

# Efecto del Habitat en la Determinación del Ciclo Reproductivo y Abundancia del Apicomplexa en *Strombus pugilis* en el Banco de Campeche

OLIVIA ARISTE-ZELISSE<sup>2\*</sup>, JOSEFINA SANTOS VALENCIA<sup>1</sup>, MARTHA ENRÍQUEZ DÍAZ<sup>1</sup>, JORGE MONTE-RO<sup>1</sup>, JEAN MARIE VOLLAND<sup>2</sup>, y DALILA ALDANA ARANDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université des Antilles Françaises et la Guayann . UFR des Sciences Exactes et Naturelles, Département de Biologie. B.P. 592. 971 Guadeloupe, French West Indies. \*[olivia.ariste-zelisse](mailto:olivia.ariste-zelisse@univ-antilles.fr). <sup>2</sup>Cinvestav IPN Mérida Crip Campeche Km 6 Antigua Carretera a Progreso, Mérida Yucatán, México 97310.

## RESUMEN

El ciclo reproductivo de *Strombus pugilis* se analizó en las localidades de Tenabo, Campeche, Seybaplaya y Champotón en el estado de Campeche. Veinte organismos fueron colectados mensualmente en cada sitio. Se midió la temperatura, salinidad y se colectó sedimento para determinar el tamaño de grano. Cuatro estadios reproductivos fueron identificados: Gametogénesis, Madurez, Emisión y Reposos sexual. Se determinó la abundancia de Apicomplexa. El ciclo reproductivo de *Strombus pugilis* no mostro diferencias entre los sitios de muestreo pero si a lo largo del periodo de estudio. La abundancia de Apicomplexa no afecta el ciclo reproductivo, los diferentes estadios reproductivos se encuentran relacionados con diferentes temperaturas (gametogénesis 25 ° C) y tamaño de sedimento (madurez y emisión con sedimento limoso).

PALABRAS CLAVE: Ciclo reproductivo, caracol, *Strombus pugilis*, Banco de Campeche, Apicomplexa

## Habitat Impact in the Reproductive Cycle of *Strombus pugilis* in the Campeche Bank and Analysis of Apicomplexa

Reproductive cycle of *Strombus pugilis* was studied at Banco de Campeche, Mexico, in Ténabo, Campeche, Seybaplaya and Champoton. Twenty organisms were monthly sampled in each site. Sediments were analyzed and temperature and salinity were reported. Four reproductive stages were used. Occurrence of Coccidea, Apicomplexa was determined. Reproductive cycle of *S. pugilis* does not show significant difference between sites but it was different during the period studied.

All organisms observed are infested by Apicomplexa parasites which have been found in the digestive gland of every sampled organism. Occurrence of Apicomplexa has not effect in the reproductive cycle. Various stages of the parasite were identified using histology.

KEY WORDS: Reproduction, conchs, habitat, *Strombus pugilis*, Campeche Bank, Apicomplexa

## Effect de l'Habitat sur les Variations du Cycle Reproductif de *Strombus pugilis* du Bank de Campeche Mexico et l'abondance de Apicomplexa

Le cycle reproductif de *Strombus pugilis*, a été évaluée in Banco Campeche, Mexico, en quatre sites : Ténabo, Campeche, Seybaplaya et Champoton correspondant aux principaux ports de pêche, de mars 2008 à février 2010. La salinité, la température et les sédiments ont été relevés.

Chaque individu capturé a été sexé, mesuré puis sacrifié et un bout de glande digestive en est prélevé. A partir de coupes histologiques ont été déterminées l'état de maturité sexuelle de chaque individu ainsi que la quantité en Apicomplexa retrouvés dans le tissu de la glande digestive.

À l'issu de ce travail un cycle reproductif a été identifié avec des périodes de pontes et des périodes de repos sexuel. Concernant les sédiments, des variations annuelles et ponctuelles de granulométrie sont observées. En se qui concerne l'abondance en Apicomplexa dans les structures de la glandes digestive, des variations annuelles sont relevées. Au regard de ces résultats, des corrélations entre cycle reproductif et température, granulométrie et abondance d'Apicomplexa ont été faites en fonctions des habitats.

MOTS CLÉS: Cycle reproductif, *Strombus pugilis*, l'Habitat, Bank de Campeche, Apicomplexa

## INTRODUCCIÓN

El caracol canelo, *Strombus pugilis*, es un gasterópodo herbívoro, forma parte de la familia Strombidae. Su distribución comprende las Bermudas, el Golfo de México, Mar Caribe y sur de Brasil.

La pesca de moluscos es uno de los principales recursos pesqueros en la península de Yucatán, México, en la que ocupa el primer lugar a nivel nacional (Wakida

Kusunoki et al. 2009). Este recurso es esencialmente destinado al consumo local y es de interés económico para las poblaciones costeras del estado de Campeche, como principal productor de gasterópodos del país, aportando más del 94% de la captura.

La producción de moluscos en Campeche no ha cesado de aumentar durante las últimas décadas, de un aporte del 2% en 1980 lloge al 71% en 2003. El cierre indefinido de

la pesca de moluscos en el estado vecino de Yucatán y el creciente número de pescadores han provocado un fuerte presión de pesca sobre este recurso en la zona litoral norte del estado (Santos Valencia et al. 2009). *Strombus pugilis* es capturado principalmente en cuatro localidades: Tenabo, Campeche, Seybaplaya y Champotón, las cuales corresponden a los principales puertos de pesca.

El estudio del ciclo reproductivo en especies de interés comercial es esencial para permitir una buena gestión del recurso. El ciclo reproductivo de una población es caracterizado por el medioambiente que puede variar de un lugar a otro y de un año a otro. La variación del ciclo reproductivo a través de diferentes sitios puede mostrar niveles de inestabilidad del medioambiente y sus fluctuaciones que afectaran el ciclo reproductivo.

El interés de este estudio se centra en mostrar si *S. pugilis* presenta diferencias en los proceso reproductivos dependiendo de los habitat en los que se captura en la costa norte del estado de Campeche, a la vez se observara la abundancia de Apicomplexa en la glándula digestiva de este caracol y se relacionara con las variaciones del ciclo reproductivo.

**MATERIALES Y MÉTODO**

La colecta de organismos se llevo a cabo en las localidades de Tenabo, Campeche, Seybaplaya y Champotón en el estado de Campeche (Figura 1). Se realizaron muestreos mensuales durante marzo 2008 hasta abril 2010. La colecta de 20 caracoles por sitio se realizó mediante buceo autónomo, se hicieron tres transectos de 125 m paralelos a la costa. En cada sitio se tomaron los parámetros de salinidad, temperatura, además de muestras de sedimento para determinar la granulometría del sitio de colecta (Tabla de Wentworth, Tabla 1).

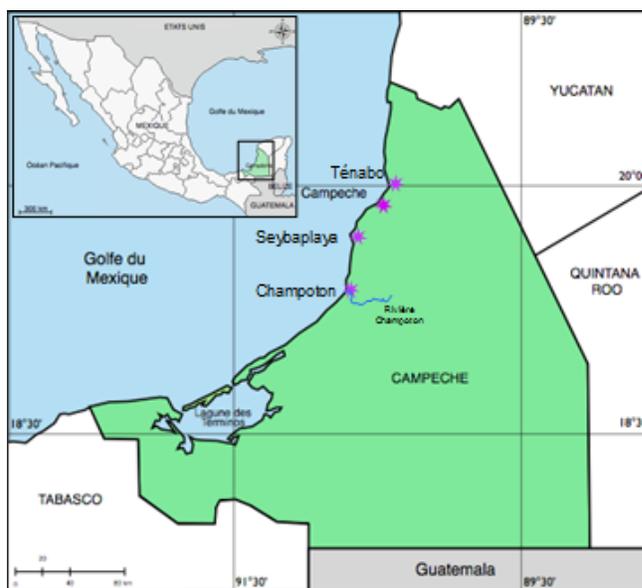
Los organismos colectados se mantuvieron en contenedores plásticos de 18 L con agua de mar hasta su llegada al laboratorio. A cada organismo se le tomaron las medidas de: longitud sifonal (mm), peso total (concha + carne) (gr), peso del músculo (gr), peso del complejo glándula digestiva-gónada (gr), además se determino el sexo de forma macroscópica (presencia de pene = machos/ oviducto = hembras).

Para la extracción de la carne y masa visceral, se realizó una perforación en la espira de la concha, se separo el músculo de la concha y se extrajo el organismo. Para el análisis histológico-reproductivo, se tomo la porción media del complejo glándula digestiva-gónada. El tejido fue fijado en Bouin y deshidratado con una serie de baños crecientes de alcohol, finalmente el tejido fue incluido en parafina. Se realizaron cortes histológicos de seis micras de espesor y se tiñeron con las técnicas Tricrómica de Mason y Azul-Alcian (modificadas por Aldana y Frenkiel 2004).

La determinación del sexo y los estadios gametogénicos, se realizó mediante el análisis microscópico de cada lámina histológica (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 consto de cuatro etapas de acuerdo a la siguiente descripción:



**Figura 1.** Sitios de colecta de *Strombus pugilis*, en el Estado de Campeche: Tenabo, Campeche, Seybaplaya y Champotón.

**Tabla 1.** Escala de Wentworth para sedimentos

Díámetro de partículas	Tipos de sedimento
3050	Gravas
1300	Arena muy gruesa
960	Arena gruesa
460	Arena media
240	Arena fina
120	Arena muy fina
61	Limo grueso
43	Limo medio
FT (fondo del tamiz)	Limo fino

*Indiferenciado o Reposo sexual* — No se observan células germinales, se observa 100% de tejido conectivo.

*Gametogénesis* — Tejido conectivo disminuye; en machos los túbulos presentan espermatogonias, espermatocitos y espermatozoides. En hembras, los túbulos presentan granos vitelinos; los ovocitos no se tocan y están bien diferenciadas

*Madurez* — 100% de los túbulos en los machos están llenos de espermatozoides. En las hembras el límite entre un ovocito y otro es difícil de observar, no se observa el tejido conectivo

*Emisión de gametos* — El tejido conectivo aumenta, los túbulos contienen pocos o ningún espermatozoide, en machos presencia del canal vasodeferente lleno de espermatozoides. En hembras los túbulos comienzan a vaciar los gránulos de vitelo

La presencia de Apicomplexa fue determinada por el número de estos organismos presentes en las células cripticas de la glándula digestiva, así, la evaluación se realizó sobre tres cortes histológicos de tejido en cada lámina. Se contaron los tres estadios de Apicomplexa: trofozoito, gametocisto y gamonte.

## RESULTADOS

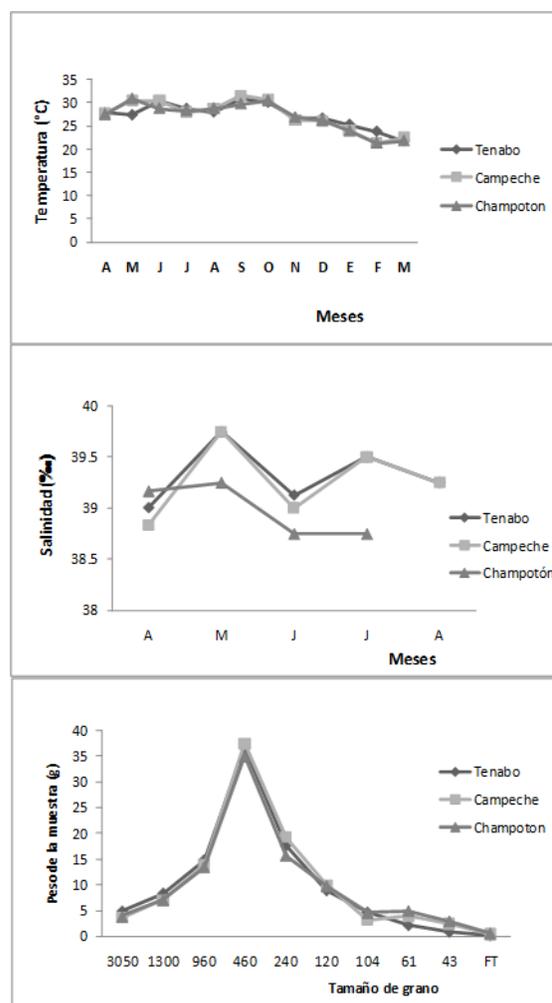
Los datos obtenidos sobre *Strombus pugilis*, son el resultado de dos años (junio 2008 - febrero 2010) de seguimiento de esta especie en diferentes localidades pesqueras del Estado de Campeche.

### Habitat: Parámetros Ambientales

Los datos de los parámetros ambientales de temperatura, salinidad y granulometría fueron obtenidos de abril 2009 a Marzo 2010. En la Figura 2A se observa que en los meses de mayo y junio se presentaron temperaturas superiores a los 30°C, mientras que los meses de diciembre a marzo se caracterizaron por presentar temperaturas menores a 26°C, llegando hasta los 21°C. El parámetro de salinidad se midió de abril a agosto 2009, durante estos meses la salinidad oscilo entre los 39‰ y 40‰, no presentando diferencias significativas entre las localidades. Sin embargo, la localidad de Champotón siempre presentó una salinidad menor (39‰), esto puede relacionarse con la cercanía del afluente del Río Champotón (Figura 2B).

Por otra parte, con respecto al tamaño de grano del sedimento, se observó que la partícula de 460 µm de diámetro que corresponde a arenas medias (escala de Wentworth) fue la que siempre tuvo mayor representación en peso, entre 35 y 37 gr en cada análisis y en todos los sitios de muestreo (Figura 2C). La composición de los sedimentos entre las localidades, vario a lo largo del muestreo, Champotón es el sitio que presenta el sedimento más grueso, llegándose a encontrar arena gruesa y grava.

Al contrario, en la localidad de Campeche la mayor parte del sedimento pertenecía a partículas finas de diámetro menor o igual a 240 µm. En cuanto a la estacionalidad se observó que en octubre y noviembre se observa un aumento en la proporción de gravas y disminución de arenas medias en Champotón, mientras que en Campeche, durante el mismo periodo se observó el aumento en la proporción de arena media y disminución de arenas gruesas.



**Figura 2.** Temperatura (°C), Salinidad (‰) y Tamaño de grano de partícula (gr) obtenido en las localidades pesqueras de Tenabo, Campeche y Champotón pertenecientes al Estado de Campeche (escala de Wentworth). A) Temperatura, B) Salinidad y C) Granulometría.

### Proporción de Sexos

De los 417 caracoles *S. pugilis* analizados, el 61.77% fueron hembras, mientras que tan solo el 38.23% 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

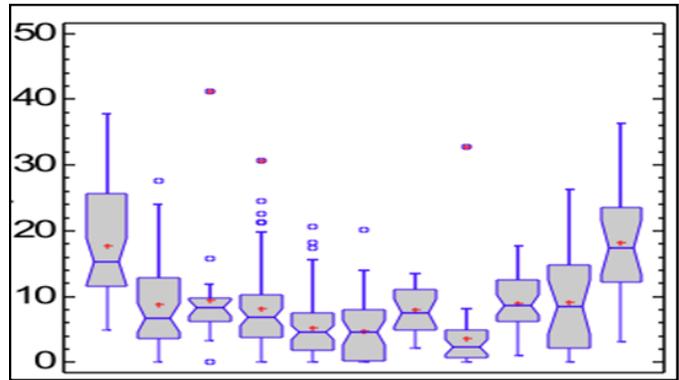
1.62H:1M. Durante todo el periodo de muestreo la proporción de hembras fue superior al 50% a excepción de junio 2008 y febrero 2009 (Figura 3).

**Ciclo Gonádico en Ambos Sexos**

El periodo de gametogénesis se observo en dos picos, el primero durante los meses de febrero a abril y el segundo en noviembre, ambos con una proporción superior al 50%. Los organismos en fase de madurez se observaron a partir de mayo hasta julio, el pico de madurez fue en mayo (51%), en julio tan solo el 24% de los organismo se observaron en este estadio (Figura 4). La emisión de gametos se registró de marzo a junio, con valores entre 14% y 43%, en septiembre y octubre se observo nuevamente el estadio de emisión de gametos. El estadio de reposo sexual en *Strombus pugilis* se observo a lo largo del estudio, presentados en proporción superior al 50% desde junio hasta diciembre (Figura 4).

**Abundancia de Apicomplexa**

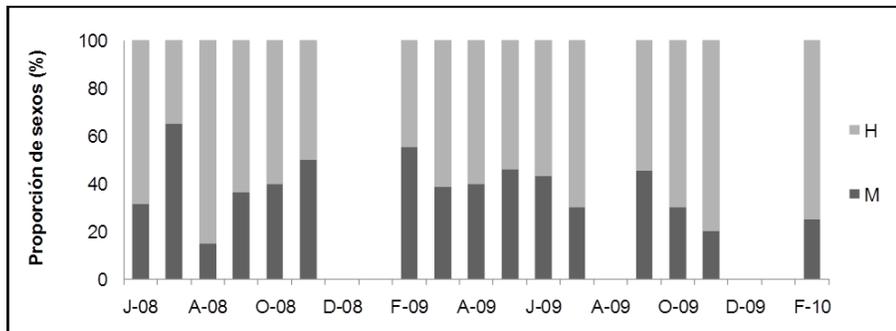
La abundancia promedio de Apicomplexa en la glándula digestiva de *S. pugilis* fue mayor en los meses de febrero y diciembre (18 Apicomplexa por campo de observación a 40x). Por el contrario, de junio a septiembre se observaron valores menores a seis. La mayor cantidad de Apicomplexa fue observada en los *S. pugilis* colectados en la localidad de Tenabo (Figura 5).



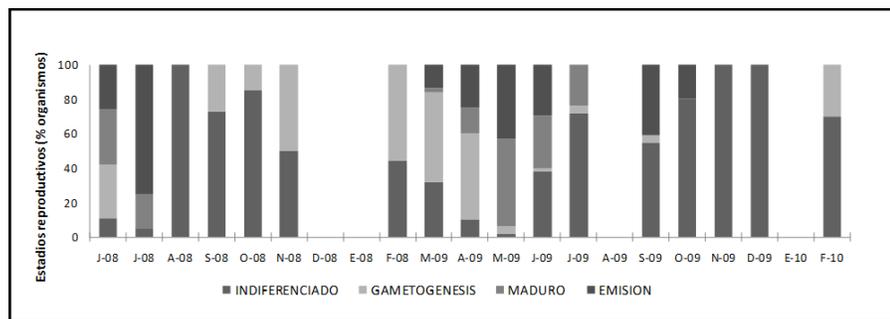
**Figura 5.** Abundancia promedio de Apicomplexa por individuo de *Strombus pugilis* a lo largo del periodo de estudio.

**Ciclo Reproductivo en Función de los Parámetros Ambientales y Apicomplexa**

Los resultados de los análisis de componentes principales (ACP), mostraron que el ciclo reproductivo de *S. pugilis* está influenciado por la temperatura (Figura 6). Se observo que cada estadio de desarrollo gametogénico se asoció a una temperatura diferente. La gametogénesis se desarrolló entre los 25°C y 26°C, mientras que los estadios de madurez y emisión de gametos se presentaron en temperaturas más elevadas (28°C y 29°C). Los organis-



**Figura 3.** Proporción de sexos de *Strombus pugilis* en el estado de Campeche, observados durante el periodo de estudio.



**Figura 4.** Estadios reproductivos de *Strombus pugilis* observados durante el periodo de estudio en cuatro localidades pesqueras del estado de Campeche

mos en reposo sexual se observaron asociados a temperaturas comprendidas entre los 27°C y 28°C. Los ACP para observar la asociación con el parámetro de salinidad no mostraron ninguna relación, con el ciclo reproductivo.

Los ACP realizados con el parámetro de granulometría, mostraron una correlación con el ciclo reproductivo de *S. pugilis* y el tamaño de grano (Figura 7). La gametogénesis se desarrolló en los sitios donde el sedimento presentó partículas finas (menores a cinco), el estadio de madurez se observó en partículas de cinco, mientras que la emisión de gametos se presentó asociada a partículas entre cinco y 10. Por otra parte, los organismos en reposo sexual se observaron asociados a partículas de diámetros mayores (entre 25 y 30).

En la Figura 8 se observa que la abundancia de Apicomplexa es menor en los individuos que se encuentran en reposo sexual, mientras que en los estadios de gametogénesis, madurez y emisión de gametos presentan una fuerte abundancia de Apicomplexa.

## DISCUSIÓN

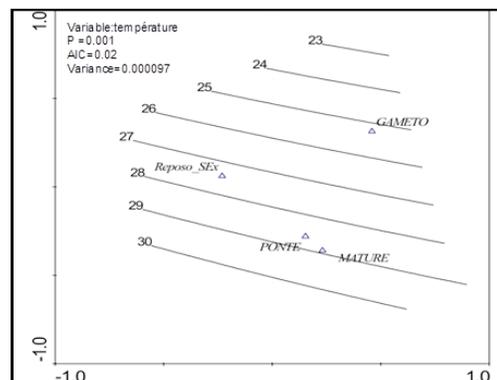
### Habitat: Parámetros Ambientales

Los parámetros ambientales no presentaron variación entre los sitios de muestreo, pero si, en relación al tiempo. La temperatura se puede agrupar en dos periodos, un periodo cálido con temperaturas de 27 a 32°C que correspondieron a abril-noviembre y, un periodo frío, con temperaturas de 22 a 26°C, asociadas a diciembre-marzo; estos datos concuerdan con la descripción de la zona (Ortega M. 1995, Yañez-Arancibia y Day 1988).

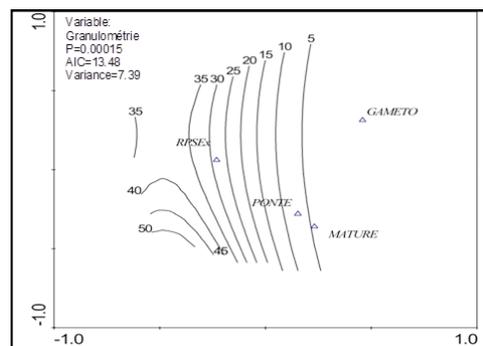
La composición sedimentaria de los sitios de estudio al igual que la temperatura, no presentó variación entre ellos, pero si a lo largo del año, en los meses de lluvias y nortes se presentó el aumento en la proporción de partículas finas (120 µm) en las localidades de Champotón y Campeche, esto puede relacionarse con la cercanía del Río Champotón (López-López 2009). Sin embargo, en la localidad de Tenabo, las partículas más finas encontradas son superiores a las 240 µm, indicando mayor influencia del ambiente marino. La composición del sedimento en la costa de Campeche puede estar influenciado por partículas de río al medio marino y de un ambiente marino biogénico propio de la zona (Mendoza y Ortiz-Pérez 2000, López-López 2009).

### Ciclo Reproductivo

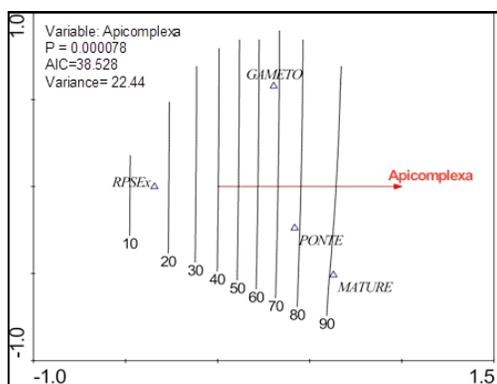
El ciclo reproductivo de *S. pugilis* entre las localidades de Tenabo, Campeche, Seybaplaya y Champotón no presentó diferencias significativas. La proporción de hembras de *S. pugilis* fue mayor durante todo el estudio y de acuerdo con Baqueiro-Cárdenas et al. (2005) al asociarlo con el periodo estacional en la emisión de gametos, se puede relacionar que las hembras son las que



**Figura 6.** Relación de los estadios reproductivos en función de la temperatura (°C) obtenido en las localidades pesqueras de Tenabo, Campeche y Champotón del Estado de Tabasco. Gameto = Gametogénesis, Mature = Madurez, Ponte = Emisión de gametos y RPSEX = Reposo sexual.



**Figura 7.** Relación de los estadios reproductivos en función del tamaño de grano (escala de Wentworth) obtenido en las localidades pesqueras de Tenabo, Campeche y Champotón del Estado de Tabasco. Gameto = Gametogénesis, Mature = Madurez, Ponte = Emisión de gametos y RPSEX = Reposo sexual.



**Figura 8.** Estadios reproductivos de *Strombus pugilis* en función de la abundancia de Apicomplexa. Gameto = Gametogénesis, Mature = Madurez, Ponte = Emisión de gametos y RPSEX = Reposo sexual.

determinan el comportamiento reproductivo de la población.

Baqueiro-Cárdenas et al. en 1997 mostraron que las poblaciones de *S. pugilis* se pueden reproducir durante todo el año, no obstante, en este estudio se observaron periodos de reposo sexual bien definidas, con el 100% de los organismos en este estadio, principalmente en los meses en los que la temperatura desciende a menos de 27° C. La gametogénesis presento dos picos: de febrero a mayo donde la temperatura fue de 21°C a 26°C y otro de septiembre a noviembre con temperaturas bajas. Madurez y emisión se presentaron en temperaturas de 28 y 29°C, observándose que la temperatura tiene un papel importante en el comportamiento reproductivo de *S. pugilis*.

En este estudio presentaron asociación los procesos reproductivos de gametogénesis, madurez y emisión con los sitios de sedimentos finos (limosos, no habiendo datos para hacer el comparativo).

En relación a la abundancia de Apicomplexa en la glándula digestiva de *S. pugilis* y su relación con los proceso reproductivos, se observó que las temperaturas 26-27°C están asociadas a mayor abundancia de Apicomplexa. Gros et al. (2009) mencionan que los estados de gamonte y gametocisto son característicos de la multiplicación y dispersión de los Apicomplexa y son mas influenciados por temperaturas bajas que los del estado trofozoito. Con base en el conjunto de observaciones del presente trabajo se puede proponer un período de veda estacional en la cual queda protegido el periodo de madurez y emisión, que sería de mayo a octubre.

#### LITERATURA CITADA

- Baqueiro Cárdenas, E., D. Aldana Aranda, and G. Martínez Olivares. 2005. Gonad development and reproductive pattern of the fighting conch *Strombus pugilis* (Linee, 1758) (Gastropoda, Prosobranchia) from Campeche, Mexico. *Journal of Shellfish Research* **24**(4):1127-1133.
- Baqueiro Cárdenas, E., L.Frankiel, A. Zetina Zarate, and D. Aldana Aranda. 2007. Coccidian (Apicomplexa) parasite infecting *Strombus gigas* linné, 1758 digestive gland. *Journal of Shellfish Research* **26**(2):319-321.
- Gros, O., L. Frenkiel, and D. Aldana Aranda, 2009. Structural analysis of the digestive gland of the queen conch *Strombus gigas* Linnaeus, 1758 and its intracellular parasites. *Journal of Molluscan Studies* **75** (1):59-68.
- López-López, E., J.E. Sedeño-Díaz, F. Romero, and P. Trujillo-Jiménez. 2009. Spatial and seasonal distribution patterns of fish assemblages in the Río Champotón, southeastern Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **19**(2):127-142.
- Mendoza, M. y M.A. Ortiz Pérez M. 2000. Caracterización geomorfológica del talud y la plataforma continentales de Campeche-Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.* **43**:7-31.
- Ortega, M.M. 1995. Observaciones del fitobentos de la laguna de Términos, Campeche, México. *Anales de Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botanica* **66**(1):1-36.
- Santos Valencia, J., J. Seca-Escalante, M. Medina-Martínez, D. Murillo-Guerrero y M. Huchín-Maturel. 2009. La pesquería de caracol en la zona norte de Campeche. *Foro regional de Caracol del Golfo de México y Mar Caribe.* <http://www.inapesca.gob.mx/portal/component/content/article/17-publicaciones/82-memorias-de-foro>
- Yañez-Arancibia, A. and J.W. Day. 1988. Ecological characterization of Terminos lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the southern Gulf of Mexico. Pages 2-26 in: A. Yañez Arancibia and J.W. Day, Jr (eds.) *Ecología de los Ecosistemas Costeros del Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos.* 1988. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Wakida Kusunoki, A.T., L.E. Amador Del Angel, and J. Santos Valencia. 2009. La pesquería de caracol en el ANFF laguna de Terminos, Mexico: descripción y necesidades de investigación. *Foro regional de Caracol del Golfo de México y Mar Caribe.* <http://www.inapesca.gob.mx/portal/component/content/article/17-publicaciones/82-memorias-de-foro>.