

Ciclo Reproductor de *Busycon perversum* (Mollusca:Gastropoda) del Golfo de México

JOSEFINA SANTOS VALENCIA^{1*}, IMELDA MARTÍNEZ MORALES²,
MARTHA ENRÍQUEZ DÍAZ¹, et DALILA ALDANA ARANDA¹

¹CINVESTAV IPN, Mérida, Km- 6 Antigua Carretera a Progreso. Mérida, Yucatán, México.

*jsantosv64@hotmail.com. ²Instituto de Ecología, AC. Xalapa, Veracruz, México.

RESUMEN

El gasterópodo lix, *Busycon perversum* es un importante recurso pesquero en las costas de Campeche, México. Representa cerca del 40% de la captura comercial estatal de caracol estimada en 6,500 toneladas anuales de peso vivo. Para el manejo de la población de este caracol, se analizó el ciclo reproductivo de la especie. Veinte ejemplares adultos de *B. perversum* capturados en la localidad Seybaplaya, Campeche, fueron examinados mensualmente en 2009. La prevalencia de hembras con tallas mayores a las de los machos fue constante durante todo el periodo. La proporción de hembra:macho fue de 4:1. Los estadios de madurez en los machos fueron establecidos con base en la cantidad de tejido testicular, de la presencia de conductos espermáticos y de espermatogonias, espermátidas y espermatozoides. En las hembras, se utilizó como criterio la cantidad de tejido ovárico, de túbulos ovígeros, de ovogonias, ovocitos y óvulos. Se identificaron cinco estadios reproductivos: 1) Inmadurez o reposo, 2) Gametogénesis, 3) Madurez 4) Liberación de gametos y 5) Post liberación de gametos. Machos y hembras sexualmente activos fueron observados de marzo de 2008 a enero 2009, con el pico de madurez de agosto a noviembre y periodo de reposo de enero a abril. La talla de primera madurez de las hembras L₅₀% se estimó en 205 mm.

PALABRAS CLAVE: *Busycon perversum*, estadios de madurez, ciclo reproductor

Reproductive Cycle of *Busycon perversum* (Mollusca:Gastropoda) From the Gulf of Mexico.

The Lightning whelk, *Busycon perversum* used to be an important resource in the coast of Campeche, at Yucatan Peninsula. Presently high abundance, constituting 40% of the estate catch estimated in 6,500 t. In order to have scientific bases for the management of existing populations, the reproductive cycle was studied to determine the reproductive periods. Twenty adult of *B. perversum* were sampled monthly in 2009 at Seybaplaya, on the Campeche Bank. The females' prevalence was constant with sizes bigger than those of the males. The sex ratio was constant through the year with a proportion of 4F:1M (female:male). The maturity stages in males were established depending by the amount of the quantity testicular tissue, of the presence of spermatid conduits and of espermatogonias, spermatocytes, espermátidas and spermatozoos. In the females, was used as criterion the quantity ovarian tissue, ovarian ducts and presence of ovogonias and ovocytes. Five development stages were identified: 1) resting stage, 2) gametogenesis, 3) maturation, 4) spawning and 5) Post spawning. Females sexually active was observed year-round from March 2008 to January 2009, with a maturity pick from August to November and period of rest from January to April. The size of first maturity for females L₅₀% was estimated in 205 mm.

KEY WORDS: *Busycon perversum*, development stages, reproductive cycle

Cycle Reproducteur de *Busycon perversum* (Mollusca:Gastropoda) du Golfe du Mexique

Le gastéropode, *Busycon perversum*, c'est un recours important de pêche au large des côtes de Campeche, au Mexique. Représente environ 40% de la capture commerciale de gastéropodes marins estimée en 6,500 tonnes. Afin de proposer une gestion durable de *B. perversum*, le cycle reproductif a été analysé. En 2009, 20 individus adultes ont été capturés mensuellement à Seybaplaya, Campeche. Durant toute la période d'étude, les femelles ont présenté le plus grandes tailles. La proportion d'femelle : male a été de 4:1. Les stades de maturité des gamètes ont été établis selon la quantité de tissu gamétique observé. Ainsi, chez les mâles on a évaluée la quantité de tissu testiculaire, la présence de conduits spermatiques, spermatogonies, spermatocytes, spermatides et spermatozoïdes. Chez les femelles, a été utilisée la quantité de tissu ovocytaire, des tubules ovigères, ovogonies, ovocytes et ovules. Cinq stades reproductifs ont été identifiés : 1) Indifférencié ou repos sexuel, 2) Gamétogénèse, 3) Maturité, 4) Ponte et 5) Post ponte. Des mâles et des femelles sexuellement actifs ont été observés de mars 2008 à janvier 2009, avec le pic de maturité d'août à novembre et une période de repos de janvier à avril. La taille de première maturité des femelles L₅₀% a été estimée à 205 mm.

MOTS CLÉS: *Busycon perversum*, stades de maturité, cycle reproducteur

INTRODUCCIÓN

El caracol es un importante recurso pesquero en la Sonda de Campeche. El volumen de captura ha incrementado considerablemente, de 239 toneladas en 1980 a 8,311 en 2000. La captura es multiespecífica y está compuesta por ocho especies: *Turbinella angulata*, *Busycon perversum*, *Pleuroploca gigantea*, *Strombus costatus*, *Strombus*

pugilis, *Melongena melongena*, *Melongena corona bispinosa* y *Fasciolaria tulipa* (Baquero 2000). En los últimos años el caracol *B. perversum* aportó casi el 40% a la producción estatal estimada en 6,500 t anuales de peso vivo.

Busycon perversum es conocido localmente con los nombres comunes de caracol sacabocado, lix o negro. Es

una especie característica de la bahía de Campeche, tiene desarrollo directo, es carnívora, presenta sexos separados, con dimorfismo sexual externo (pene en los machos) (Bandel 1976).

A la fecha no se cuenta con información poblacional y reproductiva de *B. perversum*. Para contar con bases científicas para su manejo, se estudió estructura de la población, el ciclo reproductivo de la especie, siguiendo la evolución de la madurez sexual en hembras y se determinó la talla de primera madurez sexual.

MATERIAL Y MÉTODO

La colecta de organismos se llevó a cabo en la localidad de Seybaplaya, Campeche. Se realizaron muestreos mensuales durante 2009 (Figura 1). La obtención de caracoles se realizó mediante buceo autónomo, los organismos se mantuvieron en agua de mar hasta su llegada al laboratorio. Se realizaron biometrías a cada organismo, se midió la longitud de heliconcha (mm), peso total (concha + carne) (gr), peso del músculo (gr), además se determinó el sexo de forma macroscópica (presencia de pene/oviducto).

Para la extracción de la carne y masa visceral, se realizó una perforación en la espira de la concha. Se tomó la porción media del complejo glándula digestiva-gónada. El tejido se fijó en Bouin, posteriormente se deshidrató en una serie de baños crecientes de alcohol y finalmente se incluyeron en parafina. Se realizaron cortes histológicos de seis micras de espesor y fueron teñidos con la coloración de Tricromo y Azul-Alcian (modificada por Aldana y Frenkiel 2004). Para determinar el sexo y los estadios gametogénicos, cada lámina fue observada al microscopio en aumentos de 10X y 40X. La presencia de células sexuales masculinas o femeninas así como la ausencia de estas, definieron a los individuos como machos (M), hembras (H) o sexualmente indiferenciados (I). La proporción de sexos entre macho:hembra (M:H) fue calculada tomando en cuenta el número total de machos y hembras.

Las diferentes etapas de desarrollo celular de la ovogénesis y espermatogénesis fueron asignadas sobre las propuestas por Baqueiro y Stuardo (1977). Esta escala consta de 5 etapas de acuerdo a la siguiente descripción:

- i) *Estadio I (Indiferenciado o Reposo)*. No se pueden diferenciar los sexos; los folículos son inexistentes o algunos con pocas células germinales indiferenciadas. Se observa tejido conectivo.
- ii) *Estadio II (Gametogénesis)*. Inicia con folículos pequeños y alejados, numerosas espermatogonias y ovogonias; folículos activamente desarrollados con gran número de ovocitos en hembras y espermatozitos, espermátidas y algunos espermatozoides en los machos.
- iii) *Estadio III (Madurez)*. Los folículos maduros se encuentran completamente llenos de gametos maduros. En hembras se distinguen ovocitos con

núcleo y nucléolo. En machos, las colas de los espermatozoides están orientadas hacia el lumen del folículo.

- iv) *Estadio IV (Liberación de gametos)*. Los folículos se encuentran parcialmente vacíos, sin embargo existen aún gametos remanentes
- v) *Estadio V (Post liberación de gametos)*. Los folículos se encuentran casi totalmente vacíos, con pocos gametos remanentes. Es característica la presencia de tejido conectivo.



Figura 1. Ubicación del área de estudio de *Busycon perversum*, en costas de Campeche, México.

RESULTADOS

Distribuciones de Frecuencia de Longitud

La Figura 2 muestra la distribución de frecuencia de longitud de la heliconcha para ambos sexos. Se observa que las hembras presentaron mayor talla que los machos. Las longitudes variaron entre 120 y 300 mm en hembras y, entre 100 y 240 mm en machos. La distribución de frecuencia de longitudes muestra que la moda se ubica en 220 mm en hembras y 200 mm en machos.

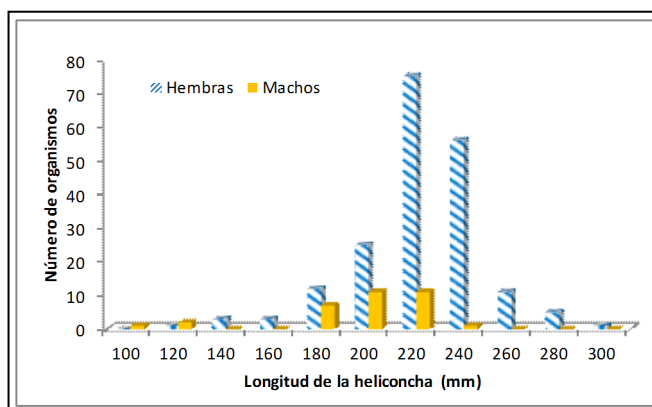


Figura 2. Distribución de frecuencia de tallas de machos y hembras de *Busycon perversum*, 2009.

Proporción de Sexos

De los 226 caracoles analizados, el 84,5% fueron hembras, mientras que tan solo el 15.5 % fueron machos, no se observaron organismos indiferenciados. Durante todo el ciclo anual predominaron las hembras sobre los machos; la proporción de hembra:macho fue de 4H:1M (Figura 3).

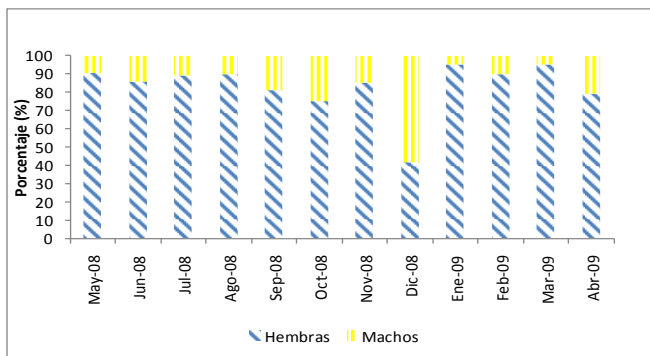


Figura 3. Proporción de sexos de *Busycon perversum* en costas de Campeche, 2009.

Características del Desarrollo Gonádico

Durante la fase de reposo se observó tejido conectivo reticular ocupando toda la gónada, se observaron células germinales con núcleos bien definidos, algunos con reminiscencias de folículos reabsorbidos y en otros el inicio de la formación de folículos. En esta etapa no es posible diferenciar el sexo (Figuras 4a y 5a). Durante la fase gametogénesis, los machos presentaron espermatocitos, los cuales se encontraban desprendidos de la pared germinal. En los conductos espermáticos se observaron abundantes espermatogonias, espermatocitos, espermatidas y algunos espermatozoides (Figura 4b). En las hembras, los ovocitos incrementaron su tamaño, numerosas células auxiliares se congregaron entorno a ellos (Figura 5b). Conforme avanzó la gametogénesis, se incrementó el número de folículos y el tamaño de estos. En machos maduros, el tejido testicular y los espermatozoides ocuparon la mayor parte del tejido gonádico, se observaron numerosos espermatozoides con las colas orientadas hacia el lumen del folículo (Figura 4c). Las hembras maduras presentaron abundantes túbulos ovígeros con ovocitos y óvulos que se encontraron llenos de material de reserva. (Figura 5c). Durante la liberación de gametos en machos, el tejido testicular fue menos abundante, los conductos espermáticos y los espermatocitos se encontraron en menor cantidad y no se observaron espermatidas, en algunos conductos se encontraron muy pocos espermatozoides (Figura 4d). En hembras, se observó poco tejido ovárico, menos túbulos ovígeros y óvulos. (Figura 5d). En la fase de post liberación de gametos, para ambos sexos, el tejido gonádico se observó invadido por tejido conectivo reticular, también se observó la presencia de fagocitos, los cuales fueron más abundantes en la vecindad de las paredes los folículos (Figuras 4e y 5e).

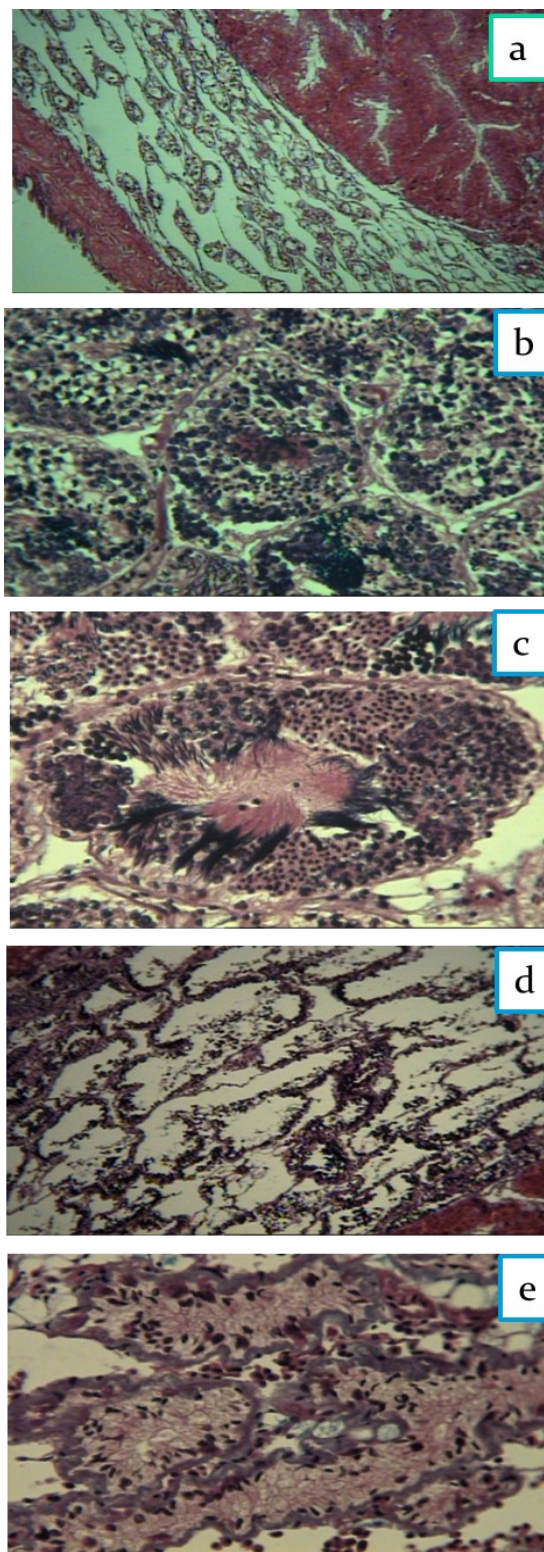


Figura 4. Estadios de madurez en machos de *Busycon perversum*, en Campeche: (a) reposo (10X), (b) gametogénesis (40X), (c) madurez (10X), (d) liberación de gametos (10X) y (e) post liberación de gametos (40X)

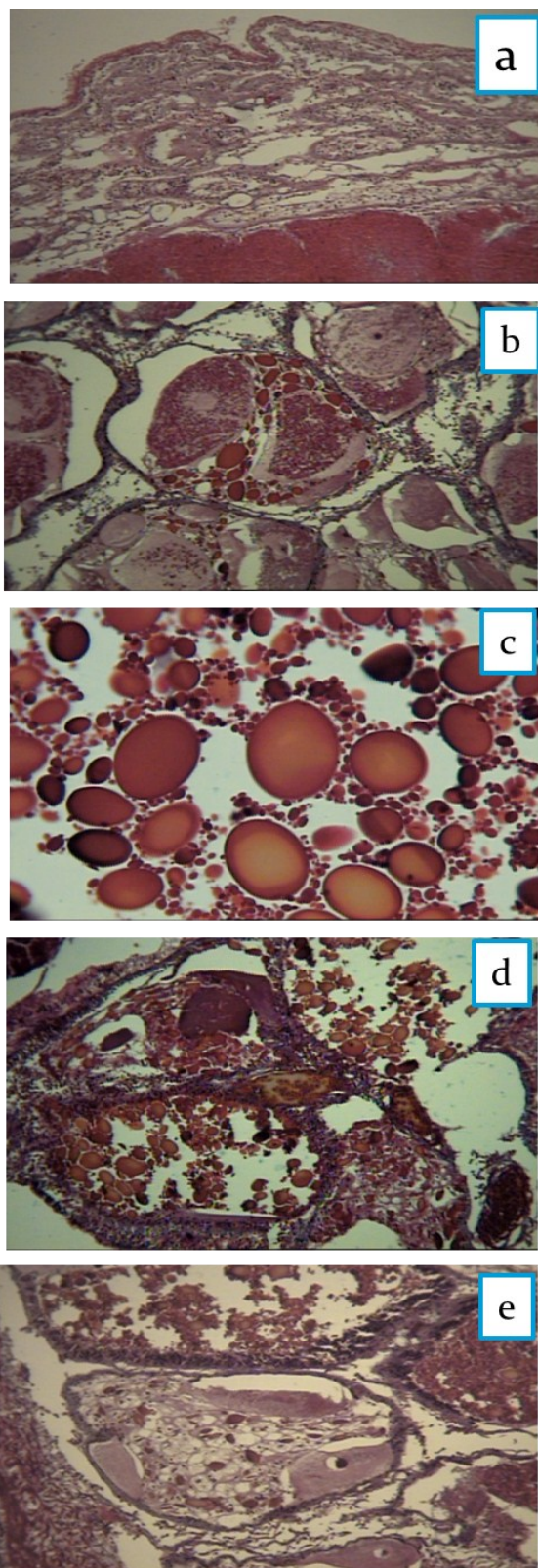


Figura 5. Estadios de madurez en hembras de *Busycon perversum*, en Campeche: (a) reposo (10X), (b) gametogénesis (40X), (c) madurez (40X), (d) liberación de gametos (10X) y (e) post liberación de gametos(10X)

Ciclo Gonádico en Ambos Sexos

El periodo de gametogénesis se registró en primavera, observando organismos maduros a partir de abril. El pico de madurez fue de agosto (85%) a noviembre (60%). La liberación de gametos se registró de septiembre (20%) a noviembre (20%). La mayor presencia de organismos en la post liberación de gametos se registró en octubre (25%) lo cual sugiere una liberación de gametos masiva durante verano y parte de otoño. Los caracoles (ambos sexos) permanecieron sexualmente inactivos de enero (50%) a marzo (85%), durante este periodo las gónadas permanecieron indiferenciadas. Esta etapa coincidió con el periodo de menor temperatura del agua en invierno (Figura 6).

Talla de Primera Madurez

En la Figura 7 se muestra la relación entre el porcentaje de hembras maduras y la longitud de la heliconcha. La hembra madura más pequeña colectada midió 170 mm y la más grande, 281 mm, por lo que la L₅₀% se estimó en 205 mm para las hembras. En machos no se estableció el valor de L₅₀% debido al número de organismos colectados (n = 35).

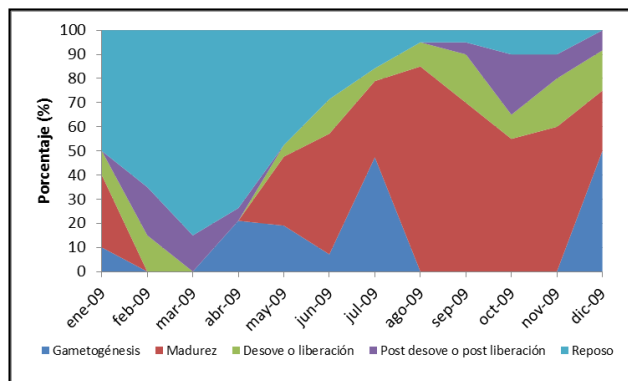


Figura 6. Ciclo reproductor de *Busycon perversum* (ambos sexos), en Campeche, México.

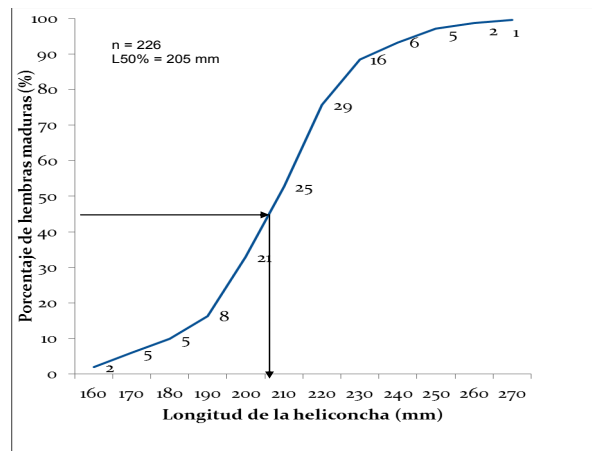


Figura 7. Porcentaje de hembras maduras de *Busycon perversum* (longitud de la heliconcha) en costas de Campeche. La línea indica la longitud a la cual el 50% son maduras (L₅₀%). El número de gasterópodos muestreados es dado por cada clase de talla.

DISCUSIÓN

La población de *B. perversum* que se analizó presentó dimorfismo sexual determinado por la talla de los organismos colectados. Las hembras presentaron tallas superiores a las de los machos. También, la proporción de hembras fue superior en un 85.15%, así, el incremento de la proporción de hembras con la talla podría explicarse por el crecimiento diferencial entre sexos en el que las hembras acumulan alimento para la reproducción. Los machos adultos tienen un rol importante en la reproducción pero viven poco y tienen pocas reservas. Lo que causa que las hembras vivan entre 5 y 10 veces más que los machos.

El análisis del ciclo reproductivo en *B. perversum*, presentó un desarrollo gonádico simultáneo para hembras y machos, comenzando con el desarrollo y proliferación de gametos en primavera, caracterizada como temporada de secas (sin lluvia), después de una fase maduración sexual durante los meses de lluvia a partir de abril hasta noviembre y culminando con la liberación de gametos en otoño seguido por una amplia temporada de reposo en invierno. Con este análisis, resulta evidente que la duración e intensidad de cada etapa reproductiva estuvo influenciada por los parámetros físico-químicos, como la temperatura del agua y salinidad, los cuales a su vez dependen de las estaciones del año. En estudios reproductivos realizados con otros gasterópodos de la región Golfo de México y Mar Caribe se ha informado de periodos de maduración similares a los determinados en este estudio, en poblaciones de *Strombus pugilis* de Puerto Rico y de la Sonda de Campeche (Reed 1995, Baqueiro Cárdenas et al. 2005), sin embargo, Aldana Aranda, et al. (2003) y Zetina Zarate

(2000), encontraron que *Fasciolaria tulipa* y *Melongena corona* en Campeche y Yucatán (respectivamente) inician la gametogénesis más temprano, durante los meses de invierno.

En la Tabla 1 se muestran los periodos de gametogénesis y desove de gasterópodos del Golfo de México y Caribe. En esta tabla se puede observar que para una misma especie, los procesos de maduración y liberación de gametos son diferentes, presentándose en uno o dos pulsos y también pueden ser constantes a través del año. Esto podría explicarse por la variabilidad ambiental (temperatura, salinidad, disponibilidad de alimento, etc.) relacionada con la definición y el control de la gametogénesis (Lubet 1991).

La actividad gametogénica en la población de *B. perversum*, estuvo relacionada con el incremento en la temperatura del agua, por ejemplo, la inactividad sexual coincidió con un periodo de baja temperatura en la zona de estudio. Aldana Aranda, et al. (2003), mencionan que la variación en los ciclos reproductivos de las especies en diferentes localidades puede ser asociado a niveles ambientales de inestabilidad. Así mismo, la depredación y competencia inducen el desove masivo y reducen su periodo.

La talla de primera madurez sexual ha sido determinada por primera vez para *B. perversum* y se encuentra alrededor de 205 mm; muy cercana a la determinada para *B. contrarium* la cual se encuentra en 220 mm (De la Torre et al. 2004).

La norma de protección de esta especie se encuentra determinada por la talla de primera madurez de *B.*

Tabla 1. Patrones reproductivos de gasterópodos del Golfo de México y Caribe

Especie	Gametogénesis	Desove	Referencias
<i>Strombus pugilis</i>	Continúa durante todo el año, excepto en julio	De junio a septiembre (1996), en febrero y de marzo a julio (1997)	Aldana et al. (2003)
<i>Strombus pugilis</i>	En hembras en dos pulsos: febrero-junio y septiembre-octubre. En machos de marzo a octubre	En machos evacuación constante a través del año.	Baqueiro et al. (2005)
<i>Strombus pugilis</i>	De marzo a noviembre.	Significativamente correlacionado con los ciclos lunares (segunda semana después de la luna llena)	Reed (1995)
<i>Melongena corona</i>	De noviembre a enero y marzo	Enero y abril	Aldana et al. (2003)
<i>Melongena corona</i>	En machos: febrero y diciembre En hembras: marzo y mayo	Machos: junio, hembras: enero y abril	Zetina et al. (2000)
<i>Fasciolaria tulipa</i>	De enero a marzo.	Constante a través del año con máximo en octubre y diciembre	Aldana et al. (2003)
<i>Busycon perversum</i>	De marzo a noviembre	De septiembre a noviembre	Este trabajo (2010)

contrarium y esta es de 220 mm, el tamaño que se determino en este estudio permite observar que los organismos están siendo capturados por debajo de la talla mínima de primera madurez, esto puede llegar a la sobreexplotación de la especie, la cual soporta el 45% del recurso caracol

Los resultados obtenidos en este trabajo servirán para proponer un esquema de manejo que propicie el aprovechamiento sustentable del recurso caracol en la Sonda de Campeche.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Thierry Brulé por prestar las instalaciones del laboratorio de Ictiología y a la Química Teresa Colás Marrufo por su asesoría en el procesamiento histológico de las muestras. Así mismo se agradece al técnico Manuel Medina Martínez y al pescador Juan Mateo de Seybaplaya por el suministro de organismos. Este trabajo forma parte del proyecto Fomix-Campeche M0003-2008-1/96462.

LITERATURA CITADA

- Abbott, T.R. 1974. *American Seashells. The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coast of North America*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, New York USA. 663 pp.
- Aldana, A.D., E. Baqueiro, I. Martínez, A. Zetina, and T. Brulé. 2003. A Review of the reproductive patterns of gastropod mollusks from Mexico. *Bulletin of Marine Science* **73**(3):629-641.
- Baqueiro, C.E. 2000. Topics on the fishery Biology of conch and whelks of the Northern Campeche state, Mexico. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **45**:982-986.
- Baqueiro, C.E. y J. Stuardo. 1977. Biología y Pesquerías de *Megapitaria aurantiaca*, (Sow, 1831), *M. squalida* (Sow, 1835) y *Dosina ponderosa* (Gray, 1838) de la bahía de Zihuatanejo e Isla Ixtapa, Gro., México. *Annales de In Cent. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M. México* **2**(2):25-32.
- Baqueiro C.E., D. Aldana, and I. Martinez. 2005. Gonad development and reproductive pattern of fighting conch *Strombus pugilis* (Linee, 1758) (Gastropoda, Prosobranchia) from Campeche, Mexico. *Journal of Shellfish Research* **24**(4):1127-1133.
- Bandel, K. 1976. Egg masses of 27 Caribbean Opisthobranchs from Santa Marta, Columbia. *Studies Neotany Fauna and Environment* **11**:87-118.
- De la Torre, R. 1984. Pesquería de caracoles en el estado de Quintana Roo. *Instituto Nacional de Pesca, Ser. Div.* 14:21.
- Fretter, V. and A. Graham. 1964. Reproduction. Pages 127-164 in: K.M. Wilbur (ed.) *Physiology of Mollusca*. Academic Press, New York, New York USA.
- Lubet P. 1991. Reproduction des mollusques. Pages 167-203 in: G. Barnabé (coord.) *Bases Biologiques de l'Aquaculture*. Tec et Doc, Lavoisier, France.
- Reed, S.E. 1995. Reproductive seasonality, periodicity and associated behavior in a colony of *Strombus pugilis* (Mollusca: Gasteropoda) in Puerto Rico. *American Malacological Bulletin* **11**(2):117-121.
- Wise J., M.G. Harasewych, and R.T. Dillon Jr. 2004. Population divergence in the sinistral whelks of North America, with special reference to the east Florida ecotone. *Marine Biology* **145**:1167-1179
- Zetina-Zárate, A., D. Aldana-Aranda, T. Brule y E. Baqueiro. 2000. Ciclo reproductor e índices de condición usados en *Melongena corona* (Mollusca: Gastropoda). *Revista de Biología Tropical* **48** (1):77-86.