mm. Sin embargo, este valor pudo ser subestimado, ya que en los meses de Junio y Julio de 1985 cuando no fué posible medir los mejillones de la estación 1, pudieron haber ocurrido numerosas fijaciones, considerando que la liberación de gametos comenzaba a ser más intensa, que correspondieran a la moda inicial del estudio del crecimiento de estos organismos (compare en Fig. 26 Mayo y Agosto).

Resultados similares de crecimiento lento encontró Aguirre-Hinojosa (1987) para los mejillones de esta misma especie, fijados en cuerdas de red anchovetera suspendidas de estructuras flotantes en la Bahía de los Angeles. El crecimiento de esos mejillones con tallas iniciales promedio entre 0.7 y 0.9 mm fué de 17.6 a 20.8 mm en 6 meses. Aunque esta tasa de crecimiento es mayor que la observada por los organismos en el banco natural, como habría de esperarse, su valor es muy bajo al respecto de la mayoría de las especies de mejillones en condiciones semilares.

La poca cantidad de mejillones pequeños encontrados en el banco natural al colocar las cajas experimentales al inicio del estudio, no permitió comparar su crecimiento con el de los mejillones recién fijados en Mayo de 1985. En los mejillones de las cajas experimentales se observó el efecto que causan las mediciones continuas sobre el crecimiento, ya que los mejillones medidos en intervalos de tiempo menores, crecieron significativamente menos en longitud anteroposterior. Probablemente influyó en el crecimiento, además de la tensión a que fueron sometidos durante las mediciones, el mayor gasto de energía en la formación del biso para volver a fijarse.

El crecimiento más intenso en las cajas sucedió en los mejillones con una longitud anteroposterior entre 15 y 43 mm; en 11 meses aumentaron 14.2 mm (resultados de las cajas con períodos de medición más largos). Este valor, que en promedio fué de 1.29 mm/mes, es ligeramete mayor que el incremento mensual (1.22 mm/mes) de los organismos recién fijados en el banco natural. Este resultado es contrario al que debiera esperarse para organismos dentro de ese intervalo de tamaño, si se considera que los incrementos en la longitud anteroposterior son menores conforme aumenta el tamaño de los mejillones, según los resultados de las cajas de crecimiento. Ello hace pensar, de nuevo, que el crecimiento de los mejillones recién asentados en la población fué subestimado, o que las condiciones de las cajas favorecieron el crecimiento de los organismos.

Aún así, en comparación con otros mitílidos, la tasa de crecimiento de Modiolus capax fué baja. Mejillones de la especie Perna canicculus recién asentados en los bancos naturales de Nueva Zelanda alcanzaron una tasa de crecimiento anual absoluta de 31 mm (Hickman, 1979); en la República Popular del Congo, Perna perna creció aproximadamente 21.6 mm en 5 meses (4.32 mm/mes) (Cayré, 1978). Tasas de crecimiento aún más altas se registraron para Mytilus californianus en Ereñdira, B.C., el cual comenzó con 4.6 mm/mes en el primer año de vida, hasta hacerse casi constante (0.2 mm/mes) después del tercer año (García et al., 1982).

No obstante, también se han registrado bajas tasas de crecimiento para otras especies de este mismo género, como Modiolus modiolus de Irlanda del Norte (Brown y Seed, 1977; Seed y Brown, 1977, 1978), y Modiolus demissus granossissimus en Louisiana, E.E.U.U. (Rodríguez-Ortega y Day, 1978).

Desafortunadamente no hay otra información del crecimiento de Modiolus capax que permitan hacer comparaciones con las poblaciones de otras latitudes.

El patrón de crecimiento relativo de Modiolus capax indicó que los incrementos en la longitud anteroposterior son más rápidos que los incrementos en alto y ancho, y que el ancho de estos organismos aumentó mas rápido que el alto, haciéndose

estas diferencias más marcadas en los organismos de tallas mayores. Esta forma de crecer determina que los organismos mayores sean relativamente más anchos y adquieran formas mas cilíndricas. Organismos con estas características fueron más notables en la estación 2, debido a la mayor proporción de mejillones grandes.

Un patrón de crecimiento con las características antes mencionadas y similares a las de Modiolus capax encontraron García et al. (1982), en el mejillón Mytilus californianus en la zona intermareal superior de las costas de Ensenada B.C. en el Océano Pacífico, y Brown et al. (1976) en Modiolus modiolus de Irlanda del Norte.

Este cambio gradual en las proporciones corporales con el aumento en la longitud anteroposterior, es un factor importante que explica las diferencias en la morfología de los individuos dentro de poblaciones con varias clases de edad o entre poblaciones con diferentes estructuras de edades (Jorgensen, 1976).

Las diferentes estructuras de tamaños de Modiolus capax en las dos estaciones de muestreo estudiadas, es probablemente la causa de los distintos valores de la pendiente de regresión entre las variables morfométricas anteriormente mencionadas (longitud anteroposterior, alto y ancho) y entre éstas y el

peso húmedo total (Tabla IX. Fig. 2b), aunque otros factores como la disponibilidad de alimento pueden provocar esas diferencias.

VII.- CONCLUSIONES.

1.- Se establecieron 14 etapas de madurez para describir el desarrollo gonadal de Modilus capax. Cuatro de ellas fueron etapas combinadas de crecimiento gonadal y de liberación de gametos. La escala de madurez propuesta en este estudio describe claramente el ciclo reproductivo de esta especie.

2.- El ciclo reproductivo de Modiolus capax se caracterizó por una continua liberación de gametos, de intensidad variable desde Febrero de 1985 a Enero de 1986; un período de crecimiento gonadal gradual de Febrero a Junio de 1985; un período de liberación intensa de gametos entre Julio y Agosto del mismo año; y un período de redesarrollo gonadal en Agosto y Septiembre de 1985, al que le sucedieron liberaciones continuas de gametos de menor intensidad en gran parte de los organismos, desde Septiembre de 1985 a Febrero de 1986.

3.- Existió una evidente relación entre la temperatura del océano y los procesos reproductivos, ya que las liberaciones de gametos más intensas, y los períodos de rápido crecimiento gonadal, sucedieron cuando la temperatura del océano alcanzó valores altos, mientras que las liberaciones de gametos de menor intensidad y los períodos de crecimiento gonadal lento, sucedieron en los meses con temperaturas menos elevadas.

4.- La mayoría de los organismos en la estación 1 fueron mayores de 50 mm, y de 75 mm en la estación 2.

5.- Los individuos más grandes tienden a formar conchas más cilíndricas debido a un mayor incremento del ancho con respecto al alto de la concha.

6.- El reclutamiento fué bajo y casi continuo durante el período de estudio.

7.- El crecimiento de Modiolus capax es lento. Las tallas más pequeñas tuvieron las tasas de crecimiento más elevadas, disminuyendo en la medida que aumentó la longitud de los individuos. El estrés de las continuas mediciones de los mejillones afectó negativamente el crecimiento.

7.- El lento crecimiento y bajo reclutamiento de esta especie indican que la población puede ser severamente afectada por cualquier tipo de explotación que no sea cuidadosamente delineada.

LITERATURA CITADA.

Aguirre-Hinojosa, E., 1987. Análisis de la fijación, crecimiento, y sobrevivencia, del mejillón Modiolus capax (Conrad) (BIVALVIA-MYTILIDAE), durante el desarrollo de una comunidad sobre sustratos artificiales en la Bahía de los Angeles, B.C.. Tesis de Maestría. CICESE.

Barnard, J.L.; y J.R. Grady. 1966. 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.

Bayne, B.L. 1976. Reproduction in bivalve molluscs under environmental stress. pp. 259-277 en Physiological ecology of estuarine organisms. J.F. Vernberg (ed). South Carolina Press.

Berry, P.F. 1976. Reproduction, growth and production in the mussel Perna perna (Linnaeus), on the east coast of South Africa. South African Association for Marine Biological Research. Oceanografic Research Institute. Investigational report No. 46.

Brown, R.A., R. Seed, y R.J. O Connor. 1976. A comparison of relative growth in Cerastoderma (Cardium) edule

Modiolus modiolus, and Mytilus edulis (Mollusca:Bivalvia) J.Zool., Lond. 175 pp 297-315.

Brown, K.A., & K. Seed. 1977. Modiolus modiolus (L.). An autoecological study. Proc. 11th Europ. Symp. mar. biol. pp. 93-100 Pergamon Press.

Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrate of the Gulf of California. Second edition. The University of Arizona Press. 513 pp.

Cassie, R.M. 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frecuency distribution. Aust.Jour. of Mar. and Fresh.Res. 5:513-522.

Cayré, P. 1976. Etude de la moule Perna perna L. et des possibilites de mytiliculture en Republique Populaire du Congo. Can. O.R.S.T.O.M., ser. Océanogros. XVI(1): 5-17

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

Coan, E.U. 1966. A biological survey of Bahia de los Angeles, Gulf of California. México. III:Benthic Mollusca. San

Diego Soc. Nat. Hist. Trans. 15(6):107-132.

Coan, E.U.; and J.T.Carlton. 1975. Phylum Mollusca: Bivalvia. pp.543-579. in: Light's Manual: Intertidal Invertebrates of the Central California Coast. Univ. of Cal. Press 716 pp.

Comely, C.A. 1978. Modiolus modiolus (L.) from the Scottish west coast. I. Biology. Ophelia 17(2):167-193.

Comely, C.A. 1981. The physical and biochemical condition of Modiolus modiolus (L.) in selected Shetland voes. Proc. of the Royal Soc. of Edimburgh 80B:299-321.

Fell, P.E., y A.M. Balsamo. 1985. Recruitment of Mytilus edulis in the Thames Estuary, with evidence for diferences in the time of maximal settling along the Connecticut Shore. Estuaries, 8(1): 66-75.

García, P.F., A. Salas G. y A. Oliva de la P.. 1962. Ecología de Mytilus californianus. In: Estudios para el desarrollo del cultivo comercial de los mejillones Mytilus

Hickman, R.W. 1979. Allometry and growth of the green-lipped mussel Perna canaliculus in New Zealand. Mar.Biol. 51:311-327.

Jorgensen, C.B. 1976. Growth efficiencies and factors controlling size in some mytilid bivalves, especially Mytilus equlis L. review and interpretation. Ophelia 15(2):175-192.

Keen, M.A. 1971. Sea shell of tropical West America. Second ed. Stanford University Press. 1064 pp.

Kelley, R.N., M.J. Ashood-Smith, y D.V. Ellis. 1982. Duration and timing of spermatogenesis in a stock of the mussel Mytilus californianus. J.Mar.biol.Ass.U.K. 62,509-519.

Kennedy, V.S. 1977. Reproduction in Mytilus equlis aoetanus and Aulacomya maoriana (Mollusca:Bivalvia) from Taylors Mistake, New Zealand. N.Z.Jour.Mar.Fres.Res.

Korringa, P. 1976. Farming marine organisms low in the food chain. A multidisciplinary approach to edible seaweed, mussell, and clam production. Elsevier Scientific Publisher Company. 264 pp.

López, D.G.M. y E.D. Gómez. 1982. Reproductive cycle of the brown mussel Modiolus metcalfei in Calatagan, Batangas. Kalikasan, Philipp. J. Biol. 11(1):74-82.

Margalef, R. 1972. Luz y temperatura. In: Ecología Marina. Cap. 4:100-129. J. Castellvi y otros. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas, Editorial Dossal S.A., 705 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 Vol 2 (2): 66 -103.

Olsson, A.A. 1961. Mollusks of the tropical eastern Pacific. Paleontological Research Institute. 574 pp.

Orduña-Rojas, J. 1986. Desove y desarrollo embriológico y larval del mejillon Modiolus capax CONRAD (BIVALVIA:MYTILIDAE) en condiciones controladas. Tesis de Licenciatura . UABC.

Parulekar, A.H. Z.A. Ansari, S.N. Harkantra, and A. Nair. 1976. Growth of the weaving mussel Modiolus metcalfei (Hanley) in the Mandovi River Goa. Indian J. Mar. Sci.

7(1):51-53.

Rodrigues-Ortega .D. y J.W. Day. 1978. An ecological study of Modiolus demissus granossissimus Sowerby in Louisiana (USA). An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mex. 5(1):215-224.

Sastry, A.N. 1978. Physiology and ecology of reproduction in marine invertebrates. pp. 279-299 en: Physiological ecology of estuarine organisms. J.F. Vernberg. (ed). South Carolina Press.

Seed, R. 1975. Reproduction in Mytilus (Mollusca : Bivalvia) in european waters. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 39 Suppl. 317-334.

Seed, R. 1976. Ecology. pp. 13-65 en Marine mussels : their ecology and physiology. B.L. Bayne ed., Cambridge University Press. 506 pp.

Seed, R. y R.A. Brown. 1975. The influence of the reproductive cycle, growth, and mortality on populations structure in Modiolus modiolus (L.), Cerastoderma edule (L) and Mytilus edulis (Mollusca:Bivalvia). Proc. 9th Europ. mar. biol. Symp. pp 257-274.

Seed, R. and R.A. Brown. 1977. A comparasion of the reproductive cycles of Modiolus modiolus (L)., Cerastoderma (Cardium) edule (L)., and Myrilus edulis L. in Strong fora Lough, Northern Ireland. Oecologia, 30, 173-178.

Seed, R. and R.A. Browun. 1978. growth as strategy for survival in two marine bivalves, Cerastoderma edule and Modiolus modiolus. Jour. Mar. Ecol. 47:283-292.

Siegel, S. 1960. Non parametric statistics for the behavioral sciences. International student edition. Mc.Graw-Hill Kogakusha, LTD.

Sokal, R.R. and F.J. Rholf. 1969. Biometria. Primera edición española. H.Blume ediciones. 832 pp.

Urbina, P.R. 1980. Acuacultura en México. In: Memorias 2do Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Tomo I Depto. de Pesca. pp 95-102.

Wilson, D.P. 1977. Modiolus modiolus (L.) in small mid-tidal rock pools at Penrhyn Bay, North Wales. Estuarine and coastal marine science 5(2):215-222

Wilson, K.V. 1956. A distribution-free test of analysis of

variance hypotesis. Psychological Bulletin, 53(1)96-101.

Wright, M.M. and L. Francis. 1984. Predator deterrence by flexible shell extensions of the horse mussel Modiolus modiolus. Veliger 27 (2): 140-142.

Zar, J.H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice Hall biological sciencies series. 620 pp.