

Ciclo reproductor e índices de condición usados en *Melongena corona* (Mollusca: Gastropoda)

Adriana I. Zetina Zárate, Dalila Aldana Aranda, Thierry Brule y Erick Baqueiro Cárdenas

Laboratorio de Biología Marina. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida A.P. 73 – Cordemex, 97310. Mérida, Yucatán, México

Recibido 29-VI-2000. Corregido 3-VII-2000. Aceptado 6-VIII-2000.

Abstract: *Melongena corona bispinosa* was studied in Yucatán, México (21° 16' N, 89° 49' W) for a year. Males have reproductive peaks in February and December, and a post-copulation peak in June. Female peaks are in March and May, plus oviposition peaks in April and January. Males and females differ in the mean gonadosomatic index ($F= 13.79, p<0.05$) but not in the dry tissue/shell weight ($F= 0.0902, p<0.05$), dry tissue and total weight ($F= 0.2466, p<0.05$) and dry tissue weight/internal shell volume ($F= 1.0565, p<0.05$).

Key words: *Melongena corona bispinosa*, reproductive cycle, condition indices.

El caracol "chivita", *Melongena corona bispinosa*, es una especie endémica de la Península de Yucatán y su pesquería ha adquirido gran importancia en ciertos poblados del Estado en los últimos 10 años (Flores, com. pers.). Actualmente, cerca del 50 % de los habitantes del Puerto de Chuburná se dedica a la recolección de este recurso durante casi todo el año. Esta actividad se realiza por medio de una pesquería artesanal, durante el período de bajamar y la llevan a cabo principalmente ancianos, mujeres y niños, aunque a veces participan pescadores jóvenes cuando disminuye la captura de especies de escama y durante la época de nortes (aproximadamente siete meses), cuando la pesca mar adentro se dificulta.

Se estima la extracción anual promedio de la ciénaga de Chuburná en 54 toneladas

de chivitas (peso vivo), lo que le da carácter de recurso potencialmente valioso. A pesar de la importancia del recurso, no se cuenta con registros estadísticos oficiales de captura y comercialización y aunque existe una regulación pesquera para la especie, ésta no se respeta. De acuerdo con la información proporcionada por los chiviteros, la captura del caracol chivita ha disminuido, posiblemente porque el esfuerzo de captura se ha incrementado. Además de estos problemas existen otros factores como el deterioro ambiental de la ciénaga por contaminación, construcción de puentes, carreteras y asentamientos humanos.

A la fecha, no existe información básica sobre la especie, por lo que en este estudio se presenta el ciclo reproductor de *M. corona bispinosa*, que se determinó siguiendo la

evolución de las escalas de madurez sexual y de cuatro índices de condición durante un ciclo anual.

En cuanto a la reproducción de gasterópodos marinos, Baqueiro *et al.* (1989) mencionan que existen patrones estacionales y que algunas especies se reproducen durante un período restringido del año, debido a que existen factores que controlan la gametogénesis. Otros autores como Giese (1959), Webber y Giese (1969) y Giese y Pearse (1977) clasifican estos factores en endógenos y exógenos.

Jaramillo *et al.* (1993) y Rodríguez (1992), utilizan el índice gonadosomático como un método alternativo y complementario para caracterizar el ciclo gonádico y determinar los períodos de reproducción. Gabbott y Walker (1971) mencionan que los índices de condición también son útiles para caracterizar el ciclo sexual, pero que se utilizan principalmente para determinar el estado de salud del organismo como respuesta al estrés. Bayne (1975, citado en Mann 1978), define el estrés como una alteración medible del estado estable o real del organismo. Esta alteración puede ser de tipo citológico, bioquímico, fisiológico o de conducta, y puede ser producida por cambios ambientales, enfermedades, inanición y reproducción, por lo tanto, el rendimiento del organismo es más vulnerable a cambios ambientales. Los valores elevados de estos índices corresponden a cambios en el peso seco del tejido y pueden indicar períodos de madurez o liberación de gametos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los organismos analizados en este estudio, se recolectaron en la ciénaga de Chuburná, la cual pertenece al sistema lagunar Ciénaga de Progreso, en el Estado de Yucatán, México. Geográficamente, se encuentra a 21° 16' N y 89° 49' W (Zizumbo Villareal 1989). La recolección de organismos se realizó entre las 10:00 y 12:00 a.m., cuando los organismos emergen del sustrato para alimentarse. Se utilizó el método de muestreo

directo (Baqueiro *et al.* 1989) para recolectar mensualmente 30 organismos. La selección de talla de los organismos con longitud total mayor de 30 mm (presuntamente adultos) se hizo con base en las observaciones realizadas por Baqueiro y Domínguez (com. pers.). Los organismos se transportaron al laboratorio en recipientes isotérmicos para su posterior análisis.

Biometría: Los organismos se colocaron en un horno a microondas durante 5 segundos (Luna 1968), para separar el tejido blando de la concha, sexarlos y registrar los caracteres biométricos. Los organismos fueron sexados a través de la observación de los caracteres sexuales secundarios que presenta la especie (presencia de pene en machos y gonoporo en hembras).

Se registraron los siguientes pesos: húmedo total (PHT), húmedo de tejidos (PHt), húmedo de la concha (PHC) y húmedo de la gónada (PHG), con una balanza con precisión de 0.1 g. Los pesos secos del tejido (PSt), seco de la gónada (PSG) y seco de la concha (PSC), se registraron con una balanza con 0.1 mg de precisión. El peso seco se obtuvo colocando el tejido, las conchas y las gónadas en un horno a temperatura constante de 100 °C durante un lapso de 24 horas.

Ciclo reproductor: El ciclo reproductor de *M. corona bispinosa* se caracterizó observando mensualmente durante un ciclo anual, la evolución de las frecuencias de las clases de madurez sexual, la evolución del índice gonadosomático y de tres índices de condición. Las clases de madurez sexual se determinaron con base en criterios morfológicos e histológicos de las gónadas (observación macroscópica y microscópica). Cada mes se disectó las gónadas de cinco hembras y cinco machos, se fijaron en Bouin por 48 horas y se analizaron mediante técnicas histológicas clásicas. Se realizaron cortes de 5 µm de grosor y se utilizó la técnica de tinción por Tricromo de Masson (Gabe y Martoja 1968). Los cortes se analizaron mediante un microscopio compuesto equipado con una videocámara a color de alta resolución y un moni-

tor de video en color.

Caracterización de las clases de madurez sexual: Para seguir la evolución de las diferentes fases de la ovogénesis y la espermatogénesis, se establecieron dos escalas microscópicas, tomando en cuenta la morfología de las células sexuales y su diámetro promedio, así como del diámetro promedio del núcleo en el caso de los ovocitos con núcleo visible. El diámetro promedio de las células sexuales en hembras y en machos, se determinó registrando 15 mediciones del diámetro máximo y mínimo de cada estructura, utilizando la fórmula de diámetro estimado propuesta por Coleman (1991). Las clases de madurez sexual de machos y hembras se definieron tomando en cuenta el aspecto macroscópico de las gónadas y las características celulares de las diferentes etapas de la gametogénesis. Se estimó el porcentaje que representó cada clase de madurez sexual mensualmente y se siguió su evolución durante un ciclo anual.

Cálculo del índice gonadosomático: El índice gonadosomático promedio (IGS) se calculó mensualmente, analizando 15 organismos de cada sexo a lo largo de un ciclo anual de la siguiente manera: $IGS = \text{peso húmedo de la gónada} / 100 / \text{peso húmedo del tejido}$.

Cálculo de los índices de condición: Los índices de condición utilizados en este trabajo fueron: $IC1 = \text{peso seco del tejido} / 100 / \text{peso seco de la concha}$ (Mann 1975, citado en Mann 1978); $IC2 = \text{peso seco del tejido} / 100 / \text{peso seco total}$ (Gabbot y Walker 1971); $IC3 = \text{peso seco de tejidos} / 1000 / \text{capacidad interna de la concha}$. La capacidad interna de la concha se obtuvo sustrayendo el peso seco de la concha (g) del peso húmedo total del organismo limpio (Crosby y Gale 1990).

Análisis estadísticos: Se utilizó el análisis de varianza de clasificación de una vía (Sokal y Rohlf 1981), para comparar las medias entre machos y hembras para cada uno de los índices a lo largo de un ciclo anual ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Clases de madurez sexual: Entre marzo de 1996 y febrero de 1997 se colectó un total de 360 organismos, de los cuales 120 fueron analizados histológicamente. Basados en el estudio macroscópico y microscópico de las gónadas, se determinaron tres clases de madurez testicular y tres clases de madurez ovárica. Estas clases para machos fueron: En maduración, Maduro y En postcópula (Cuadro 1) y para hembras fueron: En maduración, Madura y En postdesove (Cuadro 2).

La evolución de la frecuencia de las clases de madurez sexual para machos y hembras durante un ciclo anual, se muestra en la Fig. 1. Para los machos, los meses de madurez total fueron febrero y diciembre, con 100 % de organismos maduros. En junio se observó el 100 % de organismos en postcópula. En hembras se observó el 100 % de madurez en los meses de marzo y mayo. El 60 % de las hembras se observaron en desove en enero y abril. El patrón observado en ambos sexos, supone la presencia de dos picos de madurez. Los machos tienen un pico de postcópula y las hembras presentan dos picos de postdesove.

Evolución de índices de condición: En la Fig. 2 se presenta el valor promedio mensual del IGS de machos y hembras durante un ciclo anual, donde se observa que el índice de los machos presenta valores más altos en la relación peso de la gónada: peso del tejido con respecto a las hembras en las que se registraron valores bajos.

En machos los valores más altos se observaron en marzo (7.3 %), agosto (10.0 %), setiembre (9.0 %) y octubre (9.0 %). Los valores más bajos se observaron en enero (1.8 %) y junio (3.4 %).

En las hembras los valores se mantienen casi constantes durante el ciclo anual y los valores más altos se registraron en mayo (5.1 %), julio (4.6 %) y septiembre (4.7 %). Los valores más bajos se presentaron en enero (1.2 %) y junio (1.9 %).

La evolución del IGS de machos y hem-

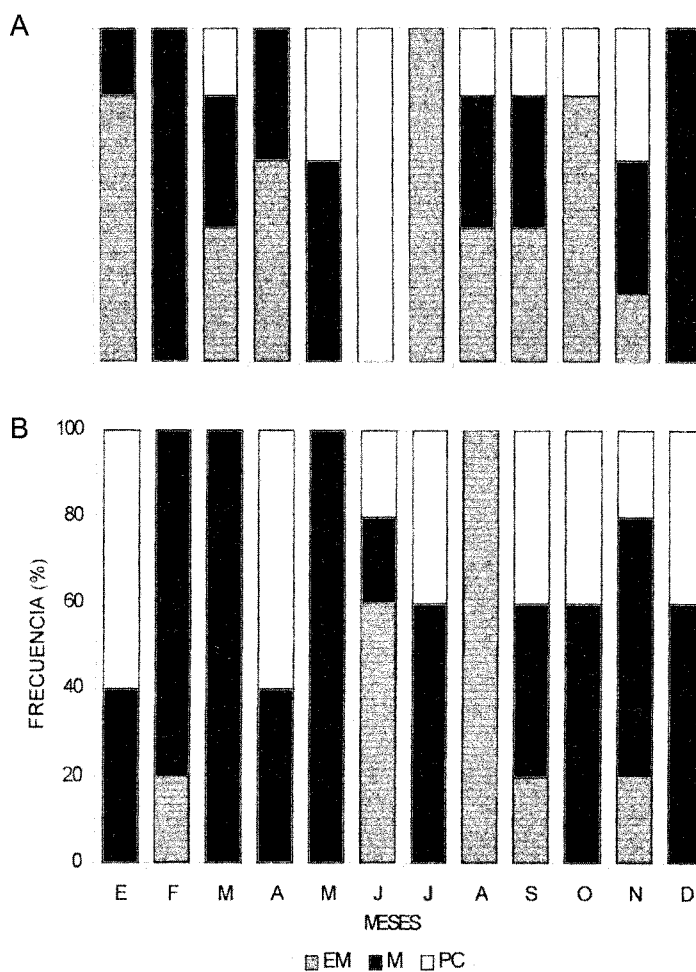


Fig. 1. Evolución mensual de la frecuencia de clases de madurez sexual de machos y hembras de *Melongena corona bispinosa*, en la ciénega de Chuburná durante un ciclo anual. EM= en maduración, M= maduro, PC= poscópula, PD= post-desove.

Fig. 1. Monthly evolution of frequency sexual classes of males and females of *Melogenia corona bispinosa*, in Chuburná ciénega during an annual cycle. EM= in ripening, M= ripe, PC= spent male, PD= spent female.

($F= 13.79$, $p<0.05$).

La variación promedio mensual del índice de condición 1 de machos y hembras durante un ciclo anual se presenta en la Fig.

3. En los meses de agosto a diciembre los machos presentaron valores que se incrementan de 17 a 23 %y en abril y junio, se presentaron los valores más bajos (13 y 12

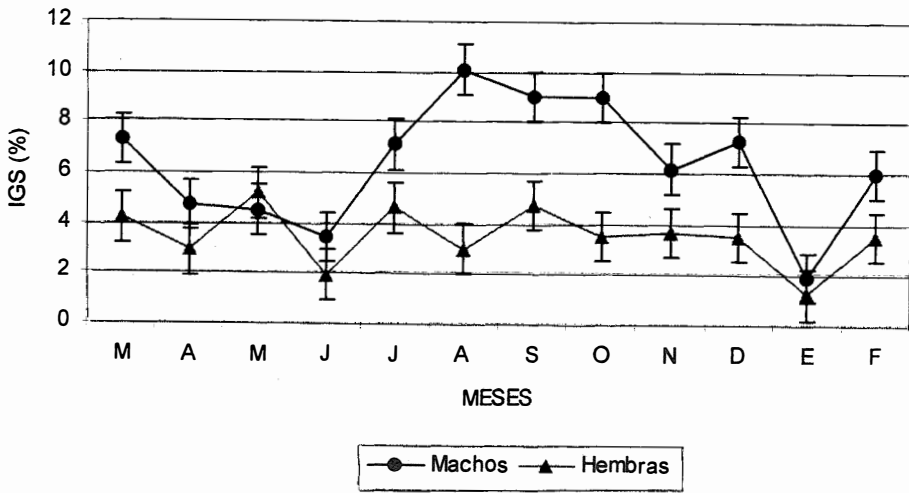


Fig. 2. Evolución mensual del índice gonadosomático de machos y hembras de *Melongena corona bispinosa* durante un ciclo anual en la ciénega de Chuburná. Las barras verticales indican la desviación estándar.

Fig. 2. Monthly evolution of gonadosomatic index of males and females of *Melongena corona bispinosa*, during an annual cycle in Chuburná ciénega. Vertical bars show estandard deviation.

presentaron los valores más bajos (13 y 12 % respectivamente).

elevados en el peso seco del tejido por arriba del 20 %. En abril y junio se observó una disminución en el peso seco del tejido por debajo del 15 %. De octubre a diciembre el peso del tejido presentó un ligero incremento del 21 al 24 %.

En las hembras, durante los meses de septiembre a febrero se observan valores superiores al 20 % en el peso seco del tejido.

Estos valores disminuyen a menos del 15 % en los meses de abril a agosto. De setiembre a diciembre las hembras incrementan el peso seco del tejido (23 a 27 %). Los valores observados en el IC1 de machos y hembras, no presentan diferencia significativa ($F=0.0902, p<0.05$).

La variación promedio mensual del índice de condición 2 de machos y hembras se presenta en la Fig. 4. Los valores observados en machos y hembras no difieren significativa-

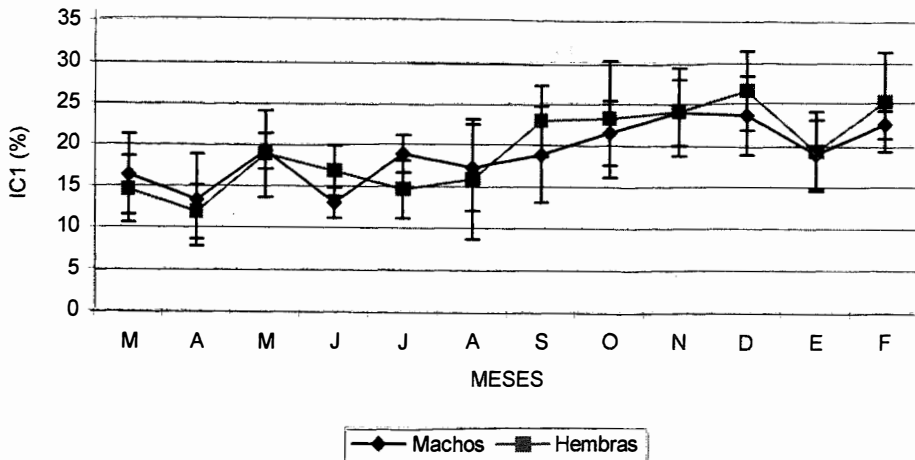


Fig. 3. Evolución mensual del índice de condición (IC1) de machos y hembras de *Melongena corona bispinosa* recolectados en la ciénega de Chuburná durante un ciclo anual. Las barras verticales indican la desviación estándar.

Fig. 3. Monthly evolution of condition index (IC1) of males and females of *Melongena corona bispinosa*, collected in Chuburná ciénega during an annual cycle. Vertical bars show estandard deviation.

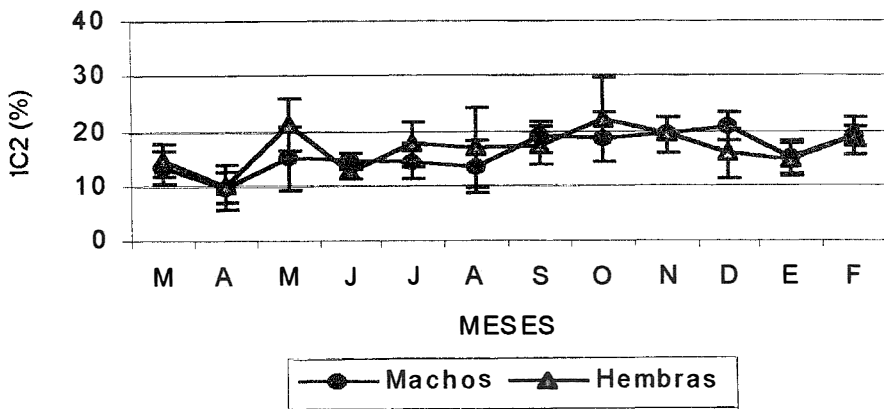


Fig. 4. Evolución mensual del índice de condición (IC2) de machos y hembras de *Melongena corona bispinosa* recolectados en la ciénega de Chuburná durante un ciclo anual. Las barras verticales indican la desviación estándar.

Fig. 4. Monthly evolution of condition index (IC2) of males and females of *Melongena corona bispinosa*, collected in Chuburná ciénega during an annual cycle. Vertical bars show standard deviation.

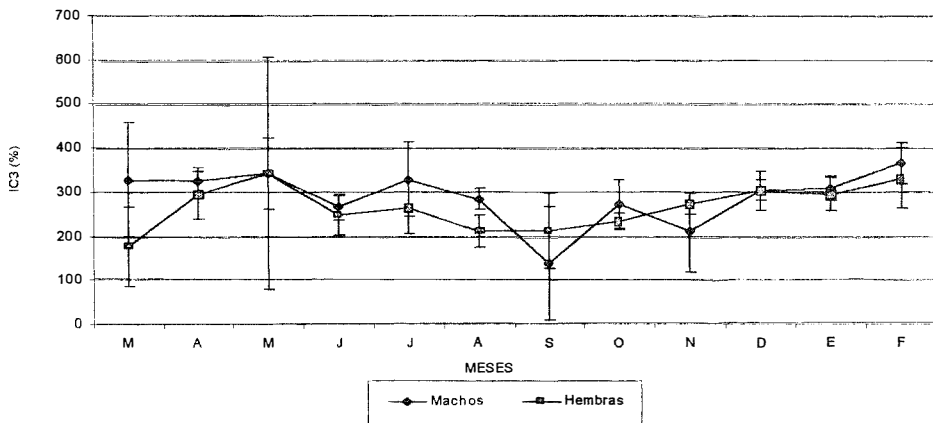


Fig. 5. Evolución mensual del índice de condición (IC3) de machos y hembras de *Melongena corona bispinosa* recolectados en la ciénega de Chuburná durante un ciclo anual. Las barras verticales indican la desviación estándar.

Fig. 5. Monthly evolution of condition index (IC3) of males and females of *Melongena corona bispinosa*, collected in Chuburná ciénega during an annual cycle. Vertical bars show standard deviation.

mente en la relación peso seco del tejido con peso seco total ($F=0.2466$, $p<0.05$).

La variación promedio mensual del índice 3 en machos y hembras se presenta en la Fig. 5. En esta se observa un comportamiento sincrónico en el cambio del peso seco del tejido en ambos sexos.

En machos se observan valores altos y sin grandes variaciones todo el año, con excepción de septiembre (138%) y noviembre (208%), en los que disminuye el peso del tejido.

En las hembras el peso seco del tejido presenta el valor más alto en mayo (341%) en marzo disminuye (175%). De junio a octubre

los valores se mantienen sin variaciones marcadas y de noviembre a febrero se incrementan (272 a 331%).

Los valores observados en machos y hembras, no difieren significativamente en la relación peso seco del tejido con capacidad interna de la concha ($F=1.0565$, $P<0.05$).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio proporcionan información original, que permite conocer con precisión el período de reproducción

CUADRO 1

Clases de madurez sexual y características macroscópicas y microscópicas de los testículos de Melongena corona bispinosa utilizadas para identificar las principales etapas de desarrollo sexual en machos.

TABLE 1

Sexual classes and macroscopic and microscopic characteristics of Melongena corona bispinosa testicles used to identify main development stages in males.

Clases de madurez sexual	Características macroscópicas	Características microscópicas Estadios de la espermatogénesis	Diámetro promedio de túbulos seminíferos (µm)
En maduración	Gónada de 5 mm de longitud, color amarillo claro aspecto poco compacto	Espermatogonias (I) Espermátocitos (II) Espermátidas (III)	17.0 ± 1.23
Maduro	Gónada de 10 mm de longitud, color amarillo naranja, aspecto turgente, muy compacto	Espermátidas (III) Espermatozoides (IV)	19.0 ± 1.02
Postcópula	Gónada pequeña, de color blanco amarillento, aspecto flácido	Espermátocitos y (II) Espermatozoides (IV)	16.0 ± 0.98

de *M. corona bispinosa*.

El ciclo reproductor de la especie se determinó bajo tres criterios: la evolución de las frecuencias de las clases de madurez sexual, la evolución del índice gonadosomático y de tres índices de condición.

En relación con la madurez sexual, Webber (1977) y Peña (1987), mencionan que en prosobranquios se distinguen cinco estadios de madurez en un ciclo anual. De la misma manera Mugiya *et al.* (citado en Peña 1987) reportan en otros prosobranquios los siguientes períodos: latencia, recuperación, premaduro, maduro y puesta. En este trabajo para *M. corona bispinosa* se establecieron tres fases de madurez sexual para ambos sexos, para machos fueron: en maduración, maduro y postcópula y para las hembras: en maduración, madura y en postdesove. No se

observó una relación sincrónica entre las clases de madurez de machos y hembras. La diferencia que se observó en la evolución mensual de estas clases de madurez podría explicarse por la presencia de un receptáculo seminal en las hembras que sirve para recibir y almacenar los espermatozoides del macho hasta por dos meses. Lo anterior podría explicar por qué la liberación de gametos no es sincrónica en ambos sexos. Como aporte a este punto, se observó en el campo organismos copulando en abril, julio y enero, además de hembras desovando en septiembre, noviembre y enero.

El caracol chivita en la ciénaga de Chuburná presentó un patrón de madurez con un período prolongado de reproducción, ya que no se observaron picos bien marcados que delimiten estrictamente los períodos

CUADRO 2

Clases de madurez sexual y características macroscópicas y microscópicas de los ovarios de Melongena corona bispinosa utilizadas para identificar las principales etapas de desarrollo sexual en hembras.

TABLE 2

Sexual classes and macroscopic and microscopic characteristics of Melongena corona bispinosa ovaries used to identify main development stages in females.

Clases de madurez sexual	Características macroscópicas	Características microscópicas Estadios de la ovogénesis	Diámetro promedio de túbulos ováricos (µm)
En maduración	Gónada de 5 mm de longitud, color amarillo claro aspecto poco compacto	Ovocitos (I) Ovocitos (II) (predominan los ovocitos II)	13.0 ± 0.98
Madura	Gónada de 10 mm de longitud, color amarillo naranja, aspecto turgente, muy compacto	Ovocitos (I) Ovocitos (II) Ovocitos (III) [±] (predominan los ovocitos III)	18.0 ± 1.20
Postdesove	Gónada pequeña, de color blanco amarillento, aspecto flácido	Ovocitos (I) Ovocitos (II) Ovocitos (III)	18.0 ± 1.20

de madurez, desove y poscópula. Este patrón de reproducción estaría favorecido por los factores ambientales que se presentan en la ciénaga que podrían ser óptimos al proceso de maduración. Puede tratarse también del patrón típico de reproducción de una especie tropical, coincidiendo esto con Webber (1977), quien señala que las especies de neogasterópodos tropicales frecuentemente presentan períodos de desove prolongados.

Jaramillo *et al.* (1993) y Rodríguez (1992), mencionan que el IGS está directamente relacionado con el estado de desarrollo gonádico, ya que relaciona el peso de la gónada con el peso total del organismo. Este índice alcanza un valor máximo justo antes del desove y cada pico indica el número de desoves posibles en un año. En este trabajo los valores que se registraron en el IGS de ambos sexos no siempre coincidieron con las clases de madurez. En los ya que en ocasiones los valores bajos que suponen un pico de postdesove o postcopula, corresponden a organismos que están en maduración (por lo que se registran valores bajos), lo cual se puede interpretar equivocadamente. Por otra parte los valores altos que pueden indicar un período de madurez, en ocasiones no se observan claramente y pueden pasar desapercibidos.

Beninger (1982) y Shafee (1980), utilizan diferentes índices de condición y mencionan que son indicadores de estrés o de actividad sexual. Los índices de condición dan la pauta para determinar la actividad fisiológica de los organismos, tales como crecimiento, reproducción y secreción, debido a que la proporción de tejidos del cuerpo puede presentar grandes variaciones, dependiendo de la actividad sexual y metabólica del organismo. En este sentido, Lucas y Beninger (1985) clasifican estos índices de condición en dos grupos: estáticos y dinámicos. Los índices estáticos son generalizados y son aplicables a la mayoría de los organismos y a nivel de órganos. Los dinámicos son determinados en un período de tiempo y para un conjunto de individuos, proporcionan información acerca

de los cambios fisiológicos de los organismos que integran la población y son útiles para realizar estudios de biología pesquera, ecológicos y para evaluar una población. Webber y Giese (1969) concluyen que en gasterópodos el índice de condición es un buen indicador del estado de madurez, ya que estos organismos no almacenan sus reservas en la gónada, sino en la glándula digestiva y el músculo. Por lo tanto, el incremento en volumen de la gónada es un incremento de gametos en maduración. Lucas y Beninger (1985) proponen que los índices estáticos: peso seco del tejido contra peso húmedo de tejido y peso seco de tejidos contra peso seco de la concha, pueden ser usados en un organismo completo, para cierto órgano o un conjunto de tejidos blandos: gónadas (como va madurando en diferentes épocas). Los índices de condición utilizados en este trabajo fueron los propuestos por Mann (1975, citado en Mann 1978); Gabbot y Walker (1971) y Crosby y Gale (1990).

Walne y Mann (citado en Mann 1978) mencionan que bajos valores del índice peso seco del tejido/100/peso seco de la concha indican un gasto de energía excesivo del organismo para sobrevivir a condiciones ambientales adversas, enfermedades o parasitismo, o bien, durante la liberación de gametos. También mencionan que intenta comparar el contenido de tejidos presentes en una talla máxima potencial, utilizando la concha como un material de referencia. Esta comparación es válida, porque a través del contenido de la carne que puede incrementar o disminuir, la concha solo incrementa o mantiene constante su peso y volumen. Sin embargo, a causa de que solamente los índices del peso seco de tejidos explican las fluctuaciones por contenido de agua, este índice no proporciona datos cualitativos de las reservas metabólicas disponibles, componentes estructurales y material gonádico de los tejidos blandos.

Gabbot y Walker (1971) utilizan el índice de condición peso seco del tejido entre peso seco total, el peso libre de cenizas

y el contenido bioquímico (relación glicógeno: proteína) en ostras adultas. Ellos comparan los valores registrados en organismos mantenidos en condiciones de laboratorio con valores registrados en organismos del medio natural. Las variaciones de éstos índices los relacionan con el ciclo reproductor.

Crosby y Gale (1990) mencionan que el índice peso seco del tejido 1000/peso seco de la concha es un índice absoluto que compara el metabolismo, enfocado a procesos de calcificación y con mayor énfasis en el proceso del metabolismo somático y gametogénico. Por lo tanto, este índice no mide el estado nutritivo y no puede ser utilizado como un indicador de actividad catabólica o anabólica del organismo. Estos autores también mencionan que los índices volumétrico: peso seco del tejido 1000/volumen de la cavidad interna de la concha y el índice gravimétrico: peso seco del tejido 1000/capacidad interna de la concha, son lo opuesto al índice absoluto. Crosby y Gale (1990) mencionan que el índice absoluto presenta un coeficiente de variación más bajo y es un índice significativo del estado nutritivo del organismo y de estrés reciente, por lo tanto, recomiendan que sea aceptado como un futuro método estándar para determinar el índice de condición de bivalvos.

Rainer y Mann (1992) hacen una comparación de métodos para calcular el índice de condición en bivalvos y retoman los tres índices volumétrico, gravimétrico y de la concha (absoluto), pero están en desacuerdo con las ideas de Crosby y Gale (1990) y sugieren que los tres índices incluyendo el volumétrico pueden ser utilizados como indicadores del estado nutritivo.

En este trabajo, dos de los índices utilizados no coinciden de manera exacta con las clases de madurez sexual. El índice que mejor coincide con es el peso seco del tejido 100/peso seco total (Gabbott y Walker 1971).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N y los laboratorios de biología marina e ictiología, donde se analizaron las muestras. Los pescadores de la ciénaga de Chuburná Yucatán colaboraron en la obtención de organismos, Teresa Colás Marrufo dio asesoría técnica en el tratamiento de las muestras.

RESUMEN

Se estudió el ciclo reproductor de *Melongena corona bispinosa* de Yucatán, México durante un ciclo anual. El ciclo reproductor de los machos presentó picos de madurez en febrero y diciembre, más un pico de postcópula en junio. Las hembras presentaron picos en marzo y mayo, así como dos picos de postdesove más intensos en abril y enero. Existe una diferencia entre la evolución del índice gonadosomático promedio IGS de machos y hembras ($F= 13.79$, $p<0.05$) pero no en el cociente peso seco del tejido 100/peso seco de la concha IC1 ($F= 0.0902$, $p<0.05$), la relación entre peso seco del tejido y peso seco total ($F= 0.2466$, $p<0.05$) y la relación peso seco del tejido con capacidad interna de la concha ($F= 1.0565$, $p<0.05$).

REFERENCIAS

- Baqueiro Cárdenas, E., A. Avilés, R. J. Masso, D.M. Muciño, N.P. Rogers, A. Vélez. 1989. Manual de métodos de muestreo y evaluación de poblaciones de moluscos y otros recursos bentónicos. Centros Regionales de Investigación Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca. México, D.F.
- Beninger, P.G. 1982. Étude biochimique comparée de deux populations de bivalves *Ruditapes decussatus* (Linné) et *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve). Thèse doctorat de spécialité en océanographie. Université de Bretagne Occidentale (Laboratoire de Zoologie). 193 p.
- Coleman 1991. Measuring parental investment in non-spherical eggs. Shorter contributions: Ichthyology. Copeia (4): 1032-1098.

- Crosby, M.P. & D.L. Gale. 1990. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. *J. Shellfish Res.* 9: 233-237.
- Gabbot, P.A. & A.J.M. Walker. 1971. Changes in the condition index and biochemical content of adult oysters (*Ostrea edulis* L.) maintained under hatchery conditions. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* Vol. 34: 99-106.
- Gabe & Martoja. 1968. *Techniques histologiques*. Masson & Cie. 1136 p.
- Giese, A. 1959. Comparative physiology: Annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Ann. Rev. Physiol.* 21: 547-576.
- Giese, A. & J.S. Pearse. 1977. Gastropoda Prosobranchia. In: *Reproduction of marine invertebrates*. Capitulo 1. Vol. IV. Academic Press Inc.: 1-77.
- Jaramillo, R., J. Winter, J. Valencia & A. Rivera. 1993. Gametogenic cycle of the Chicloe Scallop (*Chlamys amandi*). *J. Shellfish Res.* 12: 59-64.
- Lucas, A., & P.G. Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture* 44: 187-200.
- Luna, L.G. 1968. *Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology*. McGraw-Hill. 255 p.
- Mann, R. 1978. A comparison of morphometric, biochemical and physiological indexes of condition in marine bivalve molluscs in energy and environmental stress in aquatic systems. J.H. Thorp and J.M. Gibbons (Edits). D.O.E. Symposium Series.
- Peña, J.B. 1987. Reproducción de gasterópodos prosobranchios, p. 217-247. In *Espinosa de los Monteros, J. & U. Labarta (eds.) Reproducción en Acuicultura*. Caicyt. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica.
- Rodríguez, G.M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT. Editor. México. D. F. p. 1-59.
- Shafee, M. S. 1980. Ecophysiological studies on a temperate bivalve *Chlamys varia* (Linné) from Iauveoc (Bay of Brest). Thèse doctorat. Université de Bretagne Occidentale (Laboratoire de Zoologie). 220 p.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*. Freeman. San Francisco.
- Webber, H.H. & A.C. Giese. 1969. Reproductive cycle and gametogenesis in the black abalone *Haliotis cracherodii* (Gastropoda: Prosobranchia). *Mar. Biol.* 4: 152-159.
- Webber, H.H. 1977. Mollusca: Gastropods and Cephalopods. 1-83. In: *Reproduction of Marine Invertebrates*. Giese, A.C. & J.S. Pearse (eds.). Vol. IV. Academic Press, New York.
- Zizumbo Villareal, D. 1989. El deterioro del sistema ecológico ciénaga de Progreso. Secretaría de Ecología. p. 1 - 65.