

MADUREZ SEXUAL E ÍNDICE DE CONDICIÓN EN UNA POBLACIÓN DEL MEJILLÓN DE FONDO *MODIOLUS SQUAMOSUS* (MOLLUSCA, BIVALVIA) EN TOCUCHARE, GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA

SEXUAL MATURITY AND CONDITION INDEX IN A POPULATION OF MUSSEL *MODIOLUS SQUAMOSUS* (MOLLUSCA, BIVALVIA) IN TOCUCHARE, GULF OF CARIACO, VENEZUELA

Antulio S. Prieto¹, María Sol Flores¹ y Cesar Lodeiros².

¹Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente. Apdo. 245, Cumaná, Venezuela.

²Departamento de Biología Pesquera. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Cumaná, Venezuela.

RESUMEN

Se analizó la variación del índice de engorde y la madurez sexual en muestras mensuales del mejillón de fondo *Modiolus squamosus* colectados desde marzo de 1990 hasta abril de 1991 en la población de Tocuchare, golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela. Durante todo el período se determinó la presencia de ejemplares maduros y desovados con picos de desove en febrero, junio-julio y octubre. Existe un período de intensa maduración y desove desde enero hasta agosto y otro desde septiembre a diciembre con altas frecuencias de estadios de desove total y regresión. La variación del índice de engorde se corresponde con la actividad reproductiva y presentó un promedio de $35,20 \pm 4,62$ %. La proporción sexual promedio para el período fue equilibrada 1:1 aunque hubo un predominio de machos en los ejemplares de menor talla (6,0- 28,0 mm)

Palabras clave: Madurez sexual, índice de condición, población, reproducción, mejillón, *Modiolus squamosus*.

ABSTRACT

The mean condition index and gonadal maturity in *Modiolus squamosus* was studied from march, 1990 to april 1991 in a population of Tocuchare, Gulf of Cariaco, state Sucre, Venezuela. Sexually mature and spawning individuals are found throughout the year, however spawning activity was highest in February, June and July. There is an intense period of gametogenesis and spawning from January to August, and other from September to December with high frequencies of stages of total spawning and spent. The variation of mean condition index was 35.20 ± 4.62 % and was accord with reproductive activity. The total mean sex ratio was 1:1, however, males were more abundant in mussel of 6.0 - 28.0 mm class.

Key words: Sexual maturity, condition index, population, reproduction, mussel, *Modiolus squamosus*.

INTRODUCCION

El género *Modiolus* comprende un importante grupo de bivalvos marinos de la familia *Mytilidae* de amplia distribución en aguas templadas y tropicales donde ocupa una gran diversidad de hábitáculos.

El mejillón de fondo *Modiolus squamosus*, es una especie de hábitos sublitorales muy común en algunas localidades del golfo de Cariaco, donde vive sobre fondos arenosos y fangosos cubiertos por la fanerógama *Thalassia testudinum* planta que

le sirve para protegerse de depredadores. La especie coexiste con otros bivalvos como *Anadara notabilis*, *Trachycardium muricatum*, *Trachycardium isocardia*, *Chione cancellata*, *Ostrea equestris*, *Codakia orbicularis* y los gasteropodos *Fasciolaria tulipa*, *Murex brevifrons*, *Phyllonotus pomum* y *Turritella variegata* entre otras, en una comunidad relativamente compleja en organización que se extiende desde 0,5 hasta 3,0 m de profundidad.

En *Modiolus squamosus* se conocen reportes sobre producción secundaria global (Prieto *et al.* 1985) y crecimiento (Pereira *et al.* 1988), sin

MADUREZ SEXUAL E ÍNDICE DE CONDICIÓN DE *MODIOLUS SQUAMOSUS*

Tabla 1. Estadística descriptiva de *Modiolus squamosus* en la localidad de Tocuchare, golfo de Cariaco, Venezuela.

Parámetro	Promedio	D.E	C.V.	Máximo	Mínimo
Lt (mm)	59,82	12,61	21,07	88,52	3,82
A (mm)	23,16	7,42	32,03	39,78	2,24
G (mm)	16,20	5,85	36,11	25,32	1,72
Pt (g)	7,86	3,85	48,98	22,27	0,23
VCF (ml)	3,17	1,23	38,80	7,91	0,04
PCS (g)	0,73	0,31	42,46	1,51	0,01
VIV(ml)	15,85	5,08	32,05	36,56	0,08

D.E. = Desviación estándar; C. V. = Coeficiente de variación

embargo a pesar de la importancia que presenta en el macrobentos de las comunidades de macrofitas del Nororiente de Venezuela, es poco lo que se conoce sobre otros aspectos de su biología que permitan evaluar el potencial como recurso aprovechable. Por estas razones en el presente trabajo se analizó la madurez sexual y el índice de condición de una población de *Modiolus squamosus* en la localidad de Tocuchare, golfo de Cariaco, estado Sucre.

MATERIALES Y METODOS

Los ejemplares de *Modiolus squamosus*, fueron colectados mensualmente desde marzo de 1990 hasta abril de 1991, utilizando un muestreo aleatorio simple en la localidad de Tocuchare, situada al sur del Golfo de Cariaco, Venezuela (10° 26' 40" L.N. y 64° 00' 50" L.O). Las características ecológicas de esta área fueron descritas por Prieto (1980a). A los ejemplares capturados se les determinaron los siguientes parámetros de la concha: longitud total (Lt), altura (A) y grosor (G) con una precisión de 0,01 mm; volumen carne fresca (VCF), volumen intravalvar (VIV), peso carne seca (PCS) y peso total (Pt) que incluye el tejido húmedo y las valvas.

El VCF se obtuvo por desplazamiento del agua en un cilindro graduado de apreciación 1 ml, el VIV por diferencia entre el volumen total del mejillón y el volumen de las valvas. El PCS se determinó por

deshidratación del tejido húmedo en una estufa a 80° C por 24 horas con una precisión de 0,001 g (Pereira *et al.* 1988).

Los parámetros morfométricos se analizaron determinando el promedio (X), la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (C.V.= DE / X x 100) que es una medida relativa de la variabilidad de una muestra. En las regresiones de la longitud total (Lt) con la altura (A) y grosor (G) se determinó el coeficiente de correlación que indica el grado de dependencia entre las variables (Sokal y Rohlf 1979).

La relación peso total (Pt) y longitud total (Lt) se analizó para ambos sexos utilizando el análisis de pendientes de la ecuación alométrica $Pt = a Lt^b$.

El sexo y el estado de madurez sexual de cada ejemplar se determinó por frotis gonadal y observación microscópica de gónadas procesadas histológicamente con la técnica de hematoxilina eosina, utilizando la escala de Joseph y Madhysta (1982) modificada que contiene 5 etapas para estadios hembras (FD1, FD2, FD3, FR1 y FR2) y 4 para machos (MD1, MD2, MR1 y MR2), con una etapa de indeterminación (I). Para el estudio de la proporción de sexos, la población fue separada en 4 grupos arbitrarios de talla: I (6,0-28,0 mm), II (28,01-50,0 mm), III (50,01-72,0 mm) y IV (> 72,01 mm).

El índice de condición se determinó utilizando las expresiones $I.C = VCF/VIV \times 100$ y $I.C = PCS/VIV \times 100$. Estos se calcularon según el

procedimiento de Baird (1958) y utilizado por Velez (1971) con un número de muestras mensuales que varió entre 23 y 50 ejemplares comprendidos en dos grupos de tallas (28,01-50,01 y 50,01-72,0 mm). El análisis de los promedios mensuales del primer índice en los dos grupos de tallas se realizó utilizando un anova simple (Sokal y Rohlf 1979).

RESULTADOS

Durante la realización del presente trabajo se colectaron 537 individuos. El análisis de los parámetros morfométricos indicó que la variable mejor ajustada para la descripción de la especie fue la longitud (Lt), dado la escasa variabilidad que presentó (CV=21,07). Las regresiones entre este con los otros parámetros (A y G), presentaron coeficientes de correlación que oscilaron entre 0,725 y 0,924 por lo que explican satisfactoriamente los valores dependientes, siendo significativamente altos a un valor crítico de $\pm 0,578$ ($P < 0,05$) (Tabla 1).

La población está compuesta en un 70 % por

individuos mayores de 50 mm de Lt y los mejillones comprendidos entre los intervalos 0,0-10,0 y de 80,0-90,0 mm representaron el 5,3 % y el 2,5% respectivamente, con un rango de variación que osciló entre 4,30 y 86,40 mm de Lt.

Se colectaron 280 machos y 257 hembras, y la proporción de sexos durante todo el período no presentó diferencias significativas ($X^2 = 0,93$; $P > 0,05$); sin embargo en el intervalo 6,0- 28,0 mm hubo un predominio significativo de machos ($X^2 = 4,3$; $P < 0,05$). En relación a los meses de muestreo, los machos dominaron en enero, febrero y marzo de 1991 y las hembras en la mayoría de las colecciones realizadas en 1990 (Figura 1). De acuerdo a las clases de tallas, la proporción de machos fue significativamente mayor en el intervalo 6,0 - 28,0 mm, no obstante en las clases de mayor tamaño (50,01 - 72,0 y $> 72,0$ mm) predominaron las hembras (Figura 2).

La relación Lt - Pt para ambos sexos no presentó diferencias significativas, lo que permitió establecer la ecuación común $Pt = 3,9 \times 10^{-5} Lt^{3,12}$

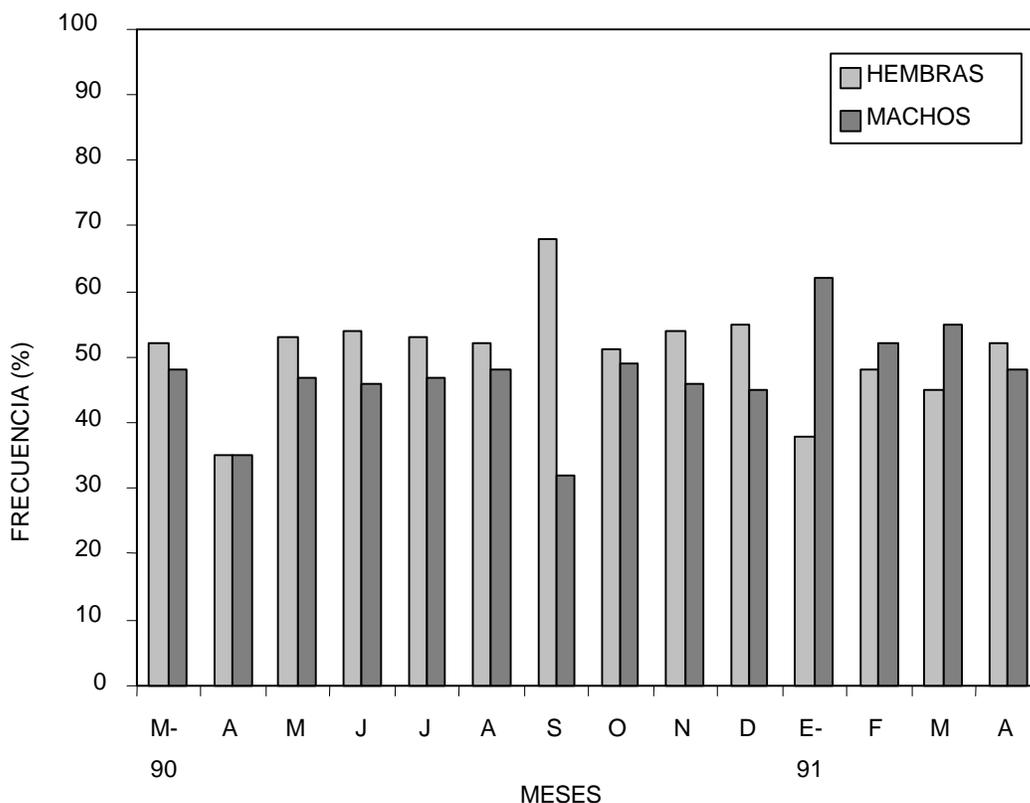


Figura 1. Proporción sexual por mes de *Modiolus squamosus* en la localidad de Tocuchare, golfo de Cariaco, Venezuela (marzo 1990 a abril 1991).

MADUREZ SEXUAL E ÍNDICE DE CONDICIÓN DE *MODIOLUS SQUAMOSUS*

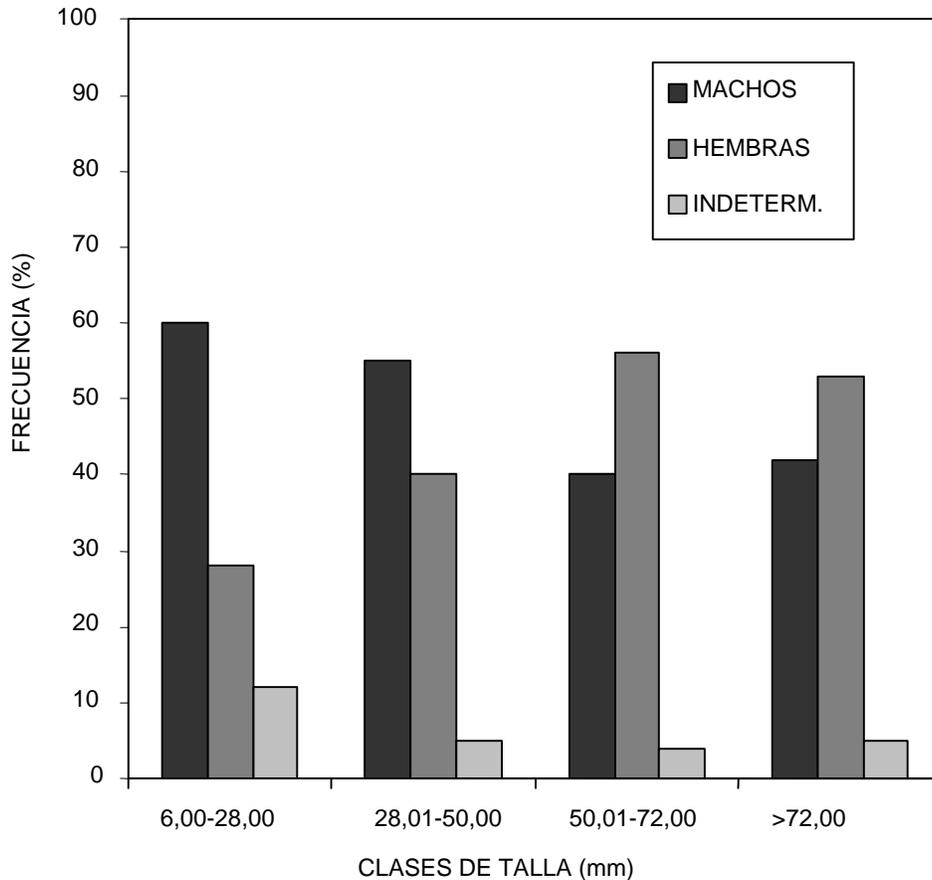


Figura 2. Distribución de frecuencia de talla de *Modiolus squamosus* en la localidad de Tocuchare, golfo de Cariaco, Venezuela (marzo 1990-abril 1991)

con un coeficiente de correlación (r) de 0,945 ($P < 0,05$).

Los mayores índices de condición promedios (basados en peso fresco) se determinaron en el grupo de talla (28,0-50,0 mm), aunque no se observaron diferencias significativas ($F_s = P < 0,05$). Estacionalmente, se observaron tres períodos con disminuciones en el índice de engorde: junio-julio 1990, octubre-noviembre 1990 y enero 1991, siendo en octubre-noviembre 1990 donde se observaron los valores más bajos en los grupos de tallas (Tabla 2).

Los máximos valores ocurrieron en abril y agosto de 1990 y marzo de 1991. La variación del otro índice de condición basado en el peso seco, mostró las mismas tendencias con valores bajos en octubre-noviembre 1990.

La variación mensual del desarrollo gonadal en *Modiolus squamosus* basada en la escala modificada de Joseph y Madhystha (1982), señala

la presencia de individuos con diferentes estadios de maduración sexual en todos los meses analizados, observándose picos de madurez (marzo-abril 1990 y enero 1991) y picos de desove total (junio-julio 1990 y octubre - noviembre 1990) (Figura 3). Los estadios de madurez total (FD3 y MD2) en hembras y machos respectivamente fueron los que más se observaron durante todo el período de estudio, disminuyendo su registro en junio - julio 1990 y octubre - noviembre 1990. El estadio de desove parcial (FR1 y MR1) fue el segundo en proporción, acompañando siempre a los estadios anteriores y presentando altos porcentajes en junio - julio 1990 y entre diciembre 1990 y enero 1991.

Los estadios de inactividad sexual presentaron bajas frecuencias con máximos valores en junio - julio 1990, y octubre - noviembre 1990, acompañando siempre a los períodos de desove total y regresión gonadal. En estos meses se observó la presencia de fagocitos que fueron más abundantes en el último

Tabla 2. Promedios de los índices de condición en las clases de tallas II (28,01 – 50,0 mm) y III (50,01 – 72,0mm) de *Modiolus squamosus* en Tocuchare, golfo de Cariaco, Venezuela, desde marzo 1990 hasta abril 1991.

Meses	VCF/VIV x 100		PCS/VIV x 100	
	II	III	II	III
Marzo-1990	36,20	37,50	4,15	4,22
Abril	28,13	37,28	3,98	4,36
Mayo	37,52	37,16	4,02	3,94
Junio	34,35	33,23	3,08	2,85
Julio	32,16	31,53	2,62	2,93
Agosto	36,72	38,81	3,19	3,65
Septiembre	33,24	31,28	3,02	3,27
Octubre	22,51	24,53	2,03	2,09
Noviembre	24,18	23,82	2,98	3,15
Diciembre	29,53	28,25	4,03	3,98
Enero-1991	34,58	35,29	4,12	4,16
Febrero	35,19	34,52	4,26	4,13
Marzo	36,51	35,27	3,91	4,08
Abril	35,56	36,12	3,72	3,92

período (Figura 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo indican que *Modiolus squamosus* presenta una actividad reproductiva continua durante todo el año y concuerdan parcialmente con los señalamientos previos de Flores (1981), quien utilizó una escala de madurez sexual diferente para cada sexo. Se observaron etapas de maduración y desove parcial desde enero hasta agosto y una disminución de la actividad gonadal desde septiembre hasta diciembre, caracterizado por altas frecuencias de estadios de desove total y regresión gonadal. Por otra parte, no existe sincronización en los estadios de madurez sexual y es frecuente encontrar folículos con diferentes estadios de maduración y desove en un mismo individuo. Esta característica ha sido ya reportada en *Crassostrea rizophorae* (Velez 1976)

Tivela mactroides (Prieto 1980b) y *Arca zebra* (Nakal 1980) en costas venezolanas y coincide con lo señalado por Giese (1959) y Villalobos (1980), quienes indican que en los trópicos los invertebrados marinos se caracterizan por presentar desoves prolongados la mayor parte del año. En áreas templadas por el contrario, existe una sincronización en las fases de maduración originado por los gradientes de temperaturas de los marcados cambios estacionales que se suceden.

En *Modiolus squamosus* la hembra más pequeña que presentó signos de evacuación gonadal midió 25,0 mm de Lt, en otras especies tropicales del género *Crassostrea* la maduración ocurre a menores tallas (Velez 1976, Pacheco *et al.* 1983). Aunque en los mejillones comprendidos en el grupo de tallas 6,0 - 28,0 mm Lt dominaron los machos, la proporción sexual no se alejó significativamente de la relación 1:1; que es una característica de la familia

MADUREZ SEXUAL E ÍNDICE DE CONDICIÓN DE *MODIOLUS SQUAMOSUS*

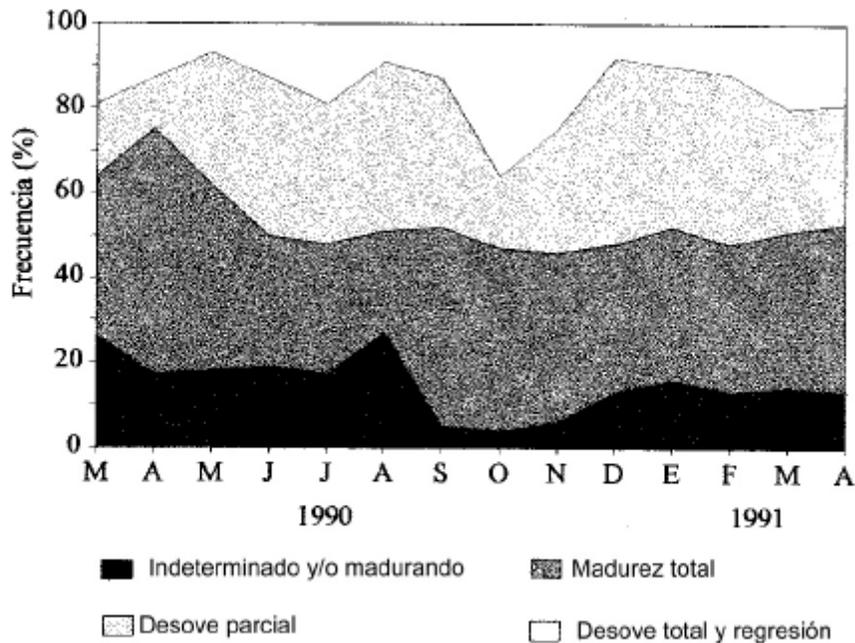


Figura 3. Variación mensual de desarrollo gonadal de *Modiolus squamosus* en la localidad de Tocuchare, golfo de Cariaco, Venezuela.

Mytilidae, sobre la cual no existen reportes de inversión sexual como en ostras y arcidos (Littlewood y Gordon 1988, Nakal 1980).

De acuerdo a Pereira *et al.* (1988), *Modiolus squamosus* es una especie de mayor longevidad que otros mitilidos tropicales como *Perna perna* (Berry 1978) y *Perna viridis* (Sreenivasan *et al.* 1989) y la relación Lt - Pt obtenida, describe un crecimiento de tipo alométrico que es característico de muchas especies tropicales (Caballero *et al.* 1997).

La fluctuación del índice de condición presentó las mismas tendencias en los grupos de talla analizados y el promedio global fue ligeramente menor al de *Perna perna* (Velez 1971), pero mayor al de *Crassostrea columbiensis* (Caballero *et al.* 1997). Sin embargo, no se observó disminución del índice con el aumento de la talla de los mejillones, como se ha reportado para otros bivalvos con biso que crecen apiñados, (*Mytilus edulis*, *Arca zebra*), en los cuales según Galtsoff (1964) tal condición ocasiona un escaso desarrollo del espacio intervalvar. En *Modiolus squamosus* no se da esta situación ya que los grupos agregados son de baja densidad (Prieto *et al.* 1985).

Los altos índices de condición observados desde marzo hasta mayo de 1990, diciembre de

1990 y desde enero hasta abril de 1991, coinciden con la época de mayor biomasa y producción secundaria total de la población en la misma localidad a pesar del bajo reclutamiento que presenta (Prieto *et al.* 1985). Las disminuciones del índice están relacionadas principalmente con el desove, debido a que los órganos sexuales en los mejillones representan una alta proporción de las partes blandas; probablemente los cambios bruscos observados son causados por la formación y pérdida de gametos por desove, o por reabsorción de los mismos. Hacen falta sin embargo, estudios sobre la presencia de larvas en el plancton para confirmar la última hipótesis.

Las fluctuaciones en la madurez sexual y el índice de condición en la especie están relacionadas con las variaciones de los parámetros ambientales de la zona. Así los procesos de intensa gametogénesis y altos valores de los índices observados desde diciembre hasta mayo de 1990, concuerdan con los meses de mayor productividad en el área, que se corresponden con el período de surgencias dentro del golfo de Cariaco caracterizado por aguas de bajas temperaturas y altos valores de nutrientes, oxígeno y biomasa fitoplanctónica (Ferraz - Reyes 1989, Lodeiros y Himmelman 1994). La disminución del índice y el

desove ocurrido en junio - julio de 1990, coinciden con el período de transición a la estación de lluvias con aumentos de temperatura y disminución de la salinidad; el aumento del índice gonadal observado en agosto de 1990, concuerda con un aumento de los estadios de maduración, que podría explicarse en base a la utilización de reservas energéticas acumuladas en la glándula digestiva u otros tejidos en períodos previos como ha sido señalado en especies de pectínidos (Barber y Blake 1981), o bien por el uso de otras fuentes energéticas provenientes de detritus o materiales orgánicos e inorgánicos del seston. Kiorboe *et al.* (1981) indica que el mejillón *Mytilus edulis* utiliza este subsidio alimenticio para alcanzar su máximo crecimiento. Hacen falta estudios sobre la alimentación de la especie para aclarar la naturaleza de estos cambios.

Los valores más bajos del índice de condición y aumentos de los estadios de desove total y regresión gonadal observados en octubre - noviembre de 1990, ocurren en un período de estratificación donde existe una contracción de la zona productiva dentro del golfo, con altas temperaturas y bajas disponibilidad de fitoplancton. Es necesario, sin embargo realizar estudios experimentales que contemplen evaluaciones bioquímicas de la actividad gonadal así como de los períodos de fijación larval de la especie para comprender mejor el ciclo reproductivo.

LITERATURA CITADA

- BAIRD, R. H. 1958. Measurement of condition in mussels and oyster. *Journal Conseil International Explorateur La Mer* 25(2):249-257.
- BARBER, B. y J. BLAKE. 1981. Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *Journal Experimental of Marine Biology* 52:124-133.
- BERRY, P.F. 1978. Reproduction, growth and production in mussel *Perna perna* (L) on the east coast of South Africa. *South Africa Association of Marine Ecology Research Institution* 48:1-128.
- CABALLERO, A., J. CABRERA y Y. SOLANO. 1996-1997. Descripción del crecimiento y madurez sexual de una población de *Crassostrea columbiensis* (Mollusca: Bivalvia). *Revista de Biología Tropical* 45(1):335-339.
- FERRAZ REYES, E. 1989. Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctonica en el Golfo de Cariaco (Venezuela). *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente* 28:47-56.
- FLORES, M. 1981. Ecología Reproductiva del mejillón de fondo *Modiolus squamosus* (Beauperthuy 1967). (Bivalvia, Mytilidae). Tesis de Grado. Licenciado en Biología. Universidad de Oriente.
- GALTSOFF, P.S. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fishery Bulletin fish Wildlife Service U.S* 64:1-480.
- GIESE, A.C. 1959. Comparative physiology: annual reproductive cycle of Marine invertebrates. *Annual Review Physiology* 21:547-576.
- LITTLEWOOD, D. T. y C. M. GORDON. 1988. Sex ratios; condition and glicogen content of raft cultivated mangrove oysters *Crassostrea rizophorae*. *Journal Shellfish Research* 7:385-399.
- LODEIROS, C. y J. H. HIMMELMAN. 1994. Relations among environmental conditions and growth in the tropical scallops *Euvola* (Pecten) *ziczac* (L) in suspended culture in the golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture* 119:345-358.
- JOSEPH, M. y M. N. MADHYSTA. 1982. Gametogenesis & somatic versus gonadal growth in the oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston). *Indian Journal of Marine Science* 2:303-310.
- KIORBOE, T., F. MOHLENBERG y O. MOHR 1981. Effect of suspended bottom on growth and energetics in *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 61(2-3):283-288.
- NAKAL, A. 1980. Contribución a la ecología de la pepitona *Arca zebra* (Swainson 1883). Aspectos gametogénicos. Tesis de Grado, Licenciado en Biología. Universidad de Oriente. Cumaná.
- PACHECO, O., J. CABRERA y E. ZAMORA. 1983. Crecimiento y madurez sexual de *Crassostrea rizophorae* (Guilding 1828) cultivada en sistema suspendido en Estero Vizcaya, Limón, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 31:277-282.
- PEREIRA, R., A. S. PRIETO y M. FLORES. 1988. Notas sobre el crecimiento en una población del mejillón *Modiolus squamosus* en Tocuchare, Golfo de Cariaco. *Acta Científica Venezolana* 39:281-288
- PRIETO, A. S. 1980a. Some ecological aspects of the bivalve mollusk *Anadara notabilis* (Roding 1798) in two areas from the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente* 1(2):119-124.
- PRIETO, A. S. 1980b. Contribución a la ecología de *Tivela mactroides* (Born 1778). Aspectos reproductivos. *Boletín del Instituto Oceanográfico. Universidad de Sao Paulo* 29(2):323-328.
- PRIETO, A. S., R. PEREIRA y R. MANRIQUE. 1985. Producción secundaria del mejillón *Modiolus squamosus* (Beauperthuy 1967) en Tocuchare, golfo de Cariaco, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 36:258-254.
- SOKAL, R. R. y F. J. ROHLF. 1979. *Biometry* H. Blume Editores. Barcelona.
- SREENIVASAN, P., R. THANGAVELU y P. POVANNAN. 1989. Biology of the green mussel *Perna viridis* (L) cultured in Muttucadu Lagoon, Madras. *Indian Journal Fisheries* 36(2):149-155.
- VELEZ, A. 1971. Fluctuación mensual del índice de engorde

MADUREZ SEXUAL E ÍNDICE DE CONDICIÓN DE *MODIOLUS SQUAMOSUS*

del mejillón *Perna perna* natural y cultivado. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente 10(8):3-8.

VELEZ, A. 1976. Crecimiento, edad y madurez sexual del ostion *Crassostrea rhizophorae* de Bahía de Mochima. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente 15:65-72.

VILLALOBOS, C. R. 1980. Variation in population structure in the genus *Tetraclita* (crustacea: Cirripedia) between temperate and tropical populations. IV. The age structure of *T. stalactifera* and concluding remarks. Revista de Biología Tropical 28:353-359.

Recibido 27 octubre 1998; revisado 03 noviembre 1999; aceptado 03 marzo 2000.