



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



CICIMAR

DEPARTAMENTO DE PESQUERIAS Y BIOLOGIA MARINA

**BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE LA ALMEJA NAVAJA *Tagelus californianus*
(CONRAD, 1837) EN PUERTO BALANDRA, B.C.S. MEXICO**

TESIS

que para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Marinos presenta:

Pedro Guillermo Sáenz Martínez

La Paz, B.C.S. 1999

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO**

INDICE

	Página
ACTA DE REVISION	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
IN-DICE	iv
GLOSARIO	ix
RELACION DE FIGURAS	xiv
RELACION DE TABLAS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUCCION	1
1.1 Taxonomía y descripción de la especie	4
2. ANTECEDENTES	5
3. JUSTIFICACION	7
4. OBJETIVO GENERAL	8
5. METAS	8
6. MATERIALES Y METODOS	9

	Página
6.1 Area de estudio	9
6.2 Frecuencia de estadios de madurez gonádica	10
6.3 Indicadores del evento reproductivo	11
6.3.1 Indice gonadosomático	11
6.3.2 Estimación del diámetro promedio de los ovocitos	11
6.3.3 Separación de modas del diámetro promedio de los ovocitos	11
6.3.4 Proporción sexual	12
6.4 Indicadores de la condición	12
6.4.1 Indice de Peso	12
6.4.2 Indice de Condición de Fulton	12
6.5 Variables ambientales	13
6.5.1 Temperatura superficial	13
6.5.2 Fotoperíodo	13
6.5.3 Pigmentos fotosintéticos	13
6.6 Análisis estadístico	13
7. RESULTADOS	14
7.1 Descripción y caracterización de las fases de desarrollo gonádico de <i>T. californianus</i>	14

	Página
7.1.1 Indiferenciación	14
7.1.2 Machos	14
7.1.3 Gónada en gametogénesis	14
7.1.4 Desove parcial	15
7.2 Ciclo gonádico masculino	16
7.3 Hembras	17
7.3.1 Gónada en gametogénesis	17
7.3.2 Desove parcial	17
7.3.3 Posdesove	18
7.4 Ciclo gonádico femenino	19
7.5 Frecuencia de estadios de madurez gonádica	20
7.5.1 Indiferenciación	20
7.5.2 Machos	20
7.5.2.1 Gametogénesis	20
7.5.2.2 Desove parcial	20
7.5.3 Hembras	20
7.5.3.1 Gametogénesis	20

	Página
7.5.3.2 Desove parcial	20
7.5.3.3 Posdesove	21
7.6 Ciclo reproductivo de <i>T. californianus</i>	22
7.7 Índice gonadosomático	23
7.8 Estimación del diámetro promedio de los ovocitos	24
7.9 Separación de modas del diámetro promedio de los ovocitos	26
7.10 Proporción sexual	32
7.11 Indicadores de la condición	33
7.11.1 Índice de peso	33
7.11.2 Índice de condición de Fulton	34
7.12 Variables ambientales	35
7.12.1 Temperatura superficial	35
7.12.2 Fotoperíodo	36
7.12.3 Pigmentos fotosintéticos	37
7.13 Relación de variables ambientales con estimadores de la reproducción	37
7.13.1 Relación entre el ciclo reproductivo y la temperatura del agua	37
7.13.2 Relación entre el ciclo reproductivo y el fotoperíodo	40

	Página
7.13.3 Relación entre el ciclo reproductivo y los pigmentos fotosintéticos	40
8. DISCUSION	42
8.1 Ciclo reproductivo, índice gonadosomático, diámetro promedio mensual y características de los ovocitos	42
8.2 Índice gonadosomático, índice de peso e índice de condición de Fulton	44
8.3 Proporción sexual	45
8.4 Variables ambientales en relación con la reproducción	46
9. CONCLUSIONES	49
10. RECOMENDACIONES	50
II. BIBLIOGRAFIA	51

GLOSARIO

Acini. Centro de desarrollo gametogénico (folículos en hembras y **túbulos** en machos).

Asincronía. Eventos que no coinciden en el tiempo.

Atresia. Ovocitos en reabsorción.

Bivalvos. (Mollusca: Bivalvia o Pelecypoda) comprende a los moluscos que tienen dos valvas articuladas e incluye formas tan populares como las almejas, ostiones, mejillones y callo de hacha.

Caleta. Entrada dentada de una costa, particularmente provee refugio a embarcaciones pequeñas tal como una bahía o boca de arroyo; es un tipo de playa con concavidades conspicuas en la línea de costa.

Cenozoico. Era geológica, comenzó hace aproximadamente 65 millones de años.

Ciclo gonádico o gonadal. Eventos repetitivos dentro de las gónadas, que conducen a la producción de gametos; la proliferación de células goniales y su diferenciación en gametos, acumulación de gametos maduros, liberación de los gametos y un período de menor actividad gametogénica llamado vegetativo o de reposo.

Ciclo reproductivo. Proceso cíclico que comprende: la producción de gametos y el desove, la fertilización y el desarrollo embrionario y lar-vario.

Corion. Membrana que rodea a las células sexuales femeninas llamadas ovocitos.

Dioico. Organismos que presentan sexos separados.

Epitelio. Capa de tejido que reviste las superficies internas y externas del cuerpo.

Especie. Unidad de clasificación taxonómica para vegetales y animales, población de individuos similares con estructura y función idénticas que en la naturaleza son capaces de reproducirse entre sí, tienen descendencia fértil y un antecesor común.

Espermatocitos. Células que se desarrollan en las espermatogonias mediante divisiones meióticas, dando como resultado células haploides de las que por un proceso de maduración se producen los espermatozoides.

Espermatogénesis. Proceso biológico mediante el cual se producen espermatozoides en las gónadas masculinas de los organismos.

Espermatogonias. Células germinales primordiales que determinan las vías de desarrollo de un macho.

Espermatozoide. Gameto masculino caracterizado por su movilidad, proporcionada por uno o más flagelos. En el extremo anterior del espermatozoide se encuentra el núcleo y el acrosoma, cuya función parece ser la de perforar la membrana del óvulo para facilitar la fecundación, la pieza intermedia contiene las mitocondrias que proporcionan la energía para el movimiento del espermatozoide.

Estación reproductiva. Epoca del año en el cual la mayoría de los individuos de una población tienen la más alta proporción de gametos maduros que son liberados mediante desove o transferidos durante la cópula.

Etapa reproductiva. Tiempo en el que la mayoría de la población expulsan los gametos al medio (desovan).

Fagocito. Célula del tejido conjuntivo que reabsorbe los gametos residuales, los cuales incluye en su protoplasma y posteriormente los digiere.

Folículo. Pequeña bolsa de tejido conjuntivo que sostiene al tejido germinal en el ovario y en el testículo de los animales.

Fotoperíodo. Duración del día (horas luz).

Gameto. Célula sexual reproductora que se fusiona con otra para dar origen a un organismo.

Glándula digestiva. Organismo en el que se realiza la digestión del material ingerido mediante la producción de enzimas.

Gónada. Glándula productora de gametos masculinos o femeninos.

Gonocorismo. Forma de sexualidad en la que los gametos masculinos y femeninos proceden de individuos distintos (individuos gonocóricos).

Hábitat. Residencia natural de una especie animal o vegetal. Espacio **físico** que ocupa un organismo.

Hepatopáncreas. Glándula digestiva.

Hermafrodita. Individuos que producen tanto gametos femeninos como masculinos.

Hermafroditismo. Estado caracterizado por la presencia de órganos sexuales masculinos y femeninos en el mismo individuo.

Índice de condición. Valor numérico utilizado para comparar la condición **física** de los organismos con base en la longitud de la concha y el peso de la víscera.

Índice gonádico. Valor que expresa la frecuencia de estadios por el número de individuos en cada estadio.

Índice gonadosomático. Valor numérico que expresa el peso, de la gónada como un porcentaje del peso del organismo (sin concha).

Intervalo. (Estadística). En una colección de datos, es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo observados.

Juvenil. Etapa del ciclo de vida de una especie en la cual ha adquirido la morfología del adulto, pero aún no es capaz de reproducirse.

Laguna costera. **Cuerpo** de agua salobre o marina parcialmente separado del mar adyacente por barreras angostas por las cuales fluye el agua marina.

Lumen. La cavidad de la parte tubular de un órgano.

Membrana. Capa delgada que cubre la parte viva, funcional de la célula, a través de la cual entran a la misma elementos nutritivos y salen productos de desecho o secreciones.

Moda. En un conjunto de datos estadísticos, el que posee mayor frecuencia.

Organismos sincrónicos. Grupo de individuos que pasan de una etapa del ciclo gonádico a otra al mismo tiempo.

Ovocitos. Ovogonias cuando comienzan sus divisiones de maduración y entran en meiosis para formar células haploides.

Ovogonias. Células germinales primordiales que han delineado las vías de desarrollo de una hembra.

Ovogénesis. Proceso biológico mediante el cual los gametos femeninos pasan por las etapas de multiplicación y maduración hasta transformarse en óvulos.

Ovulo. Célula sexual femenina madura.

Parásito. Organismo que obtiene su alimento de animales o plantas, sobre o dentro de las cuales vive y que actúan como hospederos.

Patrón reproductivo. Es la frecuencia con que se presenta el evento reproductivo en una población, puede ocurrir **rítmica** o esporádicamente durante parte o todo el año.

Periostraco. Capa que envuelve la concha de los bivalvos.

Peso desembarcado. Se refiere al que conserva el producto al ser declarado al desembarque en sus diversas modalidades: descabezado, fileteado, eviscerado, en pulpa, rebanado u otras.

Peso fresco o vivo. Peso total del producto en el momento de obtenerse de su medio natural, se determina con base en el peso desembarcado, aplicando factores de conversión establecidos por el Instituto Nacional de la Pesca, de acuerdo con la metodología mundialmente empleada por la F.A.O.

Población. Grupo de individuos de una especie dada que habitan un espacio determinado y que realizan intercambio **génico**.

Proporción sexual. Relación porcentual de hembras y machos en un grupo de organismos.

Protandria. Tipo de hermafroditismo en el que los individuos funcionan primero como machos y luego cambian para actuar como hembras.

Protoginia. Tipo de **hermafroditismo** en el que las actividades masculina y femenina son sucesivas en el tiempo, en el que se desarrollan en primer lugar óvulos y posteriormente espermatozoides.

Phylum. En la taxonomía biológica es una categoría que sigue **despues** del reino , cada **phylum** incluye una 0 más clases.

Sensu stricto. En sentido estricto (s. s.) vs. **sensu lato** (s. l.) en sentido amplio.

Sobre-explotación. Extracción deliberada de alguna especie animal o vegetal por arriba **del** límite impuesto por la tasa de reclutamiento, y que por consecuencia puede poner en riesgo el equilibrio natural de la especie.

Tejido conjuntivo. Tejido de origen mesodermal, el cual provee de soporte estructural y metabólico a otros tejidos y órganos del cuerpo.

Tinción. Proceso histológico que tiene como propósito el contrastar o resaltar ciertas estructuras celulares por medio de la utilización de colorantes naturales o artificiales, que permiten una clara observación del tejido al microscopio.

Túbulos. Conductos en la gónada que convergen en un conducto común, para llevar los gametos al exterior.

RELACION DE FIGURAS

	Página
1. Area de estudio y sitio de muestreo	9
2. Estadios de madurez sexual Indiferenciación	14
3. Estadios de madurez sexual Gónada en gametogénesis en machos	15
4. Estadios de madurez sexual. Desove parcial en machos	15
5. Fases de desarrollo gonadal en machos	16
6. Ciclo gonádico masculino de <i>Tagelus californianus</i>	16
7. Estadios de madurez sexual Gametogénesis en hembras	17
8. Estadios de madurez sexual Desove parcial en hembras	18
9. Estadios de madurez sexual. Posdesove en hembras	18
10. Fases de desarrollo gonadal en hembras	19
11. Ciclo gonádico femenino de <i>Tagelus californianus</i>	19
12. Fases de desarrollo gonadal de <i>Tagelus californianus</i>	22
13. Parásito en folículo de <i>Tagelus californianus</i>	23
14. Media mensual y desviación estándar del índice gonadosomático de <i>Tagelus californianus</i>	23
15. Promedio mensual del diámetro de los ovocitos de <i>Tagelus californianus</i>	25
16. Diámetro promedio de los ovocitos. Junio 1992-febrero 1993	28
17. Diámetro promedio de los ovocitos. Marzo 1993-agosto 1993	29

	Página
18. Diámetro promedio de los ovocitos. Septiembre 1993-abril 1994	30
19. Diámetro promedio de los ovocitos. Mayo-septiembre 1994	31
20. Media mensual y desviación estándar del índice de peso en <i>Tagelus californianus</i>	34
21. Gráfica de la variación mensual del índice de condición de Fulton	34
22. Relación entre el índice de condición de Fulton y el índice gonadosomático	35
23. Variables ambientales (temperatura, fotoperíodo y clorofila)	35
24. Relación entre el ciclo reproductivo de <i>Tagelus californianus</i> y la temperatura del agua	39
25. Relación entre los organismos parcialmente desovados y la temperatura del agua	39
26. Relación entre el índice gonadosomático y la temperatura del agua	40
27. Relación entre la fase de gametogénesis y el fotoperíodo	40
28. Relación entre la fase de gametogénesis y la concentración de clorofila	41



RELACION DE TABLAS

	Página
I Fases de desarrollo gonadal en hembras y machos (porcentaje)	21
II Índice gonadosomático, media, desviación estándar y valores mínimos y máximos	24
III Diámetro promedio, desviación estándar y número de ovocitos medidos en <i>Tagelus californianus</i>	25
IV Método de Bhattacharya para separar distribución de frecuencias. Junio 1992	26
V Frecuencia de hembras, machos, valores de X^2 y proporciones de <i>Tagelus californianus</i> por mes	32
VI Índice de peso, media, desviación estándar y valores mínimos y máximos	33
VII Variables ambientales. Fotoperíodo, clorofila y temperatura	36
VIII Correlaciones ordenadas de Spearman	38

Biología reproductiva de la almeja navaja *Tagelus californianus* Conrad, 1837 (Bivalvia: Solecurtidae) en Puerto Balandra, B. C. S. México.

RESUMEN

Se estudió la biología reproductiva de *Tagelus californianus*, recurso potencial en Puerto Balandra, Bahía de La Paz, Baja California Sur, en relación con la temperatura, el fotoperíodo, la concentración de clorofila y la condición somática de los organismos. Se obtuvieron muestras mensuales de ejemplares adultos, de junio de 1992 a diciembre de 1994. Se efectuaron registros biométricos de la concha, partes blandas y análisis histológico de las gónadas. Se describieron para los dos sexos, cuatro estadios de maduración gonádica: gametogénesis, desove parcial, posdesove e indiferenciación o reposo. Se encontró que esta especie es **dioica** y sin dimorfismo sexual aparente, con un patrón de reproducción caracterizado por un período de máxima actividad en mayo y febrero y otro menor en abril. El inicio de la gametogénesis de las células sexuales se relacionó con temperaturas altas entre junio y septiembre, aunque estuvo presente durante todo el período de estudio. El desove parcial coincidió con el ascenso de la temperatura entre agosto y septiembre. El pico máximo de desove coincidió con temperaturas entre 23 y 24 °C. El período de indiferenciación fue casi **continuo**, fue más frecuente en octubre, noviembre y agosto. No se encontró una relación clara entre el ciclo reproductivo y el fotoperíodo y la concentración de clorofila. La condición óptima de los organismos se presentó de diciembre a abril y la condición más baja de junio a julio.

Reproductive biology of the jackknife clam *Tagelus californianus* Conrad, 1837 (Bivalvia: Solecurtidae) at Puerto Balandra, B. C. S. Mexico.

ABSTRACT

The reproductive cycle of the jackknife clam *Tagelus californianus*, a potential resource in Baja California Sur, was studied in relation to temperature, photoperiod, concentration of chlorophyll and the somatic condition in Puerto Balandra, La Paz Bay. Monthly samples from June '92 to December '94 of adult specimens were used, and biometric data for the shell and soft body parts were recorded. The gonads were analysed histologically and four phases of gonadal maturation were described: gametogenesis, partial spawning, spent and inactive. This species is dioecious, without an obvious sex dimorphism, with a reproductive pattern characterized by a period of maximum activity in May and February, and other of less activity in April. The beginning of gametogenesis was related with higher water temperature, between June and September, although it was present all during the study period. Spawning occurred when temperature was ascending, between August and September. The highest frequency of spawning coincides with temperatures between 23 and 24 °C. The inactive period was almost persistent, with more organisms on October, November and August. No relation between the reproductive cycle and the photoperiod, concentration of chlorophyll was found. The best condition of organisms occurred from December to April and the lowest condition from June to July.

1. INTRODUCCION

Alrededor del 90 % de las especies animales identificadas, entre vivientes y fósiles son invertebrados (Gardiner, 1978). Dentro del Reino Animal, el **Phylum Mollusca** es actualmente el segundo grupo en importancia numérica de especies **despues** de la Clase **Insecta**, en él han sido descritas más de 100,000 especies vivientes y alrededor de 35,000 fósiles (Seed, 1983).

Los moluscos son el grupo de invertebrados marinos mejor estudiados en la actualidad, su diversidad se manifiesta en un número total comprendido entre 65,000 y 100,000 especies que habitan las aguas marinas, la tierra y las aguas continentales. Se conocen cerca de 20,000 especies de gasterópodos y 10,000 de bivalvos (Brusca, 1980; Holguín-Quiñones y González-Pedraza, 1994).

Los moluscos bivalvos han sido explotados intensamente en todo el mundo a lo largo del tiempo, las capturas mundiales obtenidas en 1989 representaron una producción de más de un millón **de** toneladas en peso fresco (Shumway, 1991). Respecto a las almejas conocidas con el nombre genérico de “navajas”, se informa una captura total mundial de 166,241 t durante 1991 (F.A.O., 1992).

Los moluscos bentónicos son susceptibles a la sobreexplotación por su fácil captura y por constituir parte de la dieta humana, no sólo de las poblaciones asentadas cerca de las costas, sino también de aquellos que se encuentran en sitios apartados de éstas (Baqueiro y Massó, 1988). Su consumo es de gran tradición en nuestro **país**. Martín del Campo (1984) menciona que los antiguos mexicanos incluían en su dieta varias especies de moluscos **tales** como almeja, caracol, abulón y pulpo, además de que utilizaban las conchas para elaborar diversos instrumentos. En México, la explotación de muchas especies de almejas es intensiva, pero el desconocimiento de su biología y dinámica poblacional no permite una regulación pesquera, por lo que los bancos son generalmente agotados (Baqueiro **et al.**, 1981).

En **el** Estado de Baja California Sur, la pesquería de estos organismos se puede calificar como artesanal. En 1996, la SEMARNAP informó una captura total de 1,694 t de ostión, almeja, caracol y abulón (peso desembarcado). La pesquería de almejas y caracoles está compuesta por un **mínimo** de 60 especies, algunas de las cuales son explotadas intensivamente hasta el grado de ponerlas en peligro de extinción (Baqueiro, 1984).

Por otro lado, Flores-Andolais *et al.* (1988) y Stuardo y Villaroel (1976) mencionan que la distribución de los moluscos bentónicos está asociada en forma directa con el sustrato, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y en menor grado con la profundidad. Se ha observado que las variables físicas, más que las biológicas (depredación, competencia por espacio o alimento), son los factores principales que determinan la dinámica de las poblaciones bentónicas en las lagunas costeras (Stuardo y Villaroel, 1976). Contreras (1985) menciona que las especies que habitan en estas aguas varían su composición y abundancia relativa de acuerdo a las condiciones hidrológicas del sistema, principalmente a los gradientes de salinidad.

Ciertos bivalvos son considerados como “indicadores biológicos” de contaminación debido a sus hábitos sedentarios y a que son organismos filtradores, que toleran altas concentraciones de contaminantes pese a que esto suele reducir la concentración de oxígeno, pero se incrementa la producción de material que éstos emplean en su alimentación. Sin embargo, en tales condiciones tienden a concentrar en su cuerpo compuestos que se encuentran en solución o en suspensión en el agua (Núñez-Esquer, 1975). Entre ellos esta *Tagelus dombeii* (De Gregon *et al.*, 1994). Tomando en cuenta su abundancia o su desaparición parcial o total, se puede comprender la evolución que sufren determinadas zonas en relación al grado de deterioro (Solís, 1982; Farinat *et al.*, 1992).

Una parte fundamental en la biología de las especies es la relacionada con la reproducción. El estudio del ciclo reproductivo de cualquier especie se puede hacer de diversas formas: a través de métodos morfocromáticos en donde se observan la forma, el tamaño, el color y la consistencia de la masa gonadal, o bien, analizando el tejido gonadal a través de observaciones al microscopio de preparaciones fijas teñidas y aplicando técnicas histológicas. De igual manera, podemos estimar el índice gonadosomático el cual permite obtener una estimación de carácter cuantitativo. La exactitud de esta estimación depende de la especie sujeto de estudio, ya que en ocasiones presentan una considerable cantidad de tejido conjuntivo que puede dar un margen de error al aumentar o disminuir dicho índice, el cual puede ser consecuencia de cambios en el número y masa de las células nutritivas y no de un cambio en el tejido gametogénico (Giese y Pearse, 1974).

La técnica histológica es la más precisa para estudiar este proceso, debido a que proporciona información cualitativa del ciclo gonádico. Observando la relación que guarda el peso de la gónada con respecto al peso del cuerpo, en cada una de las fases en las que se encuentra el organismo, se puede corroborar o no si el índice gonadosomático proporciona datos referentes al aumento del número y tamaño de los gametos.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I. P. N.
DONATIVO

Los ciclos gametogénicos están regulados por factores endógenos, que a su vez corresponden a cambios en el medio ambiente, por lo cual la periodicidad con que se reproducen los organismos va a depender de factores ambientales (Giese y Pearse, 1974).

Entre los principales factores que sincronizan y/o disparan la etapa reproductiva se encuentran la temperatura, disponibilidad de alimento, fotoperíodo, marea, oleaje, etc. (Giese y Pearse, 1974).

La almeja navaja (*Tagelus californianus*) habita la zona entre mareas, en fondos areno-limosos, en orificios permanentes de 10 a 50 cm de profundidad, se distribuye desde Bahía Humboldt, E.U.A. hasta Panamá (McLean, 1969; Morris, 1966); por su parte Keen (1971) le atribuye una distribución desde Monterey, E.U.A. hasta el norte de México.

1.1 Taxonomía y Descripción de la Especie

PHYLLUM: MOLLUSCA Cuvier, 1797

CLASE:-PELECYPODA Linnaeus, 1758 (=Bivalvia=Lamellibranchiata)

SUBCLASE: HETERODONTA Neumayr, 1884 (=Lamellibranchia)

ORDEN: VENEROIDA H. y A. Adams, 1856 (=Teleodonta)

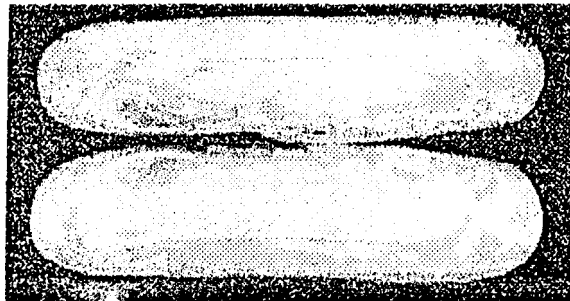
SUPERFAMILIA: TELLINACEA

FAMILIA: SOLECURTIDAE

GENERO: *Tagelus* Gray, 1847

SUBGENERO: *Tagelus*, s. s.

ESPECIE: *Tagelus californianus* (Conrad, 1837)



La concha es de coloración blanca amarillenta, con manchas de color tipo óxido, con un periostraco oscuro que puede estar desgastado en su parte central, revelando en muchos especímenes marcas verticales como raspaduras manchadas con un color más oscuro. El margen dorsal posterior es ligeramente sinuoso, sin pendiente negativa desde el rostro. Es más larga que cualquier otra especie de *Tagelus* del Pacífico oriental. La concha puede medir 120 mm de largo, sin embargo, una longitud de 100 mm y un alto de 28 mm es más común. Es una especie típica de sustratos arenoso-lodosos (Keen, 1971).

2. ANTECEDENTES

Dentro de la fauna marina del Cenozoico, Smith (1991) cita a *Tagelus sp.* en los manglares de San Lucas, B. C. S. y en las áreas de San Felipe, B. C.; Loreto, Islas Carmen y Monserrat, B. C. S.

Tagelus californianus aún no ha sido estudiada en México, los escasos trabajos publicados que la mencionan versan sobre: su anatomía y fisiología (Kellogg, 1915) y (Ricketts *et al.*, 1985) en los E.U.A.; distribución geográfica y hábitat (Kellogg, 1915) y (Johnson y Snook, 1967) en América; (McLean, 1969) en California, E.U.A.; (Keen, 1971) en América; (Abbott, 1974) en el mundo y (Morris, 1966) en California, E.U.A.; morfología y alimentación (Fitch, 1953) y (Pohlo, 1973) en California, E.U.A. y aspectos de competencia por espacio en comunidades macrobentónicas (Peterson, 1977) en California, E.U.A. y su importancia como especie potencial en Baja California Sur (Prado-Ancona, 1998).

Para *T. divisus* en Bahía Bizcaino, Florida, se han realizado estudios de crecimiento, parasitismo y ciclo vital, respecto al cual se estimó una duración de 1.7 a 2.5 años, donde se reporta que los organismos maduros estuvieron presentes de noviembre a mayo con tamaños por arriba de los 2 cm., la proporción sexual fue del: 1 (Fraser, 1967). Para *T. piebeius*, Bames (1984) cita aspectos de taxonomía, anatómicos y fisiológicos. Para *T. peruvianus*, Rojas *et al.*, (1988) estudiaron en el Golfo de Nicoya la distribución de tallas y patrones de reproducción, y encontraron que el desove máximo se lleva a cabo durante enero y febrero. Referente a la reproducción se han estudiado diversos aspectos en otras especies de bivalvos como *Placopecten magellanicus* (Langton *et al.*, 1987); *Mercenaria mercenaria* (Manzi *et al.*, 1985); *Tapes philippinarum* (Ponurovsky y Yakovlev, 1992), *Tapes decussatus* (Xie y Burnell, 1974).

En México, algunos bivalvos han sido estudiados analizando diversos aspectos reproductivos a través del método histológico, por ejemplo: *Argopecten circularis* (Ochoa-Báez *et al.*, 1990), de cuya especie Villalejo-Fuerte (1992), incluyó el cálculo de los índices gonadosomático, de peso y de condición; Villalejo-Fuerte y Ochoa-Báez (1993) relacionaron además el ciclo reproductivo con la temperatura y el fotoperíodo; *Chione californiensis* (García-Domínguez *et al.*, 1993, García-Domínguez y Levy-Pérez, 1991, Prado-Ancona, 1998); *Modiolux capax* (Ochoa-Báez *et al.*, 1990) y *Megapiturgia squalida* (Ochoa-Báez *et al.*, 1990) y (Villalejo-Fuerte *et al.*, 1996a), en este último trabajo se hizo un estudio comparativo de la reproducción; *Megapitaria aurantiaca*, fue estudiada por Baqueiro y Stuardo (1977) considerando aspectos de ecología y explotación comercial; *Glycymeris gigantea* (Villalejo-Fuerte *et al.*, 1995); *Laevicardium elatum* (Villalejo-Fuerte *et al.*, 1996b); *Cardita affinis* y *Arca pacifica* (Gorrostieta-Hurtado, 1997); *Dosinia ponderosa* (Arreola-Hernández, 1997)

De igual manera, en la zona de La Paz, B.C.S. diversos autores utilizaron técnicas histológicas para estudiar el ciclo reproductivo y las fases de **desarrolllo** gonadal en: *Argopecten circularis* (Baqueiro et al., 198 1) y (Rodríguez-Jaramillo et al., 1987); *Chione undatella*, de la cual Baqueiro y Massó (1988) incluyeron aspectos sobre variaciones **poblacionales**; *Pinna rugosa* (Noguera y Gómez-Aguirre, 1972); *Chione californiensis* (García-Domínguez y Levy-Pérez, 199 1, Prado-Ancona, 1998); *Megapitaria aurantiaca* (García-Domínguez et al., 1994) y *Modiolux capax* (Ochoa-Báez, 1985, 1987), en esta última cita se abordaron aspectos de la biología general de la especie. *Pinctada mazatlanica* (Sevilla, 1969) con un estudio general de la madreperla y García-Domínguez et al.,(1996).

Otras especies de almeja navaja se capturan *en* España (*Solen* spp.) y se reporta su producción en el Anuario Estadístico de Pesca de la F.A.O. (F.A.O., 1992) y en Chile (*Tagelus dombeii*), donde inclusive es un producto de exportación.

3. JUSTIFICACION

Debido a que algunos de los bivalvos de interés comercial en la región, por ejemplo: *Argopecten circularis* (almeja catarina), *Megapitaria aurantiaca* (almeja roja), *M. squalida* (almeja chocolata), *Lyropecten subnodosus* (almeja mano de león), *Euvola vogdesi* (= *Pecten vogdesi*) (almeja voladora), *Pinna rugosa* (hacha), *Pinctada mazatlanica* (madreperla) y *Pteria sterna* (concha nácar), se encuentran sobreexplotados o agotados (Baqueiro *et al.*, 1981; 1982) y pese a los intentos de cultivo de algunas de estas especies, no se han obtenido todavía los resultados esperados (Baqueiro, 1989), el estudio de otros bivalvos como *T. californianus* que aún no han sido sujetas a una captura, adquiere especial importancia.

La legislación pesquera en México establece que todos los recursos bentónicos tanto sésiles como migratorios, deben ser ubicados y cuantificados antes de otorgar un permiso de pesca. Una prospección y evaluación previa al inicio de un aprovechamiento comercial indica la disponibilidad del recurso en un momento dado, pero no define el régimen de explotación y la vulnerabilidad de la especie, por lo que deben conocerse la biología y los parámetros poblacionales (Baqueiro *et al.*, 1992). Los estudios biológicos de una especie constituyen un primer acercamiento básico si se quiere realizar un manejo adecuado de su pesquería o si se tiene interés en su cultivo. Dentro de los estudios de reproducción, los métodos histológicos son los que permiten determinar con mayor precisión el estado de desarrollo de las gónadas.

El estudio de la reproducción de *T. californianus* es básico para conocer su ciclo de vida para estar en condiciones de sugerir períodos de captura y de veda, o de actividades acuaculturales. Por todo lo anterior, se propone llevar a cabo el estudio de la biología reproductiva de *T. californianus*.

4. OBJETIVO GENERAL

Conocer y analizar aspectos de la reproducción de *Tagelus californianus* (Conrad, 1837) en Puerto Balandra, Bahía de La Paz, Baja California Sur.

5. METAS

- Describir las fases de desarrollo de las gónadas de machos y hembras.
- Determinar el ciclo reproductivo anual.
- Estimar el índice gonadosomático.
- Estimar el **índice** de peso.
- Estimar el **índice** de condición de Fulton.
- Determinar las variaciones del **índice** gonadosomático y su relación con el ciclo reproductivo y la condición de los organismos.
- Estimar el tamaño promedio de los ovocitos.
- Determinar la proporción de sexos.
- Relacionar el ciclo reproductivo con la temperatura del agua a nivel superficial del sedimento.
- Relacionar el ciclo reproductivo con el fotoperíodo.
- Relacionar el ciclo reproductivo con los pigmentos fotosintéticos.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 Area de estudio

El área de Balandra, B.C.S. ha sido clasificada por Gutiérrez (1987) como un sistema caleta-laguna, en virtud de que el cuerpo de agua interno cumple con la definición de Lankford (1977) de laguna costera y también con la definición de caleta dada por Russel(1969).

Está localizada en el Golfo de California al sureste de la Bahía de La Paz, B.C.S. (Fig. 1A). Se sitúa a **16 km** al norte de la Ciudad de La Paz, entre los $24^{\circ}18'30''$ N, $110^{\circ}19'30''$ W y los $24^{\circ}19'45''$ N, $110^{\circ}18'15''$ W (Gutiérrez, 1987). La caleta tiene una anchura de 720 m y una longitud de 1150 m. La profundidad varía de 0.5 m en la parte sur hasta 25 m en la entrada; existe un área rocosa al suroeste de la boca de la caleta, la cual queda expuesta durante la bajamar.

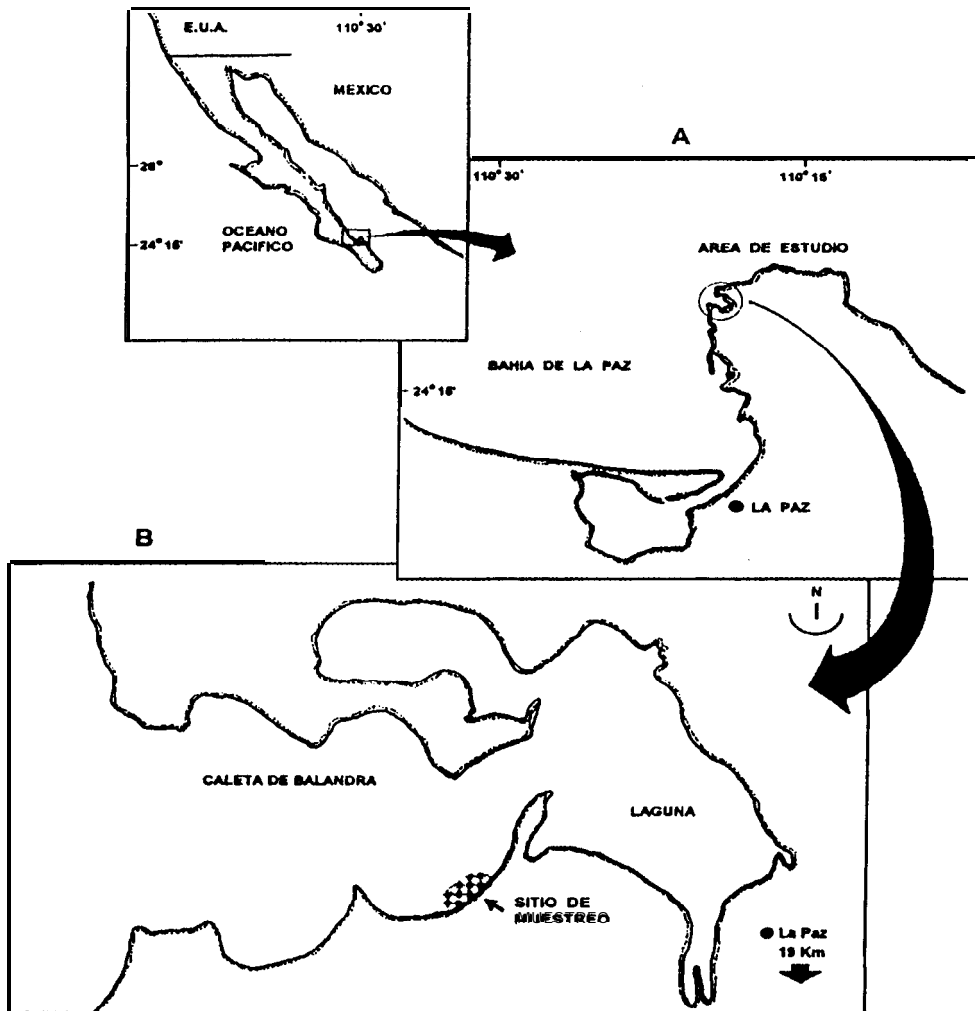


Figura 1. A área de estudio y B sitio de muestreo. Modificado de Domínguez-Orozco, 1996.

La temperatura promedio de este cuerpo de agua es de 29.5 °C en verano y de 20.5 °C en invierno. La máxima evaporación es en agosto (192.3 mm) y la mínima en febrero (155 mm); la evaporación total es de 2,113 mm anuales (D.G.O., 1979).

Muestreo

Mediante buceo libre, se identificaron los orificios más conspicuos en la arena y se procedió a cavar para extraer los ejemplares adultos (25 en promedio), de una población situada en la zona intermareal de Puerto Balandra, B.C.S. (Fig. 1B). En total se capturaron 676 organismos. Las muestras se obtuvieron con una periodicidad mensual a partir de junio de 1992 hasta diciembre de 1994.

Los organismos fueron fijados de inmediato en el campo a bordo de la lancha en formol al 10% preparado con agua de mar. Una vez en el laboratorio, se lavaron durante tres días para eliminar el formol e iniciar las mediciones correspondientes, que consistieron en el peso húmedo total, peso visceral, peso gonadal y peso de la concha, así como la longitud, altura y ancho de la concha.

La masa visceral donde se encuentra la gónada también incluye tejido conjuntivo, tejido muscular (pie), tejido digestivo y el hepatopáncreas, de tal manera que se obtiene una estimación aproximada del peso de la gónada al emplear una balanza de precisión de 0.1 g.

Para el estudio histológico de la gónada se destinaron todas las almejas, a las cuales se les eliminó el manto, músculos aductores, branquias, palpos labiales y sifones, quedando solamente la masa visceral y el pie, los cuales se deshidrataron con alcohol y se incluyeron en parafina. Con un **microtomo** rotatorio se obtuvieron de cada almeja tres cortes dorsofrontales de 7 μm de grosor para seccionar la parte más gruesa de la gónada y se tiñeron con hematoxilina-eosina (Gray, 1958; Humason, 1979). Para el análisis e interpretación de las preparaciones histológicas se utilizó un microscopio compuesto.

6.2 Frecuencia de estadios de madurez gonádica

Para establecer el estado de actividad gametogénica se obtuvo la frecuencia relativa de las fases de madurez gonádica. Dichas fases del ciclo gonádico se describen utilizando cuatro estadios de acuerdo a la presencia o ausencia de gametos y sus características (tamaño, cantidad y forma); tejido conjuntivo; fagocitos y espacios intercelulares. Así, la gónada en Gametogénesis, se caracteriza por presentar células en desarrollo; en Desove Parcial, presenta gametos maduros; en Posdesove, las gónadas se observan con espacios intercelulares y paredes rotas y en Reposo o

Indiferenciada, cuando sólo se encuentran células indiferenciadas del tejido conjuntivo y ninguna actividad en la capa germinal.

6.3 Indicadores del evento reproductivo

6.3.1 Índice gonadosomático

Para determinar el ciclo gonadal se utilizó el **índice** gonadosomático (IGS) para cada estadio, calculado a partir de la fórmula de Giese y Pearse (1974):

$$IGS = \frac{\text{Peso gónada}}{\text{Peso corporal}} * 100$$

También se estimaron la media y la desviación estándar para cada muestra mensual desde junio de 1992 hasta diciembre de 1994.

6.3.2 Estimación del diámetro promedio de los ovocitos

Como una validación del ciclo gonadal y para evaluar el crecimiento de los gametos femeninos, se determinó el diámetro promedio mensual de los ovocitos, de acuerdo con el método definido por Grant y Tyler (1983a,b) y se hizo un seguimiento a lo largo del período de estudio. Se escogieron, cuando fue posible, muestras de por lo menos cinco hembras por mes, de las cuales se seleccionaron 100 ovocitos con núcleo y nucleolo bien definidos, para medir con un micrómetro ocular el diámetro mayor de las células en un área de 0.5 mm^2 . Los diámetros de los ovocitos se agruparon por intervalos de clase y se calcularon la media (M) y la desviación estándar (S) para datos agrupados (Spiegel, 1970).

6.3.3 Separación de modas del diámetro promedio de los ovocitos

Se aplicó el Programa FISAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) para la separación modal de frecuencias de diámetros de ovocitos (Bhattacharya, 1967, citado en Sparre y Venema, 1991).

6.3.4 Proporción sexual

Se determinó el sexo de cada organismo mediante la observación microscópica del tejido gonadal. Para establecer la proporción machos-hembras se dividió el número total de hembras entre el número total de machos. Para determinar si existía diferencia de 1: 1 en la proporción de sexos por mes y en el total, se hicieron pruebas de hipótesis, asumiendo que la distribución muestral es aproximadamente normal, de acuerdo con el teorema de límite central. Se analizó bajo la hipótesis nula de que existe una proporción 1: 1. Utilizando el estadístico de prueba X^2 .

$$X^2 = \frac{\sum(O - E)^2}{E}$$

donde, O es la proporción de hembras o machos observada y E es la proporción de hembras o machos esperada. La regla de decisión se realizó con una confianza del 95 %, no aceptando la hipótesis cuando el valor de X^2 calculado fuera mayor de 3.86 (Sokal y Rohlf, 1979).

6.4 Indicadores de la condición

6.4.1 Índice de peso

Se hizo un seguimiento mensual del índice de peso, que relaciona la proporción del tejido blando a través de la relación entre el peso del molusco sin concha y el peso total del organismo expresado en porcentaje mediante la siguiente fórmula (Moore, 1932):

$$IP = \frac{\text{Peso víscera}}{\text{Peso total}(\text{peso víscera} + \text{peso concha})} * 100$$

También en este caso se obtuvieron la media y la desviación estándar.

6.4.2 Índice de condición de Fulton

Se calculó el índice de condición de Fulton (Hile, 1936), este índice relaciona el peso total del organismo con la longitud anteroposterior, según la siguiente ecuación:

$$Fc = \frac{Pt}{L^3}$$

Donde:

Pt = Peso total del organismo en gramos.

L = Longitud anteroposterior en mm.

Se obtuvieron promedios del índice de condición de Fulton para toda la colecta, los resultados se registraron en un cuadro y se **graficaron** los promedios mensuales.

6.5 Variables ambientales

6.5.1 Temperatura superficial

Los datos de temperatura superficial promedio, se tomaron de la base de datos de la NOAA (National Oceanographic Atmospheric Administration), obtenidos a través de un satélite y también de registros mensuales tomados con un termómetro de cubeta, al mismo tiempo de la recolecta de los ejemplares.

6.5.2 Fotoperíodo

Las horas luz se obtuvieron del Almanaque Náutico, para los 20^o N (D.G.O., 1979).

6.5.3 Pigmentos fotosintéticos

Los patrones estacionales estimados de la concentración de pigmentos fotosintéticos (clorofila), para el período 1992-1994 fueron registrados por la NOAA (Tran *et al.*, 1994, especificada como promedio mensual, calculada a través de observaciones hechas por satélite) y proporcionadas por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).

6.6 Análisis Estadístico

Se estimó la relación existente entre las variables ambientales (temperatura, fotoperíodo y concentración de pigmentos) con la frecuencia de organismos en gametogénesis, en desove y en posdesove, diámetro de los ovocitos; **índice** gonadosomático; **índice** de peso e **índice** de condición, mediante la correlación de rangos no paramétricos de Spearman con un nivel de confianza del 95%.

7. RESULTADOS

7.1 Descripción y caracterización de las fases de desarrollo gonádico de *T. californianus*.

De acuerdo a los ejemplares analizados se considera a esta especie como **dioica**.

La presente descripción de las fases de desarrollo gonádico, se basa principalmente en las características de los folículos femeninos y masculinos, obtenidas mediante el análisis de preparaciones histológicas de la gónada.

7.1.1 Indiferenciación

En esta etapa de desarrollo gonadal no se distingue el sexo. También es llamada de reposo y se caracterizó por la ausencia de gametos. El tejido conectivo ocupó casi todo el espacio observable entre el hepatopáncreas y el tracto digestivo. En algunas preparaciones había restos de folículos muy destruidos invadidos por fagocitos (Fig. 2).

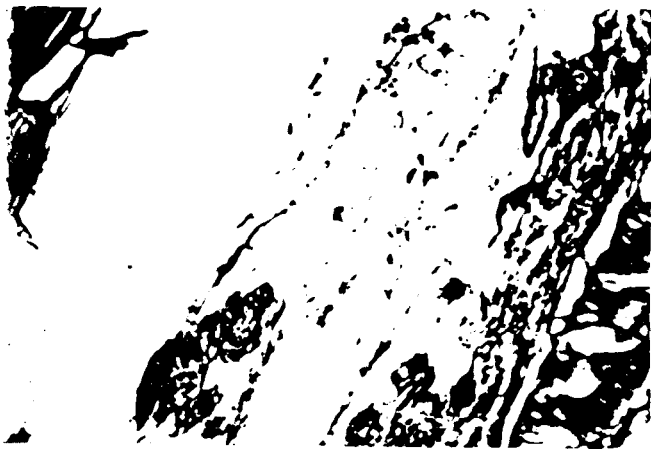


Figura 2. Indiferenciación. 1 OX.

7.1.2 Machos

7.1.3 Gónada en gametogénesis.

Esta etapa se caracteriza por el gran número de espermatogonias adheridas a las paredes de los **túbulos**, hacia el centro de éstos se pueden observar espermatoцитos y en la luz del **túbulo** se ven algunos espermatozoides inmaduros. El tejido conjuntivo es escaso y laxo (Fig. 3).



Figura 3. Macho. Gónada en gametogénesis. 40X.

7.1.4 Desove parcial.

Esta fase correspondió al fin de la gametogénesis e inicio de la del proceso de desove.

Durante esta etapa los **túbulos** aumentan considerablemente su diámetro, al grado de que sus paredes se tocan y anastomosan en muchos lugares. Todavía algunas espermatogonias permanecen adheridas a las paredes de los **túbulos**, pero hacia el centro de los mismos se observan células gametogénicas con un mayor grado de desarrollo. Se aprecian haces de espermatozoides con sus colas orientadas hacia el lumen del **túbulo**. El contenido del material gametogénico en el **túbulo** presenta variaciones, en algunas zonas este aparece disperso, en otras se ven huecos dejados por material **recien** expulsado. También se aprecian gametos residuales (Fig. 4).

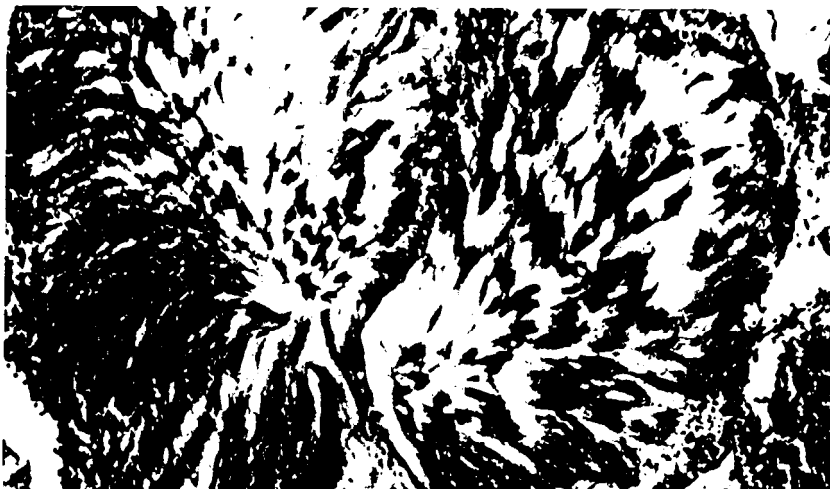


Figura 4. Macho. Desove parcial. 40X.

7.2 Ciclo gonádico masculino

Los machos de esta especie eyaculan parcialmente casi todo el año. En las muestras analizadas se observa que la eyaculación disminuye en los meses de agosto a diciembre de 1992; agosto a enero de 1993 y agosto a octubre de 1994. En estos meses se presenta la mayor cantidad de organismos con la gónada en gametogénesis (Fig. 5).

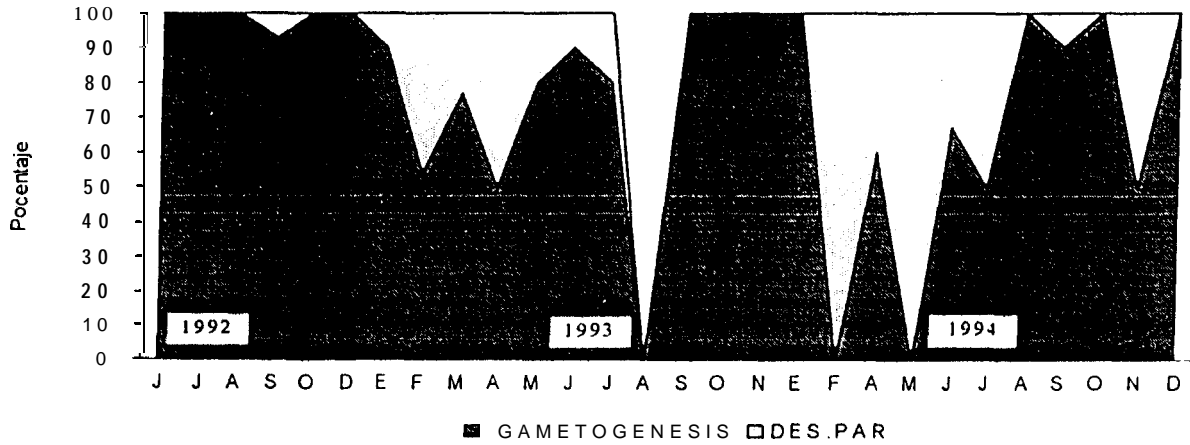


Figura 5. Fases de desarrollo gonadal mensual en machos. No hubo toma de muestras en noviembre de 1992, diciembre de 1993 y marzo de 1994. En agosto de 1993 solo hubo organismos indiferenciados.

El ciclo que sigue la gónada de los machos es el siguiente: primero la gónada está en gametogénesis que es cuando se generan los gametos que luego crecen y maduran. Los gametos son eyaculados al medio externo, posteriormente aparecen organismos indiferenciados que vuelven a producir gametos nuevamente (Fig. 6).

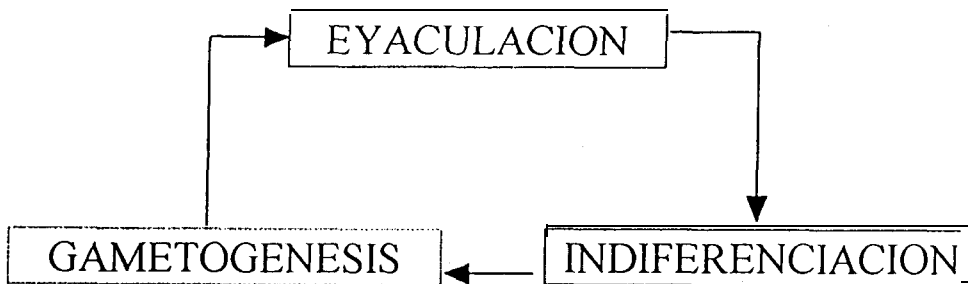


Figura 6. Ciclo gonadico masculino de *Tagelus californianus*.



Figura 7. Hembra. Gónada en gametogénesis. 40X.

7.3 Hembras

7.3.1 Gónada en gametogénesis.

En las hembras los folículos son más grandes y están separados por tejido conectivo; los gametos femeninos inmaduros tienen apariencia poligonal y en ocasiones alargada, con la parte angosta adherida a la pared del folículo (Fig. 7). Mientras el núcleo es central y esférico, los nucleolos esféricos no se ubican necesariamente en el centro del núcleo. En esta fase las paredes foliculares son más gruesas en los machos que en las hembras.

El diámetro promedio de los ovocitos en esta etapa es de $39.60 \mu\text{m}$ (8.4 desviación estándar).

7.3.2 Desove parcial.

En las hembras esta fase es más marcada, ya que una vez maduros los óvulos, la pared germinal de los folículos se redujo a una capa de células muy delgada. En esta fase los folículos se encuentran llenos de óvulos maduros, con formas irregulares, también hay folículos rotos y espacios vacíos (Fig. 8). El diámetro promedio de los ovocitos en esta fase es de $40.15 \mu\text{m}$ (8.9 d.e.).



Figura 8. Hembra. Desove parcial. 40X.

7.3.3 Posdesove.

En esta etapa las paredes rotas de los túbulos se restauran, se aprecia la presencia de folículos con ovocitos esféricos de forma irregular, unos aparentemente todavía funcionales pero la mayoría residuales y en proceso de degeneración. Entre los folículos se aprecia tejido conjuntivo muy laxo. Hay presencia de fagocitos (Fig. 9).

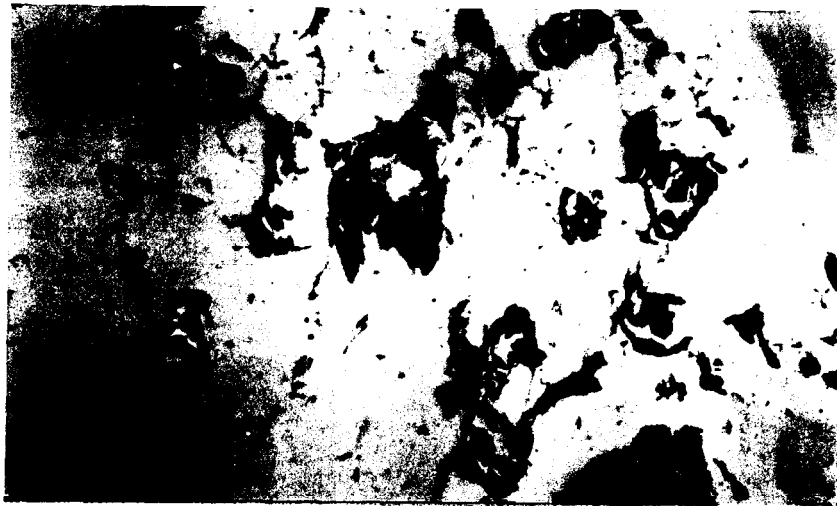


Figura 9. Hembra. Posdesove. 40X.

7.4 Ciclo gonádico femenino

La gónada está en gametogénesis todo el año, es decir, hay una producción de gametos y maduración de los mismos durante doce meses. Esta producción de gametos es más notoria en los meses de junio a septiembre de 1992; enero a junio y octubre a noviembre de 1993; enero de 1994 y un repunte de septiembre a octubre del mismo año.

El desove parcial se presentó en septiembre de 1992; de enero a junio de 1993; de febrero a junio de 1994 y en septiembre del 94. El posdesove se observó en agosto de 1992; en julio, septiembre y octubre de 1993; durante 1994 no se encontró ninguna hembra en este estadio (Figs. 10 y 11).

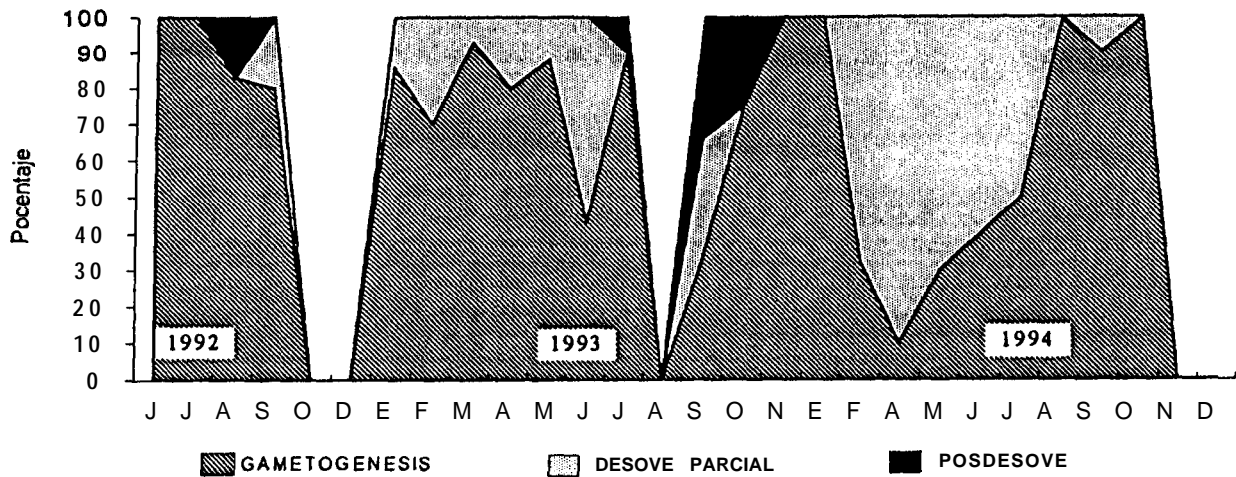


Figura 10. Fases de desarrollo gonadal en hembras. En octubre del 92 solo se presentaron machos y en agosto del 93 solamente organismos indiferenciados.

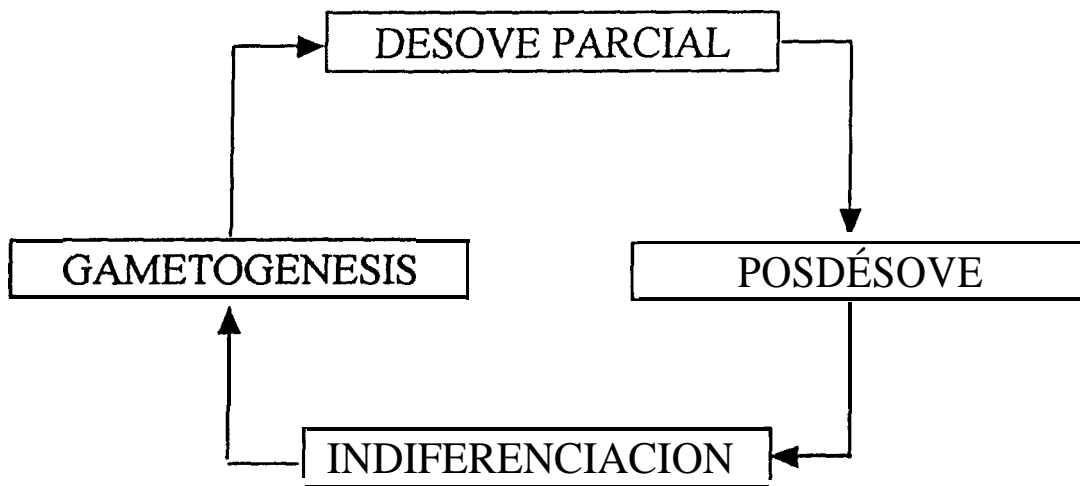


Figura 11. Ciclo gonádico femenino de *Tugelus californianus*

7.5 Frecuencia de estadios de madurez gonádica

7.5.1 Indiferenciación

Este estadio se presentó incluyendo hembras y machos, en 1992, en todos los meses de estudio, en octubre con un 100%. En 1993, en todos los meses estudiados con excepción de abril y en 1994 solo estuvo presente en los meses de enero, febrero y de agosto a diciembre (Tabla I).

7.5.2 Machos

7.5.2.1 Gametogénesis

Este estadio se presentó desde junio de 1992 hasta noviembre de 1993 y luego en enero, abril y de junio a diciembre de 1994, dando un porcentaje del **80%** del total de machos analizados (Tabla 1).

7.5.2.2 Desove parcial

Este estadio se presentó en los meses de septiembre de 1992; enero a julio de 1993; febrero a julio, septiembre y noviembre de 1994, dando un porcentaje del 20% del total de machos analizados (Tabla I).

7.5.3 Hembras

7.5.3.1 Gametogénesis

Este estadio se presentó durante los meses de junio a septiembre de 1992; enero a noviembre de 1993; enero a octubre de 1994, dando un porcentaje del 73% del total de hembras analizadas. El mayor porcentaje se presentó en junio de 1992, noviembre de 1993 y agosto de 1994 (Tabla I).

7.5.3.2 Desove parcial

Este estadio se presentó durante los meses de septiembre de 1992; enero a junio y septiembre de 1993; enero a septiembre de 1994, dando un porcentaje del 23% del total de hembras analizadas. **El** mayor porcentaje se presentó en abril de 1994. En este estadio se aprecia ruptura de las paredes de los **túbulos**, lo que indica una expulsión masiva (Tabla I).

7.5.3.3 Posdesove

Este estadio se presentó durante los meses de julio y agosto de 1992; junio, septiembre y octubre de 1993, dando un porcentaje del 4% del total de hembras analizadas. El mayor porcentaje se presentó en septiembre de 1993 (Tabla I).

Tabla I. Fases de desarrollo **gonadal** en hembras y machos (porcentaje).

AÑO	MES	I	II	III	IV
1992	J	8	92	0	0
	J	37	63	0	0
	A	47	47	0	6
	S	12	76	12	0
	O	100	0	0	0
	D	79	16	5	0
1993	E	20	65	15	0
	F	15	45	40	0
	M	5	70	25	0
	A	0	64	36	0
	M	17	52	31	0
	J	24	28	48	0
	J	31	49	10	10
	A	84	6	0	10
	S	48	48	0	4
	O	50	46	0	4
	N	67	33	0	0
1994	E	48	52	0	0
	F	4	21	75	0
	A	0	47	53	0
	M	0	18	82	0
	J	0	50	50	0
	J	0	50	50	0
	A	50	40	10	0
	S	12	80	8	0
	O	72	28	0	0
	N	90	5	5	0
	D	77	18	5	0

I Indiferenciación
 II Gametogénesis
 III Desove parcial
 IV Posdesove

7.6 Ciclo reproductivo de *T. californianus*

T. californianus presentó desove en agosto y diciembre de 92 hasta julio de 93; de febrero a septiembre de 94 y de noviembre a diciembre de 94, cuando la temperatura promedio fue de 31 °C y 22.5 °C, respectivamente. El posdesove se presentó durante períodos breves en julio de 92 y de junio a octubre de 93. La gametogénesis tuvo su máximo, de enero (65 %) a julio de 93 (49 %) y sus mínimos, en octubre de 92 (0 %) y noviembre de 94 (5 %). La indiferenciación se presentó de junio de 92 a marzo de 93; de mayo de 93 a febrero de 94 y de agosto de 94 a diciembre de 94 (Fig. 12).

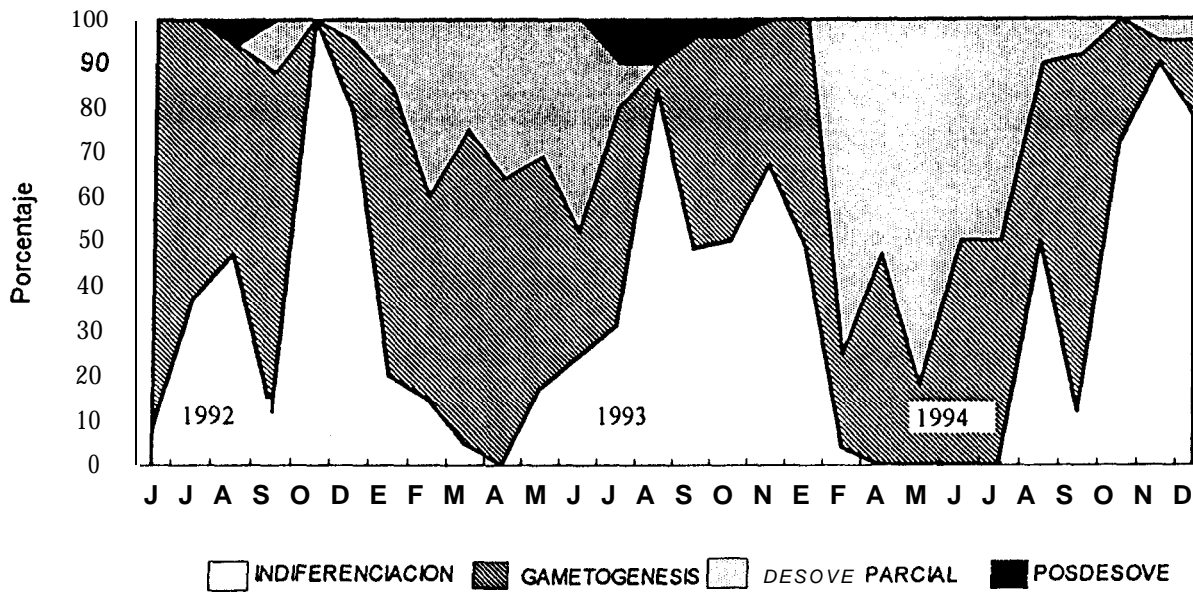


Figura 12. Fases de desarrollo gonadal de *Tagelus californianus*.

No se observaron evidencias morfológicas de hermafroditismo ni de dimorfismo sexual externo aparente, el sexo **solamente** pudo ser distinguido mediante la observación microscópica de las gónadas.

En dos preparaciones histológicas de hembras se registró la presencia de parásitos no identificados, probablemente se trata de un tremátodo digéneo (Fig. 13).



Figura 13. Parásito en folículo de *Tagelus californianus*. 40 X.

7.7 Índice gonadosomático

Para todo el estudio del índice gonadosomático (julio 1992-diciembre 1994), el valor más alto de este índice se encontró en el mes de enero de 94 (45.5%), el cual se ubica en la gametogénesis. Los valores mínimos estuvieron presentes en los meses de agosto (27.3%) a diciembre (27%) de 94, los cuales a su vez corresponden a las fases de indiferenciación y gametogénesis respectivamente (Fig. 14) (Tabla II).

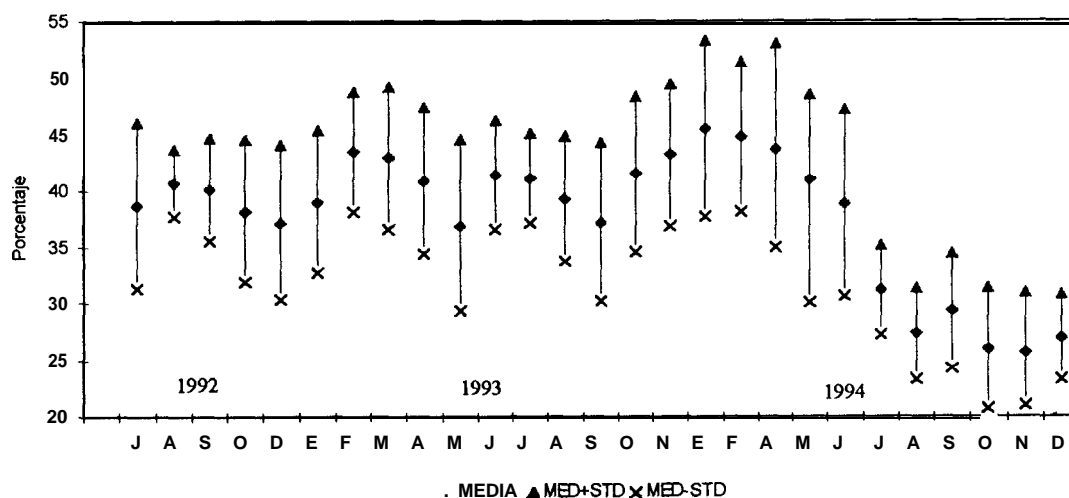


Figura 14. Media mensual y desviación estándar del índice gonadosomático de *Tagelus californianus*.

Tabla II. Índice gonadosomático, media, desviación estándar y valores mínimos y máximos.

AÑO	MES	MEDIA	DE	MIN	MAX	MED+DE	MED-DE
1992	J	38.7	7.4	25.7	61.6	46.1	31.3
	A	40.7	3.0	35.2	46.3	43.7	37.7
	S	40.1	4.5	30.0	48.8	44.6	35.6
	O	38.2	6.3	29.0	49.4	44.5	31.9
	D	37.2	6.9	23.1	46.5	44.1	30.3
1993	E	39.0	6.3	25.3	50.0	45.3	32.7
	F	43.5	5.3	27.6	52.3	48.8	38.2
	M	42.9	6.3	29.1	51.5	49.2	36.6
	A	40.9	6.4	25.4	51.3	47.3	34.5
	M	36.9	7.6	22.7	50.7	44.5	29.3
	J	41.4	4.8	25.7	50.0	46.2	36.6
	J	41.1	4.0	28.0	47.1	45.1	37.1
	A	39.3	5.5	22.0	49.3	44.8	33.8
	S	37.2	7.0	20.8	48.1	44.2	30.2
	O	41.5	6.9	21.8	56.5	48.4	34.6
	N	43.2	6.3	24.5	52.0	49.5	36.9
1994	E	45.5	7.8	24.1	54.8	53.3	37.7
	F	44.8	6.6	25.7	56.0	51.4	38.2
	A	43.6	25.5	27.2	115.9	69.1	18.1
	M	41.0	7.5	28.9	57.1	48.5	33.5
	J	38.9	8.3	22.7	50.9	47.2	30.6
	J	31.2	4.0	23.5	39.3	35.2	27.2
	A	27.3	4.1	21.7	31.6	31.4	23.2
	S	29.3	5.1	21.4	39.8	34.4	24.2
	O	26.0	5.3	19.4	46.4	31.3	20.7
	N	25.7	5.2	19.4	46.4	30.9	20.5
	D	27.0	3.8	21.4	37.5	30.8	23.2

7.8 Estimación del diámetro promedio de los ovocitos

El **período** de trabajo durante el cual fue posible seleccionar ovocitos para su medición, comprende de junio de **1992** hasta septiembre de 1994 . El criterio utilizado para seleccionar las laminillas **fue** cuando eran evidentes tanto el núcleo como el **nucleolo**, habiéndose cubierto todas **las** fases de desarrollo de los ovocitos.

Todos los ovocitos de *Tagelus californianus* presentaron un promedio de **40.17 μm (8.69 d.e.)** de diámetro, los más pequeños midieron **5.0 μm** y los más grandes alcanzaron tallas de hasta **80.5 μm** . (Tabla III).

Tabla III. Diámetro promedio, desviación estándar y número de ovocitos medidos en *Tagelus californianus*.

AÑO	MES	MEDIA	D.E.	No. OVOC.
1992	J	38.64	8.05	409
	J	37.34	8.29	524
	A	40.47	8.12	303
	S	35.20	7.96	102
1993	E	47.81	11.06	499
	F	42.43	11.24	473
	M	41.24	8.74	310
	A	44.66	8.55	533
	M	43.56	9.87	550
	J	38.01	8.58	336
	J	40.27	7.03	199
	A	41.87	8.22	340
	S	37.78	8.34	220
	O	39.73	8.39	300
	N	42.51	8.32	234
1994	E	39.72	8.50	350
	F	39.52	9.13	554
	A	38.92	8.95	529
	M	37.29	8.44	506
	J	40.29	8.45	541
	J	38.72	8.24	539
	A	38.94	9.02	159
	S	39.10	8.52	548

Los valores promedio más altos para 1992 se encontraron en agosto ; en enero para 1993 y en junio para 1994; los valores promedio más bajos para esos años se presentaron en septiembre de 1992 y 1993 y en mayo de 1994 (Fig. 15).

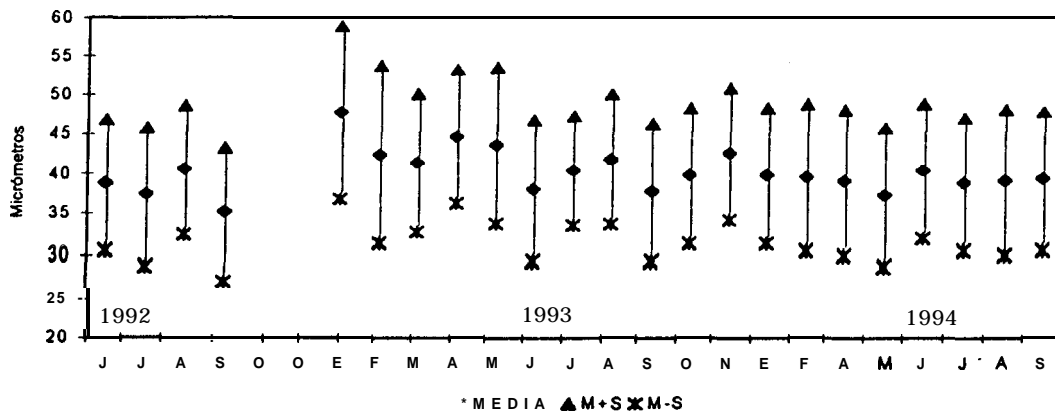


Figura 15. Promedio mensual del diámetro de los ovocitos de *Tagelus californianus*. No se observaron ovocitos de octubre a diciembre de 1992 y de octubre a diciembre de 1994.

Los resultados de estas mediciones no reflejan alguna relación entre el diámetro de los ovocitos y los períodos de desarrollo gonadal.

7.9 Separación de modas del diámetro promedio de los ovocitos

Durante 1992 se observan, para junio (Tabla IV), julio, agosto y septiembre, once modas aparentes (Fig. 16A,17B,18C y 19D); en 1993, para once meses (enero a noviembre), 35 modas (Fig. 16E, 16F,17A,17B,17C,17D,17E,17F,18A,18B, y 18C); para 1994, en ocho meses (enero, febrero, abril a septiembre), encontramos 21 modas (Fig. 1SD, 18E,18F,19A,19B,19C,19D y 19E).

Tabla IV, Método de *Bhattacharya* para separar distribución de frecuencias. Junio 1992.

Grupo No.	Media	Desv. Estándar	Población (N)	Indice de Separación (S.I.)
1	34.9	3	115	-----
2	42.1	2.19	98.4	2.76
3	55.1	2.07	25	6.09

S.I. deberá ser mayor o igual que 2 para grupos que vayan a ser marcadamente separados

MI (mm)	Frecuencia Observada	Grupo No. 1	Grupo No. 2	Grupo No. 3	Contribución esperada	Componentes de Chi ²
11.5	30	0.17	0.00	0.00	0.17	
13.8	26	1.52	0.00	0.00	1.52	
16.1	24	7.72	0.00	0.00	7.72	34.29
18.4	31	21.83	0.00	0.00	21.83	3.84
20.7	46	34.35	0.07	0.00	34.42	3.89
23.0	38	30.09	1.74	0.00	31.83	1.19
25.3	36	14.67	14.13	0.00	28.80	1.79
27.6	49	3.98	37.94	0.00	41.93	1.19
29.9	36	0.60	33.67	0.00	34.27	0.08
32.2	35	0.05	9.87	0.00	9.92	63.37
34.5	17	0.00	0.96	0.04	1.00	
36.8	16	0.00	0.03	0.86	0.89	----
39.1	7	0.00	0.00	5.70	5.70	0.29
41.4	12	0.00	0.00	11.06	11.06	0.08
43.7	6	0.00	0.00	6.26	6.26	0.01

El valor de χ^2 es igual a 110.076, con 10 grados de libertad, (nótese que dicho valor fue acumulado después que las clases, con una frecuencia esperada menor que 5, combinado con clases adyacentes). Con un nivel de confianza del **95%**, la distribución esperada es significativamente diferente de la **observada**. Los valores de frecuencias de 0.000 de los grupos, pueden ser iguales o mayores que 0.0001 y fueron eliminados para mayor claridad.

El estadio de gametogénesis, presente de junio a agosto de 1992, coincide con dos modas importantes para cada mes, con los diámetros de los ovocitos entre 22 y 50 μm . Durante 1993 se

presentó el mismo estadio de enero a noviembre, en particular, este último mes fue el más representativo con tres modas, con los diámetros de los ovocitos entre 21 y 61 μm . Para 1994 la gametogénesis en hembras estuvo presente de enero a octubre, en agosto se observó la mayor frecuencia también con tres modas con los diámetros de los ovocitos entre 22 y 61 μm .

El estadio de desove parcial en hembras, presente en septiembre de 1992 con dos modas, con los diámetros de los ovocitos entre 22 y 50 μm . Durante 1993 el mismo estadio se presentó de enero a junio y septiembre, en particular el mes de junio fue el más representativo, con dos modas, con los diámetros de los ovocitos entre 21 y 54 μm . Para 1994 la fase de desove parcial en hembras estuvo presente de enero a septiembre, en abril se presentaron tres modas, con los diámetros de los ovocitos entre 25 y 61 μm .

En general, las modas de los ovocitos para la etapa de desove parcial fueron más grandes (40.15 μm), que las de la etapa de gametogénesis (39.60 μm). Lo anterior nos muestra curvas polimodales que representan una generación continua y rápida de ovocitos, con incorporación constante de nuevas células, es decir, un desarrollo gonádico continuo (Fig. 16, 17, 18 y 19).

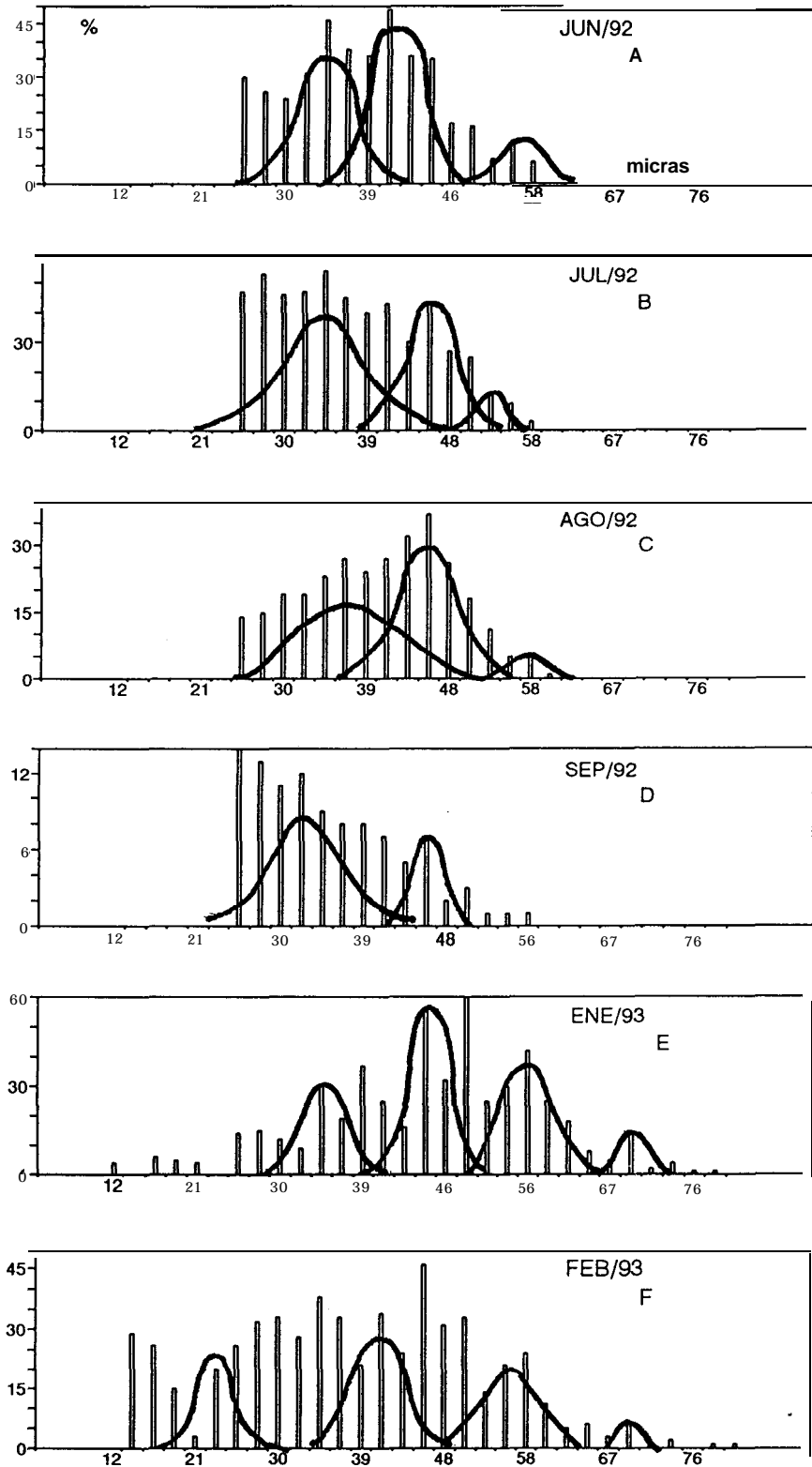


Fig.16. Diámetro promedio de los ovocitos

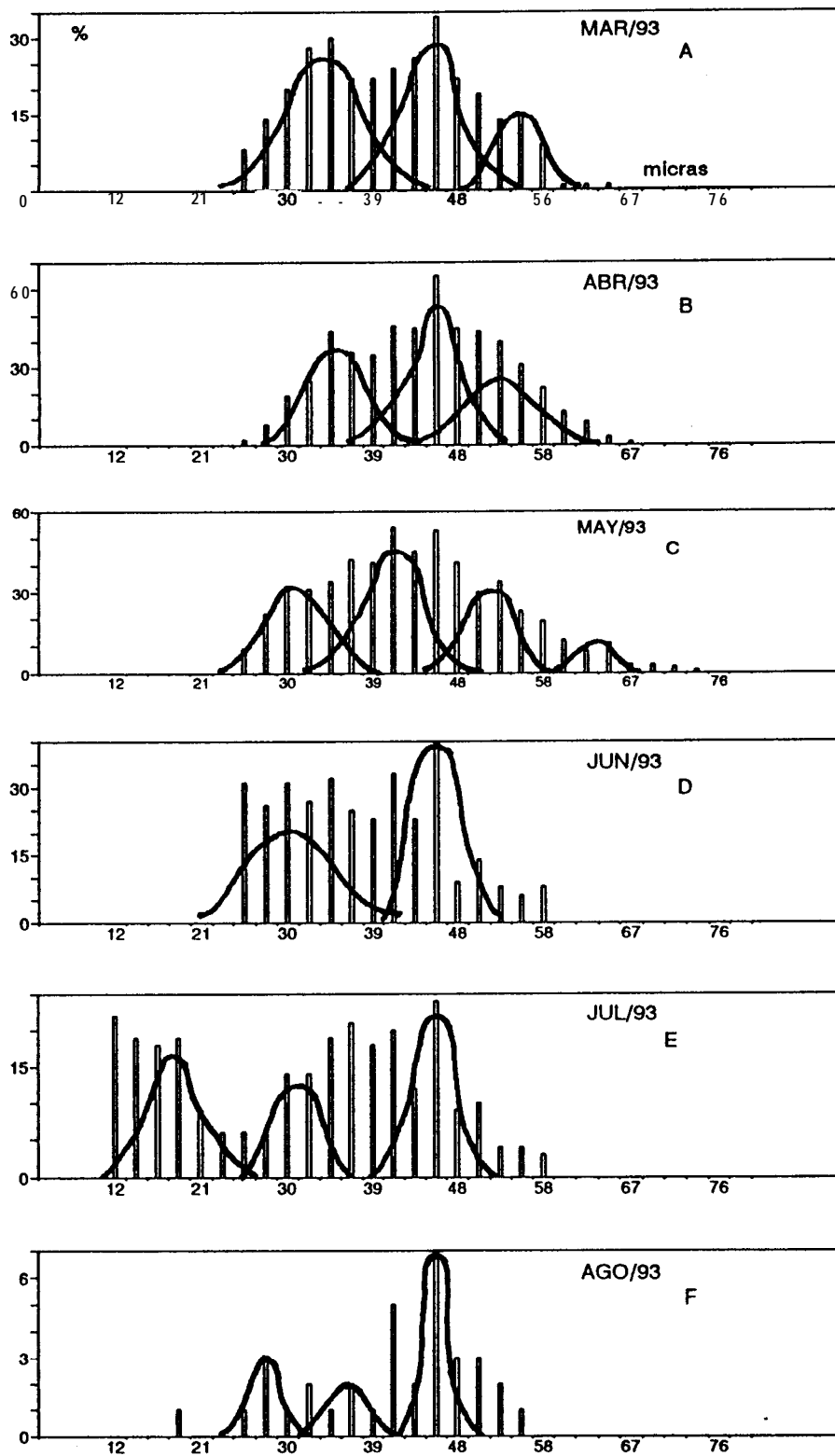


Fig.17. Diámetro promedio de los ovocitos

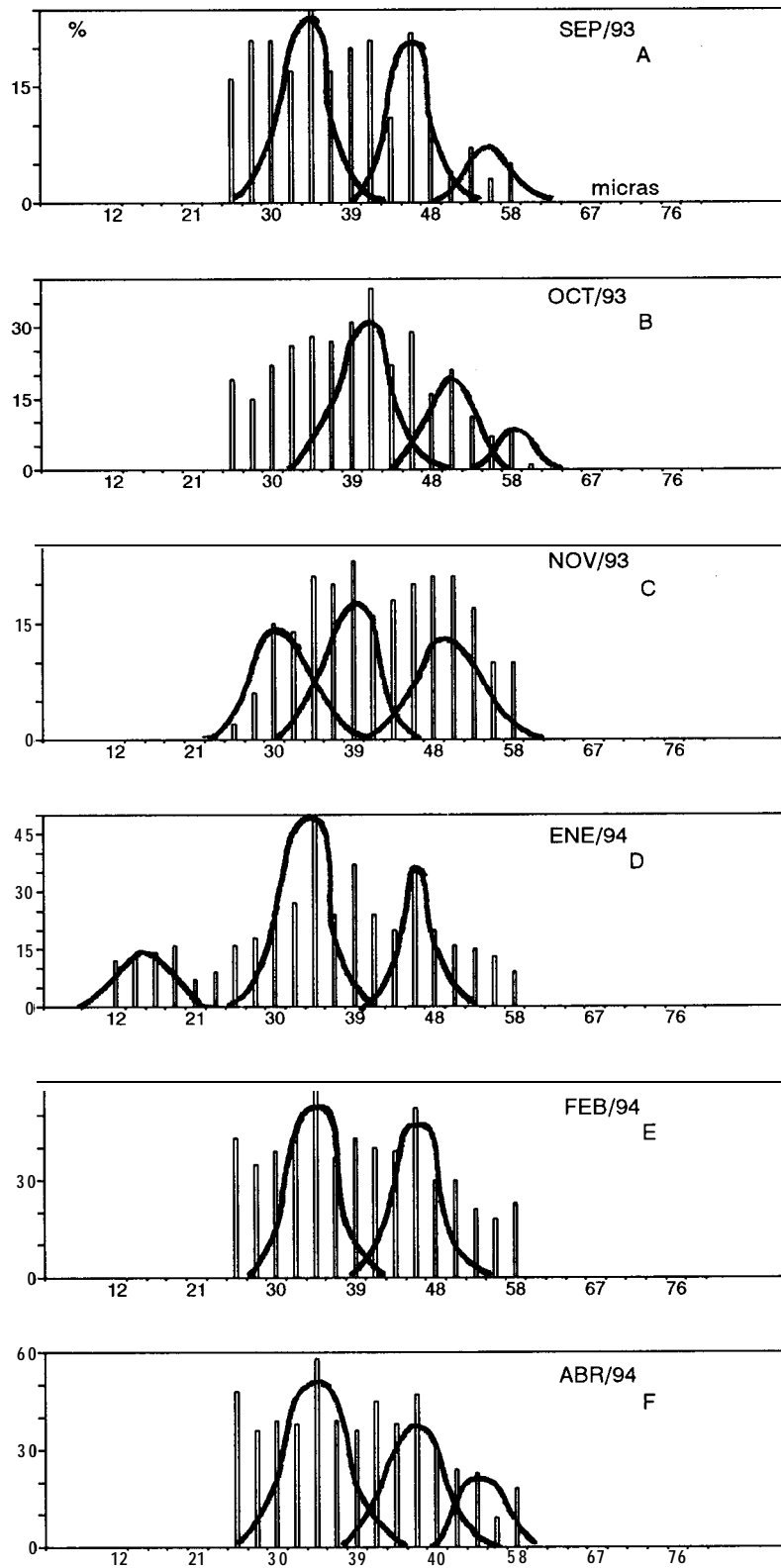


Fig. 18. Diámetro promedio de los ovocitos

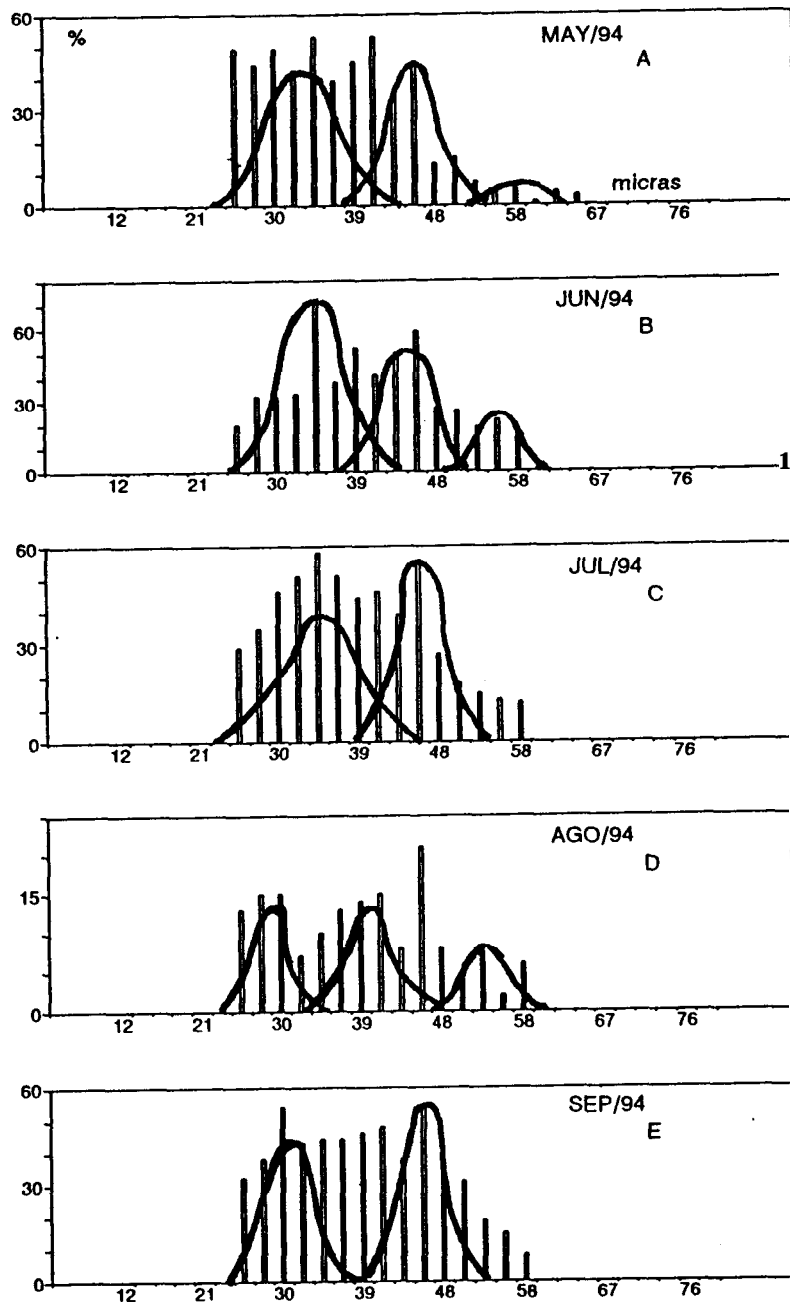


Fig. 19.. Diámetro promedio de los ovocitos

7. 10 Proporción sexual

Para este análisis se consideraron 1,749 ejemplares de *T. californianus*. 896 hembras (51%) y 853 machos (49%). En la tabla V se presentan las frecuencias de hembras y machos por mes, el total y el correspondiente valor de χ^2 . En este estudio en general se encontraron más hembras que machos, la proporción sexual total fue de 1.5 hembras por macho. En el análisis por mes se obtienen diferencias significativas de la proporción 1:1 en julio, septiembre, octubre y diciembre del 92; abril, septiembre y noviembre del 93; enero, febrero, abril, junio, agosto, noviembre y diciembre del 94.

Tabla V. Frecuencia de hembras, machos, valores de χ^2 y proporciones de *T. californianus* por mes. El asterisco (*) indica diferencia significativa.

AÑO	MES	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL	χ^2	PROPORCION
1992	J	44	48	92	0.17	0.92H:1M.
	J	42	21	63	7.00*	2.00H:1M
	A	31	21	52	1.92	1.48H:1M
	S	32	56	88	6.55*	0.57H:1M
	O	6	31	37	16.89*	0.19H:1M
	D	5	16	21	5.76*	0.31H:1M
1993	E	32	45	77	2.19	0.71H:1M
	F	45	38	83	0.59	1.18H:1M
	M	50	43	93	0.53	1.16H:1M
	A	65	35	100	9.00*	1.86H:1M
	M	45	33	78	1.85	1.36H:1M
	J	39	28	67	1.81	1.39H:1M
	J	25	30	55	0.45	0.83H:1M
	S	13	30	43	6.72*	0.43H:1M
	O	17	25	42	1.52	0.68H:1M
	N	31	8	39	13.56*	3.87H:1M
	1994	E	21	8	29	5.83*
F		76	20	96	32.67*	3.80H:1M
A		33	77	110	17.60*	0.43H:1M
M		59	41	100	3.24	1.44H:1M
J		63	37	100	6.76*	1.70H:1M
J		50	50	100	0.00	1.00H:1M
A		12	25	37	4.57*	0.48H:1M
S		42	46	88	0.18	0.91H:1M
O		18	9	27	3.00	2.00H:1M
N		0	9	9	9.00*	0
D		0	23	23	23.00*	0
TOTAL		896	853	1749	1.06	1.05H:1M

7.11 Indicadores de la condición

7.11.1 Índice de peso

Se eliminó el valor de junio de 92 debido a que es menor al 25%. El valor más alto se observa en el mes de febrero de 93 (51.7%) que corresponde a la gametogénesis, el más bajo en el mes de diciembre de 92 (40.2%) que corresponde a la fase de indiferenciación (Tabla VI).

Tabla VI. Índice de peso, media, desviación estándar y valores mínimos y máximos.

AÑO	ME	MEDIA	DE	MAX	MIN	MED+DE	MED-DI	
1992	J	42.8	7.9	58.4	29.2	50.7	34.9	
	A	46.1	5.1	58.0	36.6	51.2	41.0	
	S	49.1	7.0	62.1	34.2	56.1	42.1	
	O	45.0	8.4	60.5	33.3	53.4	36.6	
	D	40.2	5.2	49.0	31.3	45.4	35.0	
1993	E	44.1	6.5	55.9	33.3	50.6	37.6	
	F	51.7	4.8	62.6	37.1	56.5	46.9	
	M	45.6	6.0	53.6	31.4	51.6	39.6	
	A	46.7	6.1	56.2	32.5	52.8	40.6	
	M	47.7	7.9	58.4	31.0	55.6	39.8	
	J	47.4	6.0	54.6	35.0	53.4	41.4	
	J	49.4	6.2	59.6	37.3	55.6	43.2	
	A	44.9	6.0	54.8	32.4	50.9	38.9	
	S	45.4	6.6	56.0	30.4	52.0	38.8	
	O	47.9	5.8	56.0	33.1	53.7	42.1	
	N	49.0	4.1	53.6	37.5	53.1	44.9	
	1994	E	51.3	6.4	60.1	38.1	57.7	44.9
		F	51.0	4.9	57.6	39.1	55.9	46.1
A		49.0	9.2	54.5	24.6	58.2	39.8	
M		47.9	5.7	58.5	37.2	53.6	42.2	
J		47.9	5.3	58.2	35.7	53.2	42.6	
J		49.0	5.8	60.9	39.2	54.8	43.2	
A		44.0	4.9	49.8	35.5	48.9	39.1	
S		46.3	8.2	60.3	34.9	54.5	38.1	
O		48.6	6.8	57.1	29.2	55.4	41.8	
N		50.6	4.9	37.8	57.1	55.5	45.7	
D		51.3	4.2	37.9	57.4	55.5	45.7	

La tendencia del **índice** de peso en el área muestreada, presenta un comportamiento constante que oscila alrededor de un promedio de 45.96 % (Fig. 20)

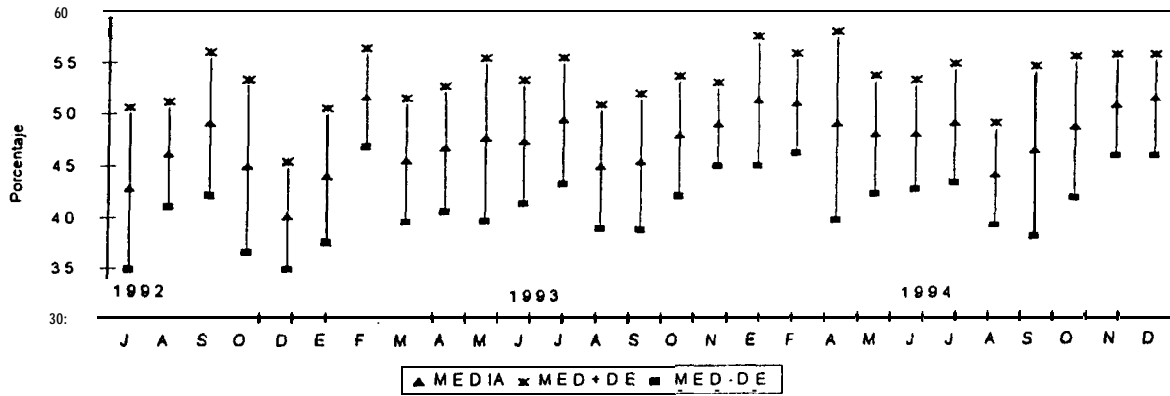


Figura 20. Media mensual y desviación estándar del índice de peso en *Tagelus californianus*.

7.11.2 Índice de condición de Fulton

También en este caso se eliminó el valor de junio de 92, La figura 21 muestra la variación del índice de condición en el periodo de muestreo. Los valores mínimos se observan en julio de 1992 (20%); febrero de 1993 (10%) y en octubre de 1994 (30%), los cuales corresponden a las fases de indiferenciación y gametogénesis. Los valores más altos estuvieron representados en enero (57%) de 1993, así como en abril (59%) y diciembre (65%) de 1994, los cuales corresponden a las fases de gametogénesis y desove parcial.

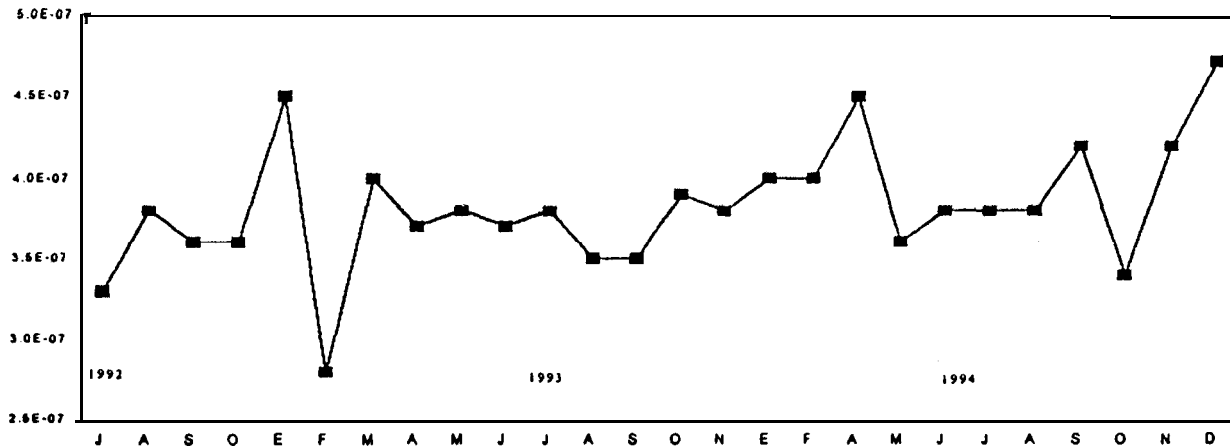


Figura 21. Gráfica de la variación mensual del **índice** de condición de Fulton.

Con respecto al **índice gonadosomático**, no se observa ninguna relación con el índice de condición (Fig. 22).

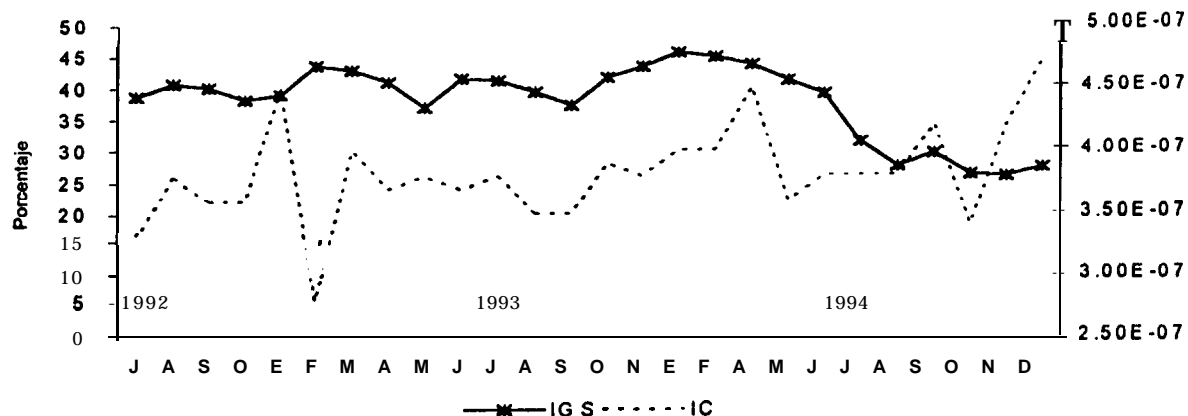


Figura 22. Relación entre el **índice** de condición de Fulton y el **índice** gonadosomático.

7.12 Variables ambientales

7.12.1 Temperatura superficial

Entre los datos de temperatura superficial del agua obtenidos de la NOAA y los registrados *in situ*, se observa una variación mínima. Durante el presente estudio, se registró solo la temperatura superficial del agua, si se considera que los ejemplares analizados se recolectaron entre los 0.5 y 2 m de profundidad, las variaciones en temperatura pueden ignorarse. En los meses de junio a octubre de 92 y 93 y julio a septiembre de 94, se presentan los valores más altos y los más bajos en el periodo de enero a abril de los tres años de estudio (Fig. 23) (Tabla VII).

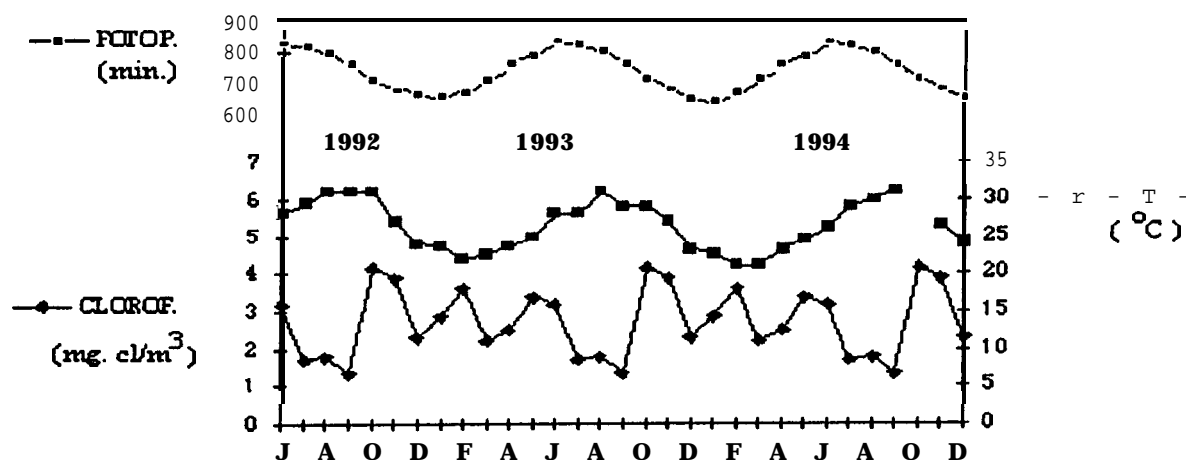


Figura 23. Variables ambientales, temperatura, fotoperíodo y clorofila.

Tabla VII. Variables ambientales, fotoperíodo, clorofila y temperatura

AÑO	MES	FOTOP. min.	CLOROF. mgcl/m ³	TEMPER. °C
1992	J	830	3.197	28
	J	815	1.712	29.5
	A	792	1.791	31
	S	755	1.358	31
	O	713	4.162	31
	N	677	3.884	27
	D	644	2.292	24
1993	E	641	2.868	23.5
	F	664	3.585	22
	M	703	2.232	22.5
	A	745	2.481	23.5
	M	785	3.376	25
	J	830	3.197	28
	J	815	1.712	28
	A	792	1.791	31
	S	755	1.358	29
	O	713	4.162	29
	N	677	3.884	27
	D	644	2.292	23
1994	E	641	2.868	22.5
	F	664	3.585	21
	M	703	2.232	21
	A	745	2.481	23
	M	785	3.376	24.5
	J	830	3.197	26
	J	815	1.712	29
	A	792	1.791	30
	S	755	1.358	31
	O	713	4.162	
	N	677	3.884	26.5
	D	644	2.292	24

7.12.2 Fotoperíodo

Respecto al fotoperíodo, en Puerto Balandra se presentan 13.83 horas luz (830 min.) como máximo en junio (verano) y un mínimo de 10.68 horas luz (641 min.) en enero (invierno). En la temporada primavera-verano (marzo a septiembre) se presentan los valores más altos de esta variable (Fig. 23) (Tabla VI).

7.12.3 Pigmentos fotosintéticos

En verano se presentan fluctuaciones en la concentración de clorofila que va de 1.358 a 3.197 **mg clorofila/m³**; en octubre, dicha concentración comienza a aumentar cuando la temperatura va disminuyendo, aproximadamente a 28° C (Fig. 23) (Tabla VII).

7.13 Relación de variables ambientales con estimadores de la reproducción

La relación encontrada entre las variables ambientales y los estimadores de la reproducción, mediante la correlación de rangos no paramétricos de Spearman se da en la Tabla VIII.

7.13.1 Relación entre el ciclo reproductivo y la temperatura del agua

Los individuos indiferenciados (36 %) fueron abundantes en octubre de 92 (31 °C), agosto de 93 (31 °C) y noviembre de 94 (26.5 °C), sin embargo, se presentaron en casi todo el período de estudio (Fig. 24).

La gametogénesis tuvo su máximo, de enero (65 %) a julio de 93 (49 %), a 23.5 °C y 28 °C, respectivamente y su mínimo, en octubre de 92 (0 %) y noviembre de 94 (5 %), a 31 °C y 26.5 °C, respectivamente (Fig. 24).

T. californianus inició el desove en agosto de 1992 y nuevamente en enero de 1994 cuando la temperatura promedio fue de 31 °C y 22.5 °C, respectivamente. El posdesove se presentó en poca magnitud en períodos breves en julio de 92 y junio (28 °C) hasta octubre (29 °C) de 93 (Fig. 24).

Tabla VIII. Correlaciones ordenadas de Spearman. El asterisco (*) indica una correlación significativa.

PAREJA DE VARIABLES	MUESTRA VALIDADA (N)	RANGO DE SPEARMAN (R)	t(N-2)	NIVEL DE CONFIANZA
Desove Parcial y Fotoperíodo	31	0.167	0.913	0.369
Desove Parcial y Clorofila	31	-0.017	-0.092	0.928
Desove Parcial y Temperatura	30	-0.330	-1.848	0.075
Diámetro de ovocitos y Fotoperíodo	31	0.128	0.696	0.492
Diámetro de ovocitos y Clorofila	31	-0.042	-0.229	0.821
Diámetro de ovocitos y Temperatura	30	-0.088	-0.467	0.643
Índice gonadosomático y Fotoperíodo	31	0.101	0.547	0.589
Índice gonadosomático y Clorofila	31	0.149	0.810	0.425
Índice gonadosomático y Temperatura	30	-0.190	-1.023	0.315
Índice de peso y Fotoperíodo	31	-0.129	-0.702	0.488
Índice de peso y Clorofila	31	0.193	1.061	0.297
Índice de peso y Temperatura	30	-0.183	-0.986	0.333
Gametogénesis y Fotoperíodo	31	0.337	1.930	0.063
Gametogénesis y Clorofila	31	-0.393*	-2.300	0.029
Gametogénesis y Temperatura	30	0.137	0.729	0.472
Posdesove y Fotoperíodo	31	0.291	1.640	0.112
Posdesove y Clorofila	31	-0.283	-1.586	0.124
Posdesove y Temperatura	30	0.432	2.531	0.017
Índice de condición y Fotoperíodo	31	-0.119	-0.647	0.523
Índice de condición y Clorofila	31	-0.002	-0.011	0.991
Índice de condición y Temperatura	30	-0.084	-0.444	0.660
Índice de condición y Desove parcial	31	0.375*	2.177	0.038
Índice de condición y diámetro de ovocitos	31	0.385'	2.244	0.033
Índice de condición e Índice gonadosomático	31	0.245	1.362	0.184
Índice de condición e Índice de peso	31	0.542*	3.470	0.002
Índice de condición y Gametogénesis	31	0.335	1.914	0.066
Índice de condición y Posdesove	31	-0.004	-0.021	0.984

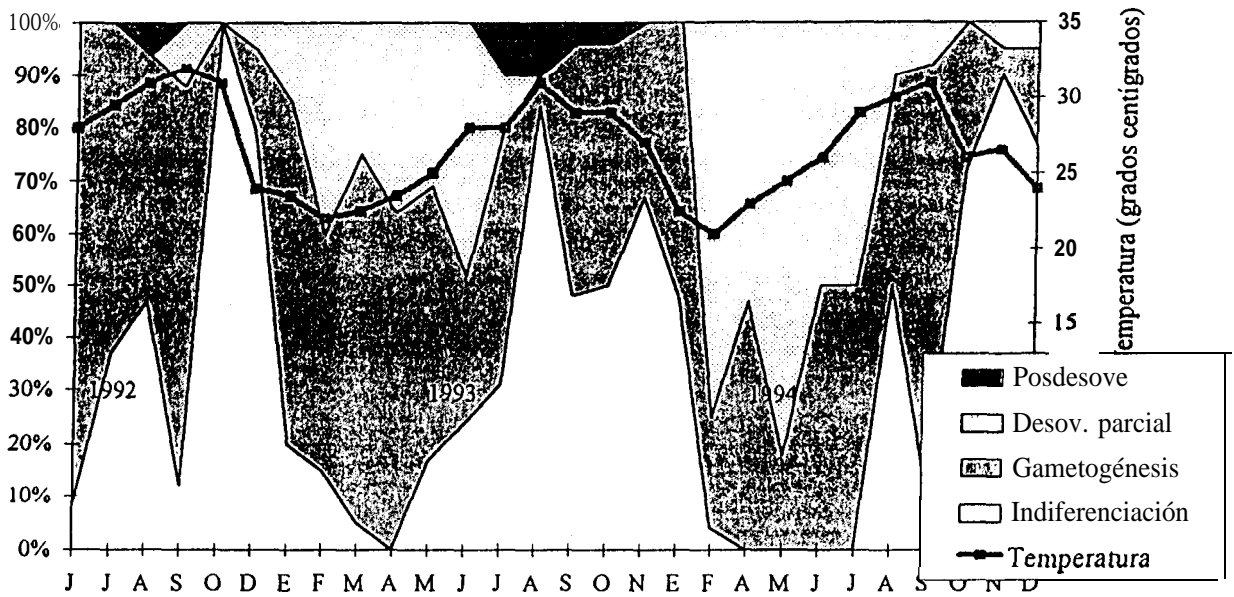


Figura 24. Relación entre el ciclo reproductivo de *Tagelus californianus* y la temperatura del agua.

Cuando se relacionaron los organismos parcialmente desovados con la temperatura (Fig. 25), se observó que cuando esta última es alta (septiembre 92, agosto 93 y septiembre 94), los valores correspondientes de los organismos parcialmente desovados fueron bajos. El desove parcial se incrementó cuando descende la temperatura a partir de enero, febrero y marzo a mayo y suele ampliarse hasta junio-julio).

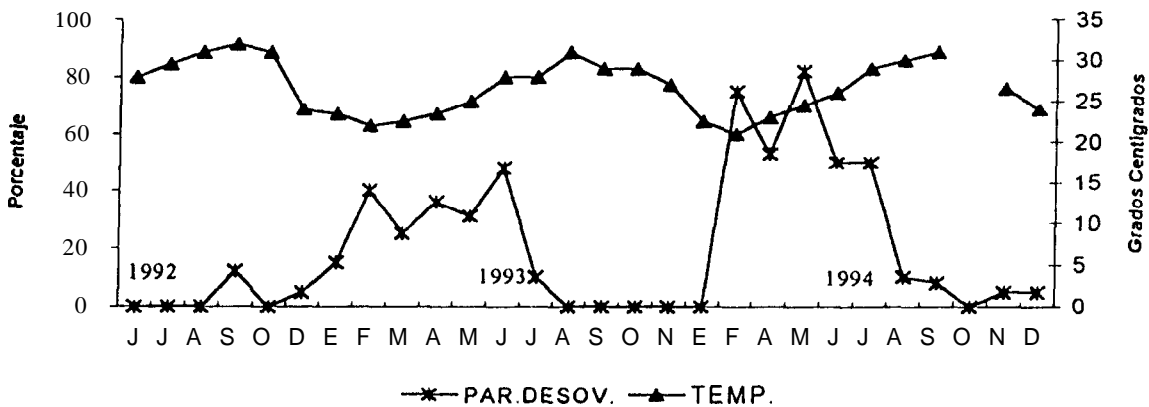


Figura 25. Relación entre los organismos parcialmente desovados y la temperatura del agua.

Al relacionar el **índice** gonadosomático (IG) con la temperatura promedio del agua, encontramos una correlación negativa no significativa, es decir, cuando los valores del IG van en aumento los de la temperatura del agua disminuyen (Fig. 26).

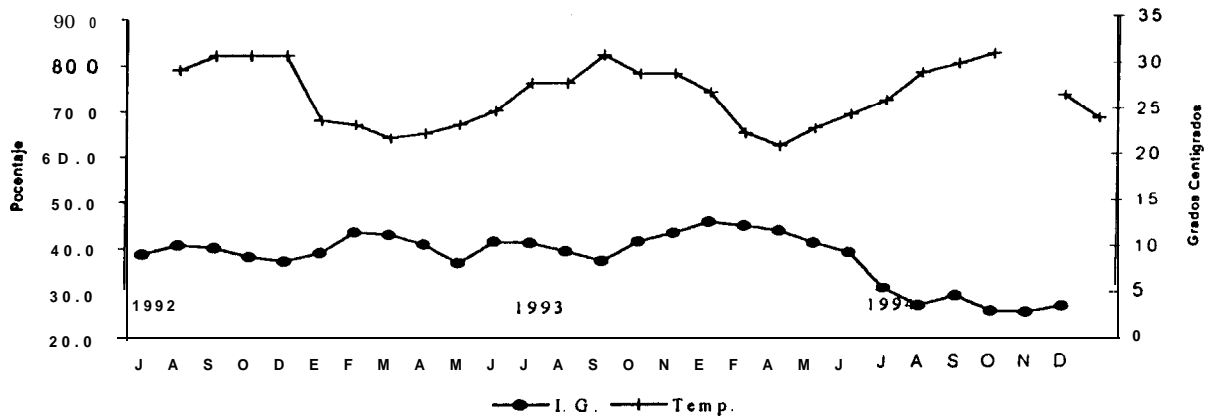


Figura 26. Relación entre el índice gonadosomático y la temperatura del agua.

7.13.2 Relación **entre** el ciclo reproductivo y el fotoperíodo

La correlación entre el ciclo reproductivo y el fotoperíodo no fue significativa. De acuerdo al análisis estadístico realizado en *T. californianus*, el fotoperíodo influyó ligeramente durante la gametogénesis, con la cual obtuvo un valor de 0.3374 con la prueba de Spearman (Tabla VIII), (Fig.27).

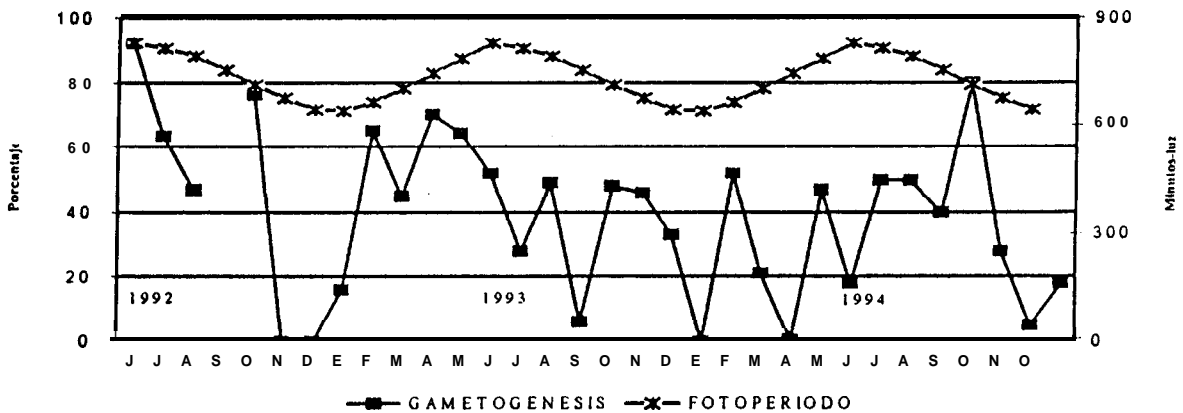


Figura 27 Relación entre la gametogénesis y el fotoperíodo.

7.13.3 Relación entre el ciclo reproductivo y los pigmentos fotosintéticos

En relación con los pigmentos fotosintéticos (clorofila), en octubre y noviembre, se presentan las concentraciones más altas de clorofila total, sobresaliendo las de octubre en donde se presenta un “floreCIMIENTO” de 4.162 mgcl/m³.

De acuerdo al análisis estadístico realizado, la clorofila tuvo una correlación negativa con las fases del ciclo reproductivo (Tabla VIII). La gametogénesis he la que tuvo el valor más alto con **-0.3927** unidades con la prueba de Spearman (Fig. 28).

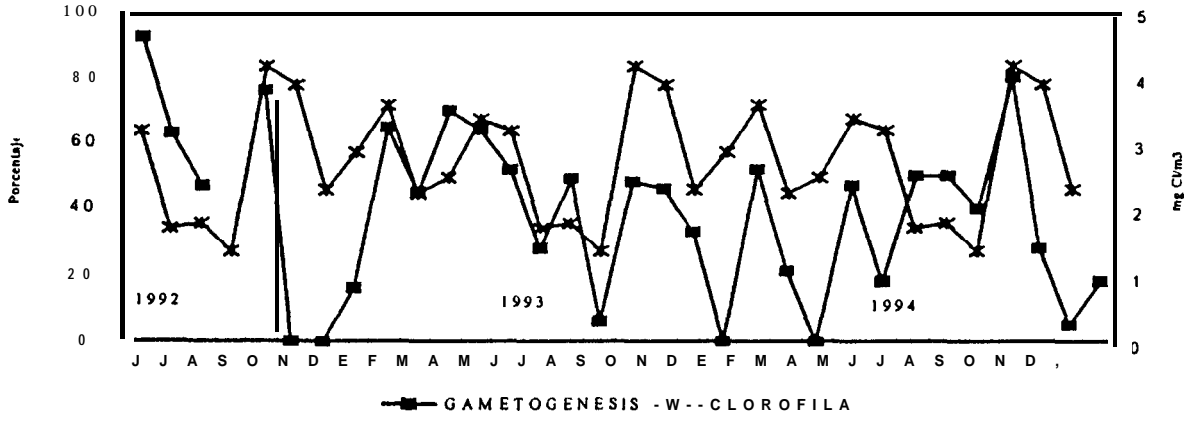


Figura 28. Relación entre la gametogénesis y la concentración de clorofila

8. DISCUSION

8.1 Ciclo reproductivo, índice gonadosomático, diámetro promedio mensual y características de los ovocitos

El patrón reproductivo de una población puede ser continuo durante un ciclo anual, o discreto, en cuyo caso puede ser bianual, anual o semestral (Giese y Pearse, 1974). La población de *T. californianus* en Puerto Balandra, presenta un patrón reproductivo continuo, con producción de gametos durante todo el período estudiado, sin embargo, se identificó una temporada de mayor actividad reproductiva durante el año (finales de invierno), lo que indica cierta estacionalidad en dicho patrón. Giese y Pearse (1974) mencionan que en una población con un patrón de reproducción continuo, es difícil que los individuos tengan una producción sucesiva de gametos, a través del año, sino que en cualquier momento, se encuentran organismos en distintas fases de desarrollo gametogénico. Lo anterior, coincide con las frecuencias de desarrollo gametogénico identificadas en *T. californianus*.

El hecho de que *T. californianus* no presente una temporada de reproducción única y masiva, parece indicar que de acuerdo con la condición de los organismos y características microclimáticas pueden realizar expulsión parcial o masiva de gametos. Los ejemplares que realizan expulsión parcial aparentemente continúan produciendo gametos sin pasar por una clara etapa posreproductiva, de reposo e indiferenciación, mientras que los que realizan expulsión masiva, con rotura de tejidos, pasan por una etapa de restauración de tejidos, con invasión fagocitaria que termina con reabsorción de gametos residuales, por consiguiente estos ejemplares pasan por una etapa posreproductiva e indiferenciación, ocasionalmente algunos gametos en el interior de los folículos pueden permanecer activos e incorporarse a la producción gametogénica de la siguiente temporada.

Las hembras inician la producción activa de gametos cuando se han recuperado y las condiciones ambientales son favorables, de acuerdo con las observaciones realizadas en este caso, pueden reiniciar la producción de gametos durante el posdesove, tal como menciona Villalejo-Fuerte (1992) para *Argopecten circularis*.

Los organismos de *T. californianus* en los que durante la realización del presente estudio no se pudo determinar el sexo (36%) porque su gónada no estaba diferenciada, se observaron prácticamente durante todo el período de estudio, de manera semejante a como ocurre en *T. divisus* (Fraser, 1967). Puede tratarse de ejemplares jóvenes inmaduros o como se ha mencionado en párrafos anteriores que realizaron una expulsión masiva y pasaron por la etapa posreproductiva

de restauración de tejidos y reabsorción de gametos que los condujo a esta etapa de indiferenciación.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de 1993 y 1994, puede haber una época de almacenamiento de material de reserva (otoño-invierno), que puede ser utilizado en la producción de gametos, razón por la cual su etapa de inicio de desarrollo no coincide con los meses de mayor disponibilidad de alimento (octubre-noviembre).

En *T. californianus*, las fluctuaciones del IGS no coincidieron con el período de desove. Esto probablemente se debió, a que al pesar la gónada ésta presenta además tejido muscular del pié y parte del aparato digestivo incluyendo glándula hepática. Los valores mas bajos de este **índice** se presentaron hacia finales de 1994, coincidiendo con la fase de indiferenciación.

El diámetro promedio de los ovocitos se ha empleado para estudiar el ciclo reproductivo de *Argopecten irradians* (Barber y Blake, 1981, 1983); *Modiolus modiolus* (Brown, 1984); *Mercenaria mercenaria* (Hesselman et al., 1989); *Glycymeris gigantea* (Villalejo-Fuerte et al., 1995); *Tapes philippinarum* y *T. decussatus* (Xie y Burnell, 1994) etc. En *M. mercenaria* los diámetros máximos de los ovocitos se observaron en el período de madurez y desove, y los diámetros mínimos correspondieron con la fase de desarrollo, aunque la variación en el diámetro promedio de ovocitos fue el resultado de la variabilidad entre individuos y en cada individuo (Hesselman et al., 1989). Del mismo modo, de acuerdo con Xie y Burnell (1994) en *T. philippinarum* y *T. decussatus* el diámetro promedio de los ovocitos correspondió con el ciclo gametogénico.

Para *T. californianus* se encontró que el diámetro promedio de los ovocitos no se correlaciona claramente con los períodos de desarrollo gonadal. Más bien, el hecho de que se presenten ovocitos con un intervalo de diámetros muy amplio, indica que hay una producción **continua** de gametos.

El registro de curvas polimodales en los 23 meses estudiados, en lo referente a longitud y diámetro de los ovocitos, sugiere que éstos presentan un crecimiento **continuo** y rápido en la población, con incorporación constante de nuevas células, lo que confirma que los ciclos gonádicos son **continuos**. También se puede inferir, por esta incorporación constante de células, una rapidez marcada en cada fase de desarrollo **gonadal** y un desarrollo asincrónico de las mismas.

En relación con las características de los ovocitos, en *T. californianus* se observó la presencia de una zona transparente o **corion** que rodea a los ovocitos cuando se encuentran en la etapa de

máximo desarrollo. Christiansen (1971) indicó que la zona translúcida que rodea a los ovocitos maduros de *Mesodesma mactroides* corresponde al corion. Giese y Pearse (1974) dicen que, en general, los ovocitos de los pelecípodos después de la etapa de crecimiento, son rodeados por una membrana denominada corion, formada por un polisacárido.

En cuanto a su morfología, Fraser (1967) describe para *T. divisus* ovocitos largos y uniformes de diciembre a mayo, e irregulares y “degenerados” durante todo el año. En *T. californianus* encontramos ovocitos poligonales alargados y uniformes durante todo el año y esféricos irregulares de enero a octubre.

8.2 Índice gonadosomático, índice de peso e índice de condición de Fulton

El **índice** gonadosomático (IGS) tal como se utilizó para este estudio, ha sido aplicado en *Argopecten circularis* por Tripp (1985) y Villalejo-Fuerte y Ochoa-Báez (1993), en *Arca pacifica* y *Cardita affinis* por Gorrostieta (1997) y en *Dosiniaponderosa* por Arreola-Hernández (1997).

Es conveniente considerar que al aplicar el IGS debe tomarse en cuenta que su uso no es ilimitado (Giese y Pearse, 1974). El peso total del organismo está afectado de diferentes maneras; por la cantidad de agua, el contenido de sustancias de reserva y por el mayor desarrollo del tejido muscular. Lo anterior conduce a cierto grado de imprecisión que obliga a hacer otras observaciones de manera simultánea, como **fue** el caso del **índice** de peso.

Al relacionar el IGS con el **índice** de peso, hubo una relación muy semejante. Esto indica que la variación estacional de almacenamiento y utilización de reservas energéticas, en relación con el ciclo gametogénico, es muy sutil, probablemente debido al tamaño pequeño de los gametos y a su producción **continua** y a que con cierta frecuencia, estos organismos solo realizan expulsión parcial.

Entre el IGS y el **índice** de condición tampoco hay una relación clara. Respecto a este último se acepta, de manera general, que las partes blandas de los moluscos bivalvos no crecen en proporción directa con la longitud de la concha, sin embargo, las medidas que relacionan el tamaño de la concha con el peso o volumen de las partes blandas son consideradas como buenos indicadores de la condición (Sakai, 1979; Ochoa-Báez, 1985).

En *T. californianus*, las variaciones del **índice** de condición no parecen estar influenciadas por el desarrollo gametogénico. Los valores más altos encontrados en diciembre del 94 fueron producto del peso total de los organismos, no así los de enero del 92 y abril del 93, los cuales fueron

producidos por la acumulación de gametos previa al desove parcial. Los valores más bajos están presentes en febrero de 93, mayo, julio y octubre de 94, durante el estadio de gametogénesis. No obstante, las variaciones en los valores del Índice de condición también pueden deberse al contenido de agua en las vísceras o a cambios en el volumen del tejido nutritivo. El contenido de agua en los tejidos puede variar con la condición de los organismos, tal como lo mencionan Giese y Pearse (1974). Las fluctuaciones del índice de condición están asociadas con el nivel nutricional o reproductivo de los moluscos (Searcy-Bernal, 1984).

Lo anterior sugiere que el índice de condición no se debe emplear como un indicador indirecto de la época de desove. Para determinar correctamente las fases de desarrollo gonadal es necesario llevar a cabo un examen microscópico de las gónadas, tal como lo sugiere (Villalejo-Fuerte *et al.*, 1995).

8.3 Proporción sexual

La proporción sexual en *T. californianus* se mantuvo más o menos constante en proporción de 1:1 para ambos sexos, lo cual es frecuente y ha sido señalado en *Dosinia discus* (Norton, 1947); *D. elegans* (Moore y López, 1970); *D. ponderosa* (Baqueiro y Stuardo, 1977; Arreola-Hernández, 1997); *Chione fluctifraga* (Martínez-Córdoba, 1988); *Mercenaria mercenaria* (Hesselman *et al.*, 1989); *Chione californiensis* (García-Domínguez y Levy-Pérez, 1991); *Chione cortezi* (Benet, 1996) y *Megapitaria squalida* (Villalejo-Fuerte *et al.*, 1996b). En *T. divisus*, Fraser (1967), encontró que la proporción de sexos es de 1:1 excepto en individuos mayores de 3.7 cm, donde los machos predominan en razón de 2.6:1. En el material examinado en este estudio se encontraron individuos indiferenciados, lo que parece indicar que los organismos adultos en la zona de estudio pasan por situaciones que los conduce a la reabsorción del material reproductivo residual.

Las observaciones histológicas de las gónadas en estadio de desove parcial de *T. californianus*, mostraron que en algunos folículos se había realizado expulsión parcial, mientras que en otras secciones de la misma gónada este proceso no se había realizado, lo que hace suponer que la gónada de esta especie en una temporada puede realizar varias expulsiones parciales. Esta emisión discreta de los gametos podría repetirse hasta producir la evacuación total de la gónada al final de la temporada de desove, como lo mencionan Villalejo-Fuerte y Ochoa-Báez (1993) para *Argopecten circularis*. En virtud de la constante generación de ovocitos en las gónadas femeninas y de las emisiones discretas de gametos, es probable la ocurrencia de más de un ciclo gametogénico por individuo durante el período de desove, esas emisiones se traducen en la

aparición de espacios vacíos en los folículos, como lo indican Salaya y Penchaszadeh (1978) para *Pecten papyraceus* en Venezuela.

8.4 Variables ambientales en relación con la reproducción

La temperatura se considera un importante sincronizador de la actividad reproductora en los moluscos (Giese, 1959; Sastry, 1963, 1966, 1975, 1979; Ropes, 1968; Saleuddin, 1965; Shafee y Daoudi, 1991), además de ser un factor que dispara el desove en algunos casos (Giese y Pearse, 1974). Las diferencias en el tiempo en que *T. californianus* presenta el grado máximo de desove se deben, sobre todo, a que los requerimientos de temperatura crítica que regulan la reproducción son diferentes a los de la gónada en gametogénesis y madurez (Heffernan et al., 1988; Hesselman et al., 1989).

Independientemente del método utilizado para determinar la maduración gonádica, se encontró que en Puerto Balandra la gametogénesis coincide con un ascenso de temperatura y el desove parcial y posdesove con bajas temperaturas e inicio de ascenso de las mismas. Las máximas temperaturas del año suelen coincidir con ejemplares en posdesove.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, los mayores **índices** de desove en los machos, se registraron en 1993 en febrero y abril, y en 1994 en febrero y mayo, mientras que las hembras en 1993, realizaron la expulsión en mayor porcentaje en junio y en 1994 esta se registró entre febrero y abril.

Lo mencionado con anterioridad parece señalar una mayor sensibilidad y capacidad de respuesta en los machos, y que las hembras expulsan sus gametos cuando la temperatura es la adecuada y se registra la presencia de esperma en el agua, fenómeno que ha sido descrito para otros moluscos.

En *T. californianus* se encontró una correspondencia entre la curva de temperatura y las frecuencias de los organismos en estadio de desove y posdesove, lo que sugiere que el aumento de temperatura durante el verano influyó directamente en la proliferación de gametos en el epitelio germinal.

En el área de estudio para *T. californianus* se encontró que los picos reproductivos coinciden con las temperaturas más bajas (22 °C), mientras que para *T. peruvianus* en el estuario de Punta Arenas, Rojas et al., (1988), concluyeron que la reproducción se lleva a cabo durante todo el año, con un pico máximo entre enero (26 °C) y febrero (25.5 °C).

El análisis histológico revela que en *T. californianus* la gametogénesis está directamente relacionada con la variación de la temperatura, tal como ocurre en *Chione californiensis* (García-Domínguez *et al.*, 1993), lo mismo que en *Megapitaria aurantiaca* (García-Domínguez *et al.*, 1994) y *Dosinia ponderosa* (Arreola-Hernández, 1997) en Baja California Sur, México, donde además el desove se presenta durante todo el año. El caso contrario se presenta en *Megapitaria squalida* (Villalejo-Fuerte *et al.*, 1996b) y *Dosinia ponderosa* (Baqueiro y Stuardo, 1977) en Guerrero, México, donde no se puede establecer una relación clara entre las variaciones de temperatura y la actividad gonádica, ya que ésta se lleva a cabo durante todo el año, independientemente de la temperatura. En *M. mercenaria* la temperatura induce al desove (Keck *et al.*, 1975; Manzi *et al.*, 1985) o si es demasiado alta, inhibe la gametogénesis (Hesselman *et al.*, 1989).

Respecto al fotoperíodo, éste ha sido señalado como un factor que influye en el ciclo reproductivo de los invertebrados (Giese y Pearse, 1974; Sastry, 1970, 1975 y 1979). En *T. californianus* parece estar relacionado con la prevalencia de individuos en fase de desove y posdesove. Entre febrero y junio se presentó un gran porcentaje de la población en fase de desove, en esos meses el fotoperíodo se mostró en franco ascenso. Posiblemente el fotoperíodo influye directa o indirectamente en el ciclo gametogénico a través de la temperatura.

En Puerto Balandra, *T. californianus* desova casi todo el año, pero con mayor intensidad a finales del invierno, lo que coincide con el inicio de las temperaturas altas.

De manera general, se ha asociado a la disponibilidad de alimento con el período en que se reproducen otros invertebrados marinos, ya que es una forma en que, en teoría, aseguran alimento para sus larvas (Thorson, 1950; Loosanoff, 1954; Giese, 1959; Bayne, 1965 y Sastry, 1966). Otros estudios han enfatizado la importancia de la disponibilidad de alimento en la distribución de los organismos (Bader, 1954); en el crecimiento de la gónada (Griffiths y King, 1979); en la energía fisiológica (Bayne y Newell, 1983) y en los ciclos de almacenamiento de energía y de reproducción (Emmet *et al.*, 1987).

En *T. californianus* el ciclo reproductivo se relaciona poco con la disponibilidad de alimento, expresada esta última como la concentración de pigmentos fotosintéticos (fundamentalmente clorofilas). Algunos meses en los que la gónada se encuentra en las fases de: gametogénesis (junio/92; marzo/93 y septiembre/94), desove (junio/93) y posdesove (agosto/92; julio y agosto/93), aparentemente coinciden con el período en que existen bajos niveles de alimento disponible en Puerto Balandra, por lo que es posible que el desarrollo gonádico esté más directamente relacionado con la temperatura. En Bahía Concepción *M. squalida* presenta el

desarrollo gonádico en los meses de mayor disponibilidad de alimento, esta especie se reproduce de abril a octubre (Villalejo-Fuerte et al., 1996b).

También la época de desove puede estar relacionada con la disponibilidad de alimento, muchos bivalvos tienden a desovar en períodos en los que el alimento está disponible para el desarrollo de la progenie (Bayne, 1976). DiSalvo et al., (1984) indujeron el desove en *Argopecten purpuratus* a 13 °C mediante un incremento en la concentración de fitoplancton en los tanques de cultivo. De este modo Wolff (1988) sugirió que las altas temperaturas, aunque favorecen la madurez y el desove en esta misma especie, pueden ser de menor importancia que la disponibilidad de alimento para un desove adecuado. En *Chlamys amandi* el período de desove también está relacionado con altas concentraciones de alimento más que con la temperatura (Jaramillo et al., 1993). En Puerto Balandra se observan tres períodos de máxima concentración de pigmentos fotosintéticos en febrero, mayo, octubre y noviembre. Es posible que esto influya en el desarrollo gonádico y en el almacenamiento de reservas alimenticias, pues se observa que en esos meses la muestra de *T. californianus* analizada presentó un número mayor de gónadas en gametogénesis y en desove. En otros bivalvos se ha observado que un incremento en la concentración de alimento disponible acelera el almacenamiento de nutrientes (Galtsoff, 1961; Gimazane, 1971; Sastry, 1966, 1968, 1970 y 1975), lo que sucede en este caso.

9. CONCLUSIONES

1. *Tagelus californianus* es un pelecípodo dioico, su sexo es identificable sólo mediante el análisis histológico de las gónadas.
2. El desarrollo sexual de las hembras no coincide con el de los machos.
3. No se observaron indicios de hermafroditismo.
4. El patrón reproductivo es rítmico.
5. En el caso de los machos no se encontraron organismos en estadio de posdesove, probablemente debido a que las almejas expulsan los gametos conforme van madurando, sin interrumpir la gametogénesis.
6. La reproducción de la especie ocurre con un desove principal a finales del invierno.
7. La gametogénesis se presenta durante todo el año.
8. El índice gonadosomático y la medida mensual del diámetro de los ovocitos no son los métodos adecuados para determinar la temporada reproductiva.
9. La condición más baja de los organismos se encontró durante el invierno, posiblemente como resultado de la reproducción.
10. La condición óptima de los organismos en la población se detectó durante el otoño.
11. No se observó una relación clara entre el fotoperíodo y la cantidad de clorofila con el desove.
12. La proporción sexual de la población es de 1: 1.

10. RECOMENDACIONES

Tradicionalmente en nuestro país, la explotación de los recursos naturales pesqueros conduce a que estos sean sobre-explotados. También, generalmente, la administración del recurso incluyendo prácticas acuaculturales se llevan a cabo cuando tal o cual recurso está seriamente disminuído. Por lo tanto se recomienda:

Diseñar métodos de colecta adecuados para el estudio del ciclo reproductivo en relación con la disponibilidad de alimento y otros factores como densidad, grupos de edad, tallas, profundidad, ciclos lunares y de mareas.

Realizar estudios de distribución, abundancia, crecimiento, alimentación, fecundidad y de dinámica de poblaciones (natalidad, reclutamiento y mortalidad), de organismos potencialmente explotables, para no perturbar la población existente una vez iniciada su explotación.

De acuerdo con el ciclo gonádico que aquí se describe, *Tagelus californianus* deberá ser protegida en primavera y verano.

11. BIBLIOGRAFIA

- Abbott, R. T. 1974. Sea **shells** of the world. Van Nostrand Reinhold Comp. New York. 5 16 p.
- Dirección General de Oceanografía. 1979. Estudio geográfico de la región de La Paz, B.C.S., México. Secretaría de Marina. 228 p.
- F. A. O. 1992. Anuario estadístico de pesca. Capturas y desembarques. F.A.O. Roma. Vol. 72. 654 p.
- SEMARNAP. 1996. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Anuario estadístico de pesca. México. 233 p.
- Arreola-Hernández, F. 1997. Aspectos reproductivos de *Dosinia ponderosa*, Gray 1838 (Bivalvia: Veneridae) en Punta Arena, Bahía Concepción, B. C. S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 85 p.
- Bader, R. G. 1954. The role of the **organic** matter in determining the distribution of pelecipods in marine sediments. Journal of Marine Reserches 13 :32-48.
- Baqueiro, E. y J. Stuardo. 1977. Observaciones sobre la biología, ecología y explotación de *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1835), *M. squalida* (Sowerby, 1835) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) (Bivalvia:Veneridae) de la Bahía de Zihuatanejo e Isla Ixtapa Gro., México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 4(1):161-208.
- Baqueiro, E., Peña, I.R. y Massó, J.A. 198 1. Análisis de una población sobre-explotada de *Argopecten circularis* (Sowerby, 183 5) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Ciencia Pesquera 1(2):57-65.
- Baqueiro, E., Massó, J.R. y Guajardo B.H. 1982. Distribución y abundancia de moluscos de **importancia** comercial en B. C. S. Serie Div. N° 11. SEPESCA. Inst. Nal. de Pesca. México. 25 p.

- Baqueiro, E., Muciño, M. y Merino, R. 1982. Análisis de una población de pata de mula, *Anadara tuberculosa* sujeta a explotación intensiva en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* (3):75-82.
- Baqueiro, E., J. A. Massó y A. Vélez B. 1983. Crecimiento y reproducción de una población de caracol chino *Hexaplex erythrostomus* (Swainson, 1831) de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* (4); 19-31.
- Baqueiro, E. 1984. Análisis de la pesquería de almejas y caracoles en Baja California Sur. En Mem. III Simposium sobre Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. México. 9-23.
- Baqueiro, E. y J. A. Massó. 1988. Variaciones poblacionales y reproducción de dos poblaciones de *Chione undatella* (Sowerby, 1835), bajo diferentes regímenes de pesca en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* (6):51-67.
- Baqueiro, E. 1989. Clam culture in Mexico: past, present and future. p 383-394. In: J.J. Manzi y M. Castagna (Eds.). Clam mariculture in North America. Elsevier Scientific Pub. Amsterdam.
- Baqueiro, E., A. Aviles Q., J. Massó R., M. Muciño D., P. Rogers N. y A. Vélez B. 1992. Manual de métodos de muestreo y evaluación de poblaciones de moluscos y otros recursos bentónicos. Secretaría de Pesca. México. 73 p.
- Barber, B. J. y N. J. Blake. 1981. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) and its southern distributional limit. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 52:121-134.
- Barnes, R. D. 1984. Zoología de los Invertebrados. 4ª Edición. Nueva Editorial Interamericana. México. 1157 p.
- Barber, B. J. y N. J. Blake. 1983. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) and its southern distributional limit. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 66:247-256.

- Bayne B. L. 1965. Growth and the **delay** of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2: I-47.
- Bayne B. L. 1976. **Aspects** of reproduction in bivalve molluscs. En: Estuarine processes, **Vol. 1:** Uses, stresses and adaptation to the **stuary**. M. Wiley (Ed.). Academic Press, New York. 432-448 p.
- Bayne B. L. y R. C. Newell. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. En: *The Mollusca*. Saleuddin, A. S. M. y K. M. Wilbur (Eds.). Academic Press, New York. 4(1):491-498 p.
- Benet, H. 1996. Ciclo reproductivo de la almeja *Chione cortezi* Carpenter, 1864 (Bivalvia: Veneridae) en la Reserva de la Biósfera “Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado”. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Baja California, México. 51 p.
- Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*. 23: 115-135.
- Brousseau, D.J. 1981. Spawning cycle and fecundity in a population of *Petricola pholadiformis* (Pelecypoda: Petricolidae) from Milford, Connecticut. *The Veliger* 24(1):56-61.
- Brown, R. A. 1984. Geographical variations in the reproduction of the horse mussel, *Modiolus modiolus* (Mollusca: Bivalvia). *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 64:751-770.
- Brusca, C. R. 1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. Univ. Arizona Press. U.S.A. 513 p.
- Cáceres-Martínez, C. C.A. Ruíz-Verdugo y M.C. Rodríguez-Jaramillo. 1990. Variaciones estacionales del **índice** gonádico y muscular de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. *Inv. Mar. CICIMAR* 5(1):1-6.
- Contreras, F. 1985. *Las lagunas costeras mexicanas*. Secretaría de Pesca (SEPESCA). México. 263 p.

- Christiansen, H. E. 1971. Estudio histológico del ciclo reproductivo de la almeja amarilla *Mesodesma mactroides* (Desh. 1854) en Mar Azul Argentina. Inst. Biol. Mar. del Plata (122):37-56.
- Daniels, W. W. 1982. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. Edit. Limusa. México D. F. 485 p.
- De Gregon, I., D. Delgado y H. Pinochet. 1994. Cadmium, lead, copper and mercury levels in fresh and canned bivalve mussels *Tagelus dombeii* (navajuelas) and *Semele solida* (almeja) from Chilean coast. Science of the Total Environment 148(1):1-10.
- DiSalvo, L. H., E. Alarcón, E. Martínez y E. Uribe. 1984. Progress in mass culture of *Argopecten purpuratus* with notes in its natural history. Revista Chilena de Historia Natural 57:33-45.
- Domínguez-Orozco, A.L. 1996. Aspectos ecológicos de los macromoluscos bentónicos en la Caleta de Balandra, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 56 p.
- Dowdy, S. y S. Wearden. 1991. Statistics for research. Wiley and Sons. p. 270-273
- Emmett, B., K. Thompson y J. D. Popham. 1987. The reproductive and energy storage cycles of two populations of *Mytilus edulis* (Linne) from British Columbia. J. Shellfish Res. 6(1):29-36.
- Farinat, E.A., S. Alliota y S.S. Gingberg. 1992. Mass mortality of a holocene *Tagelus plebeius* (Mollusca: Bivalvia) in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. Marine Geology 106(3/4):301-308.
- Félix-Pico, E.F. 1975. Primer informe preliminar del Programa de los Esteros de Enfermería, Balandra y Zacatecas en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Admon. de la Resid. de Acuac. en el Estado. 175 p.

- Félix-Pico, E.F. 1993. Estudio biológico de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Magdalena, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. México. 78 p.
- Fitch, J. E. 1953. Common marine bivalves of California. Calif. Fish and Game. Comm., Marine Fish Branch, Fish Bull., 90: 1 - 102.
- Flores-Andolais, A.F., C.A. García y G.A. Toledo. 1988. Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los moluscos de la Laguna de La Mancha, Ver. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 15(2):235-258.
- Fraser, T.H. 1967. Contributions to the biology of *Tagelus divisus* (Tellinacea: Pelecypoda) in Biscayne Bay, Florida. Bull. Mar. Sci. 17(1): 11-132.
- Galtsoff, P. S. 1961. Physiology on reproduction in molluscs. Amer. Zool. 1:273-289.
- García-Domínguez, F. y A. Levy-Pérez. 1991. Ciclo reproductor de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835) (Veneridae) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Rev. Invest. Cient. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 5(2):37-42.
- García-Domínguez, F. 1992. Distribución, abundancia, reproducción y fauna asociada de la almeja roñosa *Chione californiensis* en la Ensenada de La Paz, B.C. S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 76 p.
- García-Domínguez, F., G. García-Melgar y P. González-Ramírez. 1993. Ciclo reproductivo de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835), en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas 19(1): 15-28.
- García-Domínguez, F., S.A. García-Gasca y J.L. Castro-Ortíz. 1994. Spawning cycle of the red clam *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831) (Veneridae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, Mexico. J. Shellfish Res. 13(2):417-423.

- García-Domínguez, F., B. P. Ceballos-Vázquez y A. Tripp. 1996. Spawning cycle of the pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Pteridae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, Mexico. *J. Shellfish Res.* 15(2):297-303.
- Gardner, M. S. 1978. *Biología de los invertebrados*. Ed. Omega. Barcelona. 940 p
- Garza, A. M. y F. B. Ramírez. 1990. Ciclo reproductivo del mejillón *Modiolus capax* (Conrad, 1837) (Bivalvia, Mitylidae) en la Bahía de Los Angeles, Baja California, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol Univ. Nal. Autón. México.* 16(1):157-170.
- Giese, A. C. 1959. Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Annu. Rev. Physiol.* 21:547-576.
- Giese, C.A. y J.S. Pearse. 1974. *Reproduction of marine invertebrates*. Academic Press. New York. Vol.I. 344 p.
- Gimazane, J. P. 1971. Introduction á l'étude expérimentale du cycle sexuel d'un mollusque bivalve *Cardium edule*. L. Analyse des populations, évolution de la gonade et action de quelques facteurs: Nutrition, température, photopériode. Doctoral thesis, Univ. de Caen (U. E. R. des sciences de la vie et due comportement des etres vivants).
- Gorrostieta-Hurtado, E. 1997. Ciclo gonádico de *Cardita affinis*, Sowerby, 1833 y de *Arca pacifica*, Sowerby, 1833 (Mollusca: Bivalvia) en Punta Arena, Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 112 p.
- Grant, A. y R.A. Tyler. 1983a. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. *Inter. J. Inv. Rep.* 6:259-269.
- Grant, A. y R.A. Tyler. 1983b. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. II. The analysis of oocyte size/frequency data, and comparison of different types of data. *Inter. J. Inv. Rep.* 6:271-283.

- Griffiths, C. L. y J. A. King. 1979. Energy expended on growth and gonad output in the ribbed mussel *Aulacomya ater*. Mar. Biol. (Berlin) 53:2 17-222.
- Gray, P. 1958. Handbook of basic microtechnique. McGraw Hill. Toronto. 252 p.
- Gutiérrez, S.S. 1987. Geomorfología, agua y sedimento de la Caleta-Laguna de Balandra, B.C.S. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 55 p.
- Heffernan, P. B., R. L. Walker y J. L. Carr. 1988. The reproductive cycle of the hard clam *Mercenaria mercenaria*, in Wassaw Sound, Georgia. J. Shellfish Res. 8(1):51-61.
- Hesselman, D. M., B. J. Barber y N. J. Blake. 1989. The reproductive cycle adult hard clams, *Mercenaria* spp. in the Indian River Lagoon, Florida. J. Shellfish Res. 8(1):43-49.
- Hile, R. 1936. Age and growth of cisco *Leucichtys artedi* (Le Sueur) in the lakes of the northeastern highlands, Wisconsin. Bull. United States Bureau Fish. 48:209-317.
- Holguín-Quiñones, O. E. y A. C. González-Pedraza. 1994. Moluscos de la Franja Costera de Michoacán, Colima y Jalisco, México. Instituto Politécnico Nacional. 133 p.
- Humason, G.L. 1979. Animal Tissue Techniques. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 661 p.
- Jaramillo, R., J. Winter, J. Valencia y A. Rivera. 1993. Gametogenic cycle of the chiloé scallop (*Chlamys amandi*). J. Shellfish Res. 12:59-64.
- Johnson, M. E. y H. J. Snook. 1967. Seashore animals of the Pacific coast. Dover Publications, Inc. New York. 659 p.
- Keck, R. T., D. Maurer y H. Lind. 1975. A comparative study of the hard clam gonad developmental cycle. Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.) 148:243-258.
- Kellogg, J. L. 1915. Ciliary mechanisms of lamellibranchs with descriptions of anatomy. J. Morph. 26:625-701.

- Keen, A.M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. Stanford University Press. Stanford. 1025 p.
- Langton, R.W., W.E. Robinson y D. Schick. 1987. Fecundity and reproductive effort of sea scallops *Placopecten magellanicus* from the Gulf of Maine. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37:19-25.
- Lankford, R.L. 1977. *Coastal lagoons of Mexico their origin and classification*. UNESCO. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 215 p.
- Loosanoff, V. L. 1954. 'New advances in the study of bivalve larvae. *Am. Sci.* 42:607-624.
- Mackie, G. L. 1984. Bivalves, pp. 35 1-4 18. En: *The Mollusca*. Saleuddin, A. S. M. y K. M. Wilbur (Eds.). Vol. 7. Reproduction. Academic Press, New York. 486 p.
- Manzi, J.J., Bobo, M. Y. y Burrell, V.G. 1985. Gametogenesis in a population of the hard clam, *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus), in North Santee Bay, South Carolina. *The Veliger* 28(2):186-194.
- Martín del Campo, S.R. 1984. Etnomalacología mexicana antigua. En: *Mem. I Reun. Nal. Malacología y Conquiliología*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. México. 34-40.
- Martínez-Córdoba, L. R. 1988. Bioecología de la almeja negra *Chione fluctifraga* (Sowerby, 1853). *Rev. Biol. Trop.* 36:213-219.
- Maxwell, A. E. 1979. *Multivariate analysis in behavioural research*. Monographs on applied probability and statistics. Edit. Chapman and Hall, New York. 164 p.
- McLean, J.H. 1969. *Marine Shells of Southern California*. Science Ser. 24, Zool. N° 11. 87 p.
- Moore, H.B. 1932. A hermaphroditic sea urchin. *Nature* 130:59.
- Moore H. B. y N. N. López. 1970. A contribution to the ecology of the lamellibranch *Dosinia elegans*. *Bull. of Mar. Sci.* 20(4):980-986.

- Morris, R.H., D.P. Abbot y E. C. Haderlie. 1966. Intertidal invertebrates of California. Stanford Univ. Press, Stanford. 690 p.
- Noguera, O. y S. Gómez-Aguirre. 1972. Ciclo anual de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) (Lamelibranchia: Pinnidae) de La Paz, B. C. S. México. En: Memorias IV Congreso Nacional de Oceanografía. México. 273-283.
- Norton, O. H. 1947. Some ecological observations on *Dosinia discus* Reeve at Beaufort, North Carolina. Ecology 28(2): 199-204.
- Núñez-Esquer, O. 1975. Concentración de DDT en *Chione californiensis* de la parte norte del Golfo de California. Ciencias Marinas 2(1):6- 13.
- Ochoa-Báez, R.I. 1985. Antecedentes sobre el ciclo de reproducción de *Modiolus capax* (Conrad, 1837) (Bivalvia: Mytilidae) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR 2(2):86- 103.
- Ochoa-Báez, R.I. 1987. Aspectos de la biología del mejillón *Modiolus capax* (Conrad, 1837), en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 173 p.
- Ochoa-Báez, R.I., M. Villalejo-Fuerte y G. Garcia-Melgar. 1990. Una comparación de la reproducción de tres especies de bivalvos, *Modiolus capax* (Conrad, 1853), *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) y *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en la costa noroccidental de México. VIII Simposium Internacional de Biología Marina. Ensenada. México. Resumen.
- Peterson, C.H. 1977. Competitive organization of the soft-bottom macrobenthic communities of Southern California Lagoons. Mar. Biol. 43(4):343-359.
- Pohlo, R.H. 1973. Feeding and associated functional morphology in *Tagelus californianus* and *Florimetus obesa* (Bivalvia: Tellinacea). Malacología 12(1): 1- 11.
- Ponurovsky, S.K. y Y. M. Yakovlev. 1992. The reproductive biology of the japanese littleneck, *Tapes philippinarum* (A. Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae). J. Shellfish Res. 11(2):265-277.

- Prado-Ancona, J. D. 1998. Ciclo reproductivo de tres poblaciones de *Chione californiensis* Broderip, 1835 (Bivalvia: Veneridae) en Baja California Sur, México. Tesis de **Maestría**. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México 103 p.
- Ricketts, E. F., J. Calvin y J. W. Hedgpeth. 1968. *Between Pacific Tides*. Stanford University Press. Stanford, California. 572 p.
- Rodríguez-Jaramillo, M.C., C. Cáceres-Martínez y C. A. Ruiz-Verdugo. 1987. Resultados preliminares de la biología reproductiva de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en la Ensenada de La Paz, B.C.S. durante el período de septiembre de 1986 a octubre de 1987. En: Mem. 2° Cong AMAC 87.
- Rojas, J., C.E. Villalobos, F. Chartier y C.R. Villalobos. 1988. Tamaño, densidad y reproducción de la barba de hacha, *Tagelus peruvianus* (Bivalvia: Solercurtidae) en el Estero de Punta Arenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36(2B):479-483.
- Ropes, J. W. 1968. **Reproductive cycle in the surf clam, *Spisula solidissima* in offshore New Jersey.** *Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.)* 135:349-365.
- Russel, J.R. 1969. **Glosary of terms used in fluvial, deltaic and coastal morphology and processes.** Louisiana State University Press. U.S.A. 45 p.
- Sakai, K. 1979. **Scallop culture in Japan.** En: A review of the fishery biology of scallops. M. G. Mottet (Ed.). Was. Dep. Fish. Tech. Rep. 39: 101-187.
- Salaya, J. J. y Penchaszadeh, P. E. 1978. Contribución al conocimiento de la reproducción de la vieira *Pecten papyraceus* en Venezuela. II Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, México, 1978, 26 p.
- Saleuddin, A. S. M. 1965. The gonads and **reproductive cycle of *Astarte sulcata* (Da Costa) and sexuality in *A. elliptica* (Brown).** *Proc. Malacol. Soc. London* 36:229-257.
- Sastry, A. N. 1963. **Reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamark. Influence of temperature on maturation and spawning.** *Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.)* 125:146-153.

- Sastry, A. N. 1966. Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamark. Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.) 130:118-134.
- Sastry, A. N. 1968. Relationships among food, temperature and gonad development of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamark. Physiol. Zool. 41:44-53.
- Sastry, A. N. 1970. Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop *Aequipecten irradians* Lamark. Biol. Bull. 138:56-65.
- Sastry, A. N. 1975. Physiology and ecology of reproduction in marine invertebrates. En: Physiological ecology of estuarine organisms. F. J. Vernberg (Ed.). Univ. of South Carolina Press, p. 279-299.
- Sastry, A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). En: Reproduction of marine invertebrates. A. C. Giese y J. S. Pearse (Eds.). London Academic Press, New York, p. 113-292.
- Seed, R. 1983. Introduction, pp. 1-2. En: The Mollusca. Hochachka, P. W. y K. M. Wilbur (Eds.). Vol. 1. Structural organization, adaptative radiation, and classification of molluscs. Academic Press, New York. 5 10 p.
- Searcy-Bernal, R. 1984. Un estudio sobre la condición de la almeja pismo *Tivela stultorum* con datos de longitud y peso de la carne de capturas comerciales. Ciencias Marinas 9(2):19-30.
- Sevilla, M. L. 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1845). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 30:223-261.
- Shafee, M. S. y M. Daoudi. 1991. Gametogenesis and spawning in the carpet-shell clam, *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia), from the Atlantic Coast of Morocco. Aquacul. Fish. Manage 22:203-216.
- Shumway, S.E. 1991. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture: Elsevier. 2 1: 1095 p.

- Smith, J. T. 1991. Cenozoic Marine **Mollusks** and Paleogeography of the **Gulf** of California. En: Dauphin, J. P. y B. R. T. Simoneit (Eds.). *The Gulf and Peninsular province of the Californias*, A A P G Mem. **47:637-666**.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 832 p.
- Solís, W. 1982. Estudio de las poblaciones del macrobentos en áreas contaminadas de la Bahía de Marsella (Francia). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* **9(1):1-18**.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1991. Introduction to tropical fish stock assesment. Part 1. Manual. F.A.O. Fish. Tech. Pap. 306/1. Rome. 83-103 p.
- Spiegel, R. M. 1970. *Estadística*. Mc **Graw-Hill**. México. 357 p.
- Stuardo, J.V. y M. Villaroel. 1976. Aspectos ecológicos y distribución de los moluscos en las lagunas costeras de Guerrero, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* **3(1):65-92**.
- Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* **25: 1-45**.
- Tran, A. V., E. Smith, J. Hyon, R. Evans, O. Brown y G. Feldman. 1994. Satellite-derived multichannel sea surface temperature and phytoplankton pigment concentration data: A CD-ROM set containing monthly mean distribution for the global oceans (User's manual), Jet propulsion **Laboratory** DAAC, Pasadena, California. 32 p.
- Tripp, Q. A. 1985. Explotación y cultivo de la almeja **catarina** *Argopecten circularis* en Baja California Sur. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 267 p.
- Villalejo-Fuerte, M. 1992. Aspectos reproductivos de la almeja **catarina** *Argopecten circuiaris* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 97 p.

- Villalejo-Fuerte, M. y R.I. Ochoa-Báez. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con temperatura y fotoperíodo, en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 19(2): 181-202.
- Villalejo-Fuerte, M., F. García-Domínguez y R.I. Ochoa-Báez. 1995. Reproductive Cycle of *Glycymeris gigantea* (Reeve, 1843) (Bivalvia: Glycymerididae) in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *The Veliger* 38(2):126-132.
- Villalejo-Fuerte, M., B. P. Ceballos-Vázquez y F. García-Domínguez. 1996a. Reproductive cycle of *Laevicardium elatum* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Cardiidae) in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.* 15(3): 1-5.
- Villalejo-Fuerte, M., G. García-Melgar, R. I. Ochoa-Báez y A. García-Gasca. 1996b. Ciclo reproductivo de *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Santa Fé de Bogotá, Colombia. *Boletín Científico* (4):29-39.
- Wolf, M. 1988. Spawning and recruitment in the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 42:213-217.
- Xie, Q. y G. M. Burnell. 1994. A comparative study of the gametogenic cycles of the clams *Tapes philippinarum* (A. Adams and Reeve 1850) and *Tapes decussatus* (Linnaeus) on the south coast of Ireland. *J. Shellfish Res.* 13(2):467-472.