



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CALIDAD DE LA MASA OVÍGERA DEL CARACOL ROSADO  
*Strombus gigas* ASOCIADO AL DESARROLLO EMBRIONARIO  
Y A LA SOBREVIVENCIA DE LARVAS EN CULTIVO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIOLOGA**

**P R E S E N T A:**

**BRENDA SALGUERO SILVA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. AURORA CLAUDIA PADILLA SOUZA  
2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## HOJA DE DATOS DEL JURADO

<p>1. Datos del alumno Salguero Silva Brenda 50126496 Universidad Nacional Autonoma de Mexico Facultad de Ciencias Biología 095196736</p>
<p>2. Datos de tutor Dra Aurora Claudia Padilla Souza</p>
<p>3. Datos del sinodal 1 Dra María del Carmen Uribe Aranzábal</p>
<p>4. Datos del sinodal 2 Dr Francisco Alonso Solís Marín</p>
<p>5. Datos del sinodal 3 M en C María del Pilar Torres García</p>
<p>6. Datos del sinodal 4 Dr Pedro García Barrera</p>
<p>7. Datos del trabajo escrito Calidad de la masa ovígera del caracol rosado <i>Strombus gigas</i> asociado al desarrollo embrionario y a la sobrevivencia de larvas en cultivo 95 p 2009</p>

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de determinar la calidad de la masa ovígera del caracol rosado *Strombus gigas* en términos de desarrollo embrionario, eficiencia de eclosión y su efecto en la sobrevivencia larval en condiciones de cultivo. Para ello se realizaron dos colectas de masas ovígeras en un banco reproductor ubicado en el arrecife Chankana'ab, Quintana Roo en Julio y Septiembre del 2005. El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Puerto Morelos del Instituto Nacional de Pesca; en primer lugar se determinó el efecto del tamaño de las masas ovígeras en la eficiencia de eclosión para lo cual se obtuvo el porcentaje de eclosión a partir del número de larvas que nacieron por día en relación con el número total de huevos en la masa ovígera durante cuatro días de eclosión para dos masas y tres días para una masa ovígera. Se observó que la masa con mayor peso registró mayor porcentaje de eclosión para el primer día, sin embargo, los días posteriores estuvieron relacionados con factores biológicos en este caso la fecundación de los huevos. En segundo lugar se tomaron fotografías al microscopio y se registró el tamaño del huevo, ancho de filamento y número de huevos por milímetro durante la incubación en dos masas ovígeras las cuales se etiquetaron como masa I y masa II. Por otro lado estas mismas variables se analizaron con respecto a la ubicación del huevo dentro de la masa ovígera considerando tres secciones (A, B, C) posteriormente se relacionaron con el desarrollo embrionario. Se encontraron variaciones cuantitativas en todos los días de incubación y en las tres secciones como resultado del orden de ovoposición del filamento y del crecimiento del huevo de la larva veliger. Por medio de las fotografías se observó que la parte media (sección B) de la masa ovígera I no estaba completamente fertilizada, sin embargo, la masa II estaba fertilizada en todas las secciones.

En cuanto a los parámetros cuantitativos la masa II tuvo mayor diámetro de huevo, menor número de huevos por milímetro y menor ancho de filamento que la masa I, en cuanto a la sobrevivencia larval la masa II fue 2% mayor que la masa I.

Por lo tanto, el tamaño de la masa ovígera está relacionado con el porcentaje de eclosión y el diámetro del huevo a su vez con la cantidad de reservas que utiliza la larva veliger durante los primeros días aumentando las posibilidades de sobrevivencia. Por otra parte a

partir de los datos de eclosión, se observó que las masas de mayor tamaño eclosionan casi un 50% mientras que las más pequeñas alcanzan un 30% de eclosión total.

Por último, se encontró que el tamaño de la veliger varió con el día de eclosión y que independientemente de la longitud sifonal al nacer los últimos nacimientos presentaron menor mortalidad.

## ÍNDICE

I. Introducción.....	
II. Antecedentes.....	
2.1. Clasificación taxonómica.....	
2.2. Distribución geográfica y Hábitat.....	
2.3. Biología de la especie.....	
2.3.1. Ciclo de vida.....	
2.3.2. Reproducción.....	
2.3.3. Madurez sexual.....	
2.3.4. Desarrollo embrionario.....	
2.3.5. Crecimiento larval.....	
2.3.6. Metamorfosis.....	
2.3.7. Etapa juvenil.....	
2.3.8. Movimiento y migración de <i>Strombus gigas</i> .....	
2.4. Pesquería de la especie.....	
2.4.1. Importancia económica.....	
2.4.2. Sobreexplotación.....	
2.4.3. Medidas de manejo y regulación de la pesquería.....	
2.5. Historia del cultivo.....	
III. Área de estudio.....	
3.1. Sitio de colecta.....	
3.2. Instalaciones del Centro Regional de Investigaciones pesqueras Puerto Morelos, Quintana Roo.....	
IV. Objetivos.....	
V. Métodos.....	
5.1. Colecta y tratamiento de la masa ovígera.....	
5.2. Sistemas de cultivo.....	
5.3. Determinación de las variaciones cuantitativas.....	
5.4. Descripción del patrón de eclosión.....	
5.5. Supervivencia larval asociada al día de eclosión.....	

5.6. Tamaño de la veliger al nacer asociado al día de eclosión y sobrevivencia larval.....	
VI. Resultados.....	
6.1. Efecto del tamaño de la masa ovígera.....	
6.2. Variación de los parámetros cuantitativos durante la incubación.....	
6.2.1. Diámetro del huevo.....	
6.2.2. Ancho del filamento.....	
6.2.3. Número de huevos por milímetro.....	
6.2.4. Ubicación del huevo dentro de la masa ovígera.....	
6.2.4.1. Diámetro del huevo.....	
6.2.4.2. Ancho del filamento.....	
6.2.4.3. Número de huevos por milímetro.....	
6.3. Patrón de eclosión.....	
6.4. Tamaño de la veliger al nacer.....	
VII. Discusión.....	
VIII. Conclusiones.....	
IX. Literatura Citada.....	

## I. INTRODUCCIÓN

El caracol rosado *Strombus gigas* habita las aguas someras de la región del Caribe y representa un recurso pesquero de alto valor comercial para esta zona (Berg, 1976; Brownell, 1977). Debido a su poca movilidad en aguas transparentes, a su fácil captura por buceo libre aunado a su gran demanda alimenticia, artesanal y en años recientes a la destrucción de su hábitat, ha ocasionado que sus poblaciones disminuyan drásticamente. Esta situación ha propiciado el interés en evaluar el potencial de cultivar este caracol, ya que posee características que lo hacen ser una especie idónea para el cultivo debido a su condición de herbívoro, a su alto potencial reproductivo y a la ausencia de enfermedades (D'Asaro, 1965; Berg, 1976; Brownell, 1977; Cruz, 1986; Davis, 1994). De esta forma se plantea el cultivo del caracol rosado como una posible solución al problema de la sobreexplotación del recurso, por lo que diversos grupos de investigación se han interesado en desarrollar la tecnología apropiada para el cultivo del caracol rosado a partir de los estudios realizados por D'Asaro (1965), Berg (1976) y Brownell (1977).

El desarrollo de los programas de cultivo del caracol rosado comenzó a partir de los años 70's, cuyo objetivo fue la producción de semilla de caracol y repoblar con juveniles cultivados las poblaciones naturales. Sin embargo estos programas tuvieron limitantes económicas que detuvieron los programas de resiembra (Berg y Olsen, 1983), ya que no se ha demostrado la efectividad de esta actividad de restauración (Siddall, 1984; Díaz Avalos, 1991). En consecuencia se ha cambiado el rumbo de los programas de acuacultura y actualmente se produce semilla de caracol a partir de masas de huevo colectadas *in situ*, los cuales pueden ser utilizados para su venta en acuarios en los primeros estadios de vida, así mismo, se lleva acabo el semicultivo que consiste en la cría de juveniles en sistemas marinos hasta que alcancen una talla comercial y puedan



ser consumidos como alimento o para incrementar el stock reproductivo cuando alcancen tallas mayores (Davis y Shawl, 2003).

Bajo estas circunstancias, el objetivo principal de este trabajo de investigación fue identificar algunos parámetros cuantitativos que permitan evaluar la calidad de la masa ovígera en términos de eficiencia de eclosión y sobrevivencia larval, con la intención de contribuir a mejorar las técnicas de cultivo a través de contar con un mejor conocimiento del comportamiento de la especie en sus primeros estadios de vida bajo condiciones de cultivo.

Debido a que no existe información específica sobre las características de una masa ovígera relacionadas con un mayor éxito durante la eclosión y desarrollo larval en sistemas de cultivo, fue necesario analizar en primera instancia el efecto que tiene el tamaño de la masa ovígera, estimado a partir del peso, sobre el porcentaje de eclosión, es decir, el número de larvas que nacen de cada masa ovígera. En segundo lugar se utilizaron parámetros cuantitativos de la masa ovígera como el tamaño del huevo, ancho del filamento y número de huevos a lo largo de la masa ovígera, para este mismo propósito. Posteriormente con la finalidad de describir el patrón de eclosión se analizó la cantidad y calidad de larvas que nacen por día y se evaluó su relación con la sobrevivencia larval. Por último para determinar el efecto que tiene el día de eclosión en el tamaño de la veliger y en la sobrevivencia larval, se calculó el tamaño de la veliger al nacer para cada día de nacimiento y éste se relacionó con la sobrevivencia de las larvas en cultivo.

De este modo, la posibilidad de determinar la calidad de la masa ovígera relacionada con el éxito en su desarrollo embrionario y sobrevivencia larval a través de parámetros medibles permite proponer modificaciones en la tecnología actual de cultivo del caracol rosado.

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de determinar la calidad de la masa ovígera del caracol rosado *Strombus gigas* en términos de desarrollo embrionario, eficiencia de eclosión y su efecto en la sobrevivencia larval en condiciones de cultivo. Para ello se realizaron dos colectas de masas ovígeras en un banco reproductor ubicado en el arrecife Chankana'ab, Quintana Roo en Julio y Septiembre del 2005. El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Puerto Morelos del Instituto Nacional de Pesca; en primer lugar se determinó el efecto del tamaño de las masas ovígeras en la eficiencia de eclosión para lo cual se obtuvo el porcentaje de eclosión a partir del número de larvas que nacieron por día en relación con el número total de huevos en la masa ovígera durante cuatro días de eclosión para dos masas y tres días para una masa ovígera. Se observó que la masa con mayor peso registró mayor porcentaje de eclosión para el primer día, sin embargo, los días posteriores estuvieron relacionados con factores biológicos en este caso la fecundación de los huevos. En segundo lugar se tomaron fotografías al microscopio y se registró el tamaño del huevo, ancho de filamento y número de huevos por milímetro durante la incubación en dos masas ovígeras las cuales se etiquetaron como masa I y masa II. Por otro lado estas mismas variables se analizaron con respecto a la ubicación del huevo dentro de la masa ovígera considerando tres secciones (A, B, C) posteriormente se relacionaron con el desarrollo embrionario. Se encontraron variaciones cuantitativas en todos los días de incubación y en las tres secciones como resultado del orden de ovoposición del filamento y del crecimiento del huevo de la larva veliger. Por medio de las fotografías se observó que la parte media (sección B) de la masa ovígera I no estaba completamente fertilizada, sin embargo, la masa II estaba fertilizada en todas las secciones.

En cuanto a los parámetros cuantitativos la masa II tuvo mayor diámetro de huevo, menor número de huevos por milímetro y menor ancho de filamento que la masa I, en cuanto a la sobrevivencia larval la masa II fue 2% mayor que la masa I.

Por lo tanto, el tamaño de la masa ovígera está relacionado con el porcentaje de eclosión y el diámetro del huevo a su vez con la cantidad de reservas que utiliza la larva veliger durante los primeros días aumentando las posibilidades de sobrevivencia. Por otra parte a partir de los datos de eclosión, se observó que las masas de mayor tamaño eclosionan casi un 50% mientras que las más pequeñas alcanzan un 30% de eclosión total.

Por último, se encontró que el tamaño de la veliger varió con el día de eclosión y que independientemente de la longitud sifonal al nacer los últimos nacimientos presentaron menor mortalidad.

---

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Clasificación taxonómica

El caracol rosado se clasifica de la siguiente manera (Warmke y Abbott, 1961):

Phylum Mollusca

Clase Gastropoda

Orden Mesogastropoda

Superfamilia Stromboidea

Familia Strombidae

Género *Strombus*

*Strombus gigas* Linné, 1758.

El Phylum Mollusca es un grupo animal morfológicamente diverso, su nombre proviene del latín *molluscus*, que significa suave, dentro de las características más importantes de éste grupo destacan la simetría bilateral, cuerpo ovoide, el cual presenta tres regiones distinguibles: cabeza, pie y vísceras concentradas dorsalmente, conocidas como masa visceral. Posee una epidermis denominada manto, la cual secreta la concha del animal; rodeando a la masa visceral se encuentra la cavidad del manto, donde generalmente están las agallas o ctenidio, osfradio, nefridioporos, gonoporo y ano. La región bucal exhibe una rádula, estructura dentada parecida a una lengua que sirve para raspar y obtener su alimento. Con respecto al desarrollo embrionario la segmentación es de tipo espiral y se producen dos larvas sucesivas: la trocófora y la larva veliger (Barnes, 1996). Los gasterópodos incluyen a los caracoles y las babosas de mar, ésta es la única Clase de moluscos que presenta torsión y la concha es espiral asimétrica utilizada como protección por el organismo.

El caracol rosado (*Strombus gigas*, Linné 1758), por tanto, pertenece a la Clase Gastropoda y al Orden Mesogastropoda, el cual usualmente tiene siete dientes sobre la rádula (Ruppert y Barnes, 1994), asimismo, se encuentra dentro de la Familia

Strombidae que se caracteriza por la formación de un abanico o labio en la abertura de la concha. Cuando el caracol alcanza la madurez sexual se presenta una muesca característica del género en la orilla del labio exterior por la cual se asoma el pedúnculo del ojo derecho (Montes y Rodríguez, 1989).

El caracol *Strombus gigas* tiene diferentes nombres, en México se le llama caracol rosa, caracol abanico o caracol reina, sin embargo, en otros países se le conoce como guarura (Los Roques), cobo (Cuba), pala (Colombia), cambombia (Panamá), lambí (Islas Windward), caracol gigante (Honduras), cambute (Costa Rica), caracol abulón (Guatemala), botuto (Venezuela), carrucho (Puerto Rico) (Brownell y Stevely, 1981) y carco (Antillas Holandesas) (Siddall, 1984).

Los miembros de la Familia Strombidae generalmente se distribuyen en la región oceánica Indo-Pacífica, y solo seis especies de éstos se encuentran en la región del Caribe, todos pertenecientes al género *Strombus*. Las seis especies son: *S. gigas*, *S. raninus*, *S. costatus*, *S. alatus*, *S. gallus* y *S. pugilis*.

El caracol rosado *Strombus gigas* se distingue de las otras cinco especies por su gran tamaño ya que alcanza tallas de 15 a 30 cm; presenta sombras amarillas, rosas y naranjas en la apertura de la concha, periostraco bastante grueso y calloso (Abott, 1954) y exhibe espinas de crecimiento largas y marcadas.

Flores (1964) menciona ocho características morfológicas del caracol rosado, las cuales se enlistan a continuación: la concha es gruesa y generalmente de gran tamaño, el labio es distendido en forma de ala, cuya superficie interna es lisa y brillante, el área parietal es lisa, brillante y convexa, el cono del cuerpo presenta una hilera de protuberancias cerca de la sutura, el periostraco es generalmente amarillo, fácilmente desprendible, el opérculo es de color miel y alargado, el cual presenta una gruesa cresta en sus superficie

interna, el pie es el área de inserción en la superficie interna cuya longitud abarca aproximadamente un tercio de la longitud total y se encuentra en el extremo más ancho.

## 2.2. Distribución geográfica y Hábitat.

Los caracoles de la especie (*Strombus gigas* Linné 1758), se distribuyen en aguas tropicales y subtropicales de la región zoogeográfica del Caribe desde Bermudas, Bahamas, sur de Florida, Cuba, el sureste del Golfo de México, península de Yucatán, Antillas menores, Centro América, Venezuela hasta Brasil (Brownell y Stevely, 1981) (Fig. 1). Su distribución hacia Suramérica es limitada por el río Amazonas y Orinoco, donde el nicho es ocupado por *Strombus goliath* (Berg, 1981).



Fig. 1. Distribución geográfica del caracol rosado *Strombus gigas* en el mar Caribe.

El caracol se localiza en una variedad de habitats como son las zonas someras de pastos marinos compuestos principalmente de *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, arenales conocidos como blanquiales, y en áreas de pedacería de conchas y coral. La distribución batimétrica puede variar desde unos cuantos centímetros hasta 76m, sin embargo, la mayor parte de los organismos se localizan hasta 30m (Randall, 1964). Esto probablemente se deba a que en aguas más profundas hay

poca luz, lo que limita el crecimiento de algas y pastos marinos, de los cuales se alimenta.

## **2.3. Biología de la especie**

### **2.3.1. Ciclo de vida**

El ciclo de vida del caracol rosado *Strombus gigas*, presenta dos fases: la planctónica y la bentónica; la primera, cuya duración aproximada es de cuatro semanas, se caracteriza por la eclosión de larvas las cuales viven en el plancton y se alimentan de microalgas, la segunda se identifica por el asentamiento del caracol en el fondo bentónico donde permanece el resto del ciclo de vida.

En la fase planctónica la masa ovígera, en función de la temperatura, eclosiona de tres a cinco días después del desove (Rodríguez Gil *et al*, 1991), de éste nacen larvas velígeras de vida pelágica, denominadas así por poseer un velo compuesto por dos lóbulos, los cuales se dividen hasta alcanzar seis, mismos que se desarrollan y crecen en longitud.

Después de este periodo la larva veliger pierde su capacidad natatoria, se asienta en el fondo e inicia la metamorfosis. Este hecho marca el comienzo de la fase bentónica, el cual se caracteriza por el asentamiento y la reabsorción de los lóbulos velares, convirtiéndose finalmente en un caracol. De este modo, la larva pelágica micrófaga se convierte en un organismo ramoneador bentónico, por lo tanto, utilizara la probóscide para conseguir alimento raspando las algas epífitas de los pastos marinos o de las piedras (D'Asaro, 1965; Brownell, 1977; Berg, 1981).

Al término de la metamorfosis el caracol, de 1mm aproximadamente, presenta el desarrollo funcional de todos los órganos adultos, a excepción del aparato reproductor. La madurez sexual la alcanza entre el segundo y tercer año y medio de vida, cuando el peristoma o labio se ha desarrollado por completo. Posteriormente el crecimiento de la

concha en longitud cesa y solo aumenta el grosor del labio, estos caracoles adultos pueden reproducirse y comenzar el ciclo (Fig. 2).



Fig. 2. Ciclo de vida del caracol rosado “*Strombus gigas*” (tomado de Padilla, *et. al.*, 2007).

### 2.3.2. Reproducción

Los caracoles son organismos dioicos con fertilización interna, se presenta dimorfismo sexual, las hembras suelen ser más grandes, éstas almacenan esperma y pueden ovopositar en ausencia de machos por varias semanas después de su última copulación (D’Asaro, 1965; Weil y Laughlin, 1984).

Durante la cópula el macho se coloca atrás de la hembra y su pene se extiende por el canal sifonal alcanzando la región genital de la hembra (Berg, 1975). Cuando ocurre la depositación de la masa ovígera la hembra busca un sustrato de arena calcárea limpia, de bajo contenido orgánico y libre de algas, conocido como blanquizal, en el cual forma una cavidad en la arena y empieza el desove de un filamento gelatinoso que es liberado por el canal ovígero. Sin desplazarse y moviendo su pie de adelante hacia atrás va



formando la masa ovígera en forma de “S” (Orr y Berg, 1987). Este proceso puede durar de 24 a 36 hrs. (Randall 1964, D’asaro 1965) (Fig. 3).

El filamento de la masa se compone de dos revestimientos, la primera, la membrana externa cubierta de mucílago a la cual se adhieren granos de arena, éstos le proveen a la masa ovígera camuflaje contra los depredadores; dentro de ésta, se encuentra la membrana interna en forma de hélice o espiral donde por cada vuelta se acomodan 6 huevos encapsulados (Fig. 4).

Es importante mencionar que D’Asaro (1965) mostró que la fecundación de la masa ovígera ocurre 45 minutos después de la extrusión con esperma mezclado en la matriz que rodea a los huevos encapsulados dentro del filamento.



Fig. 3. Deposición de la masa ovígera (se observa filamento y forma de la masa de huevos) (tomado de Padilla, et. al., 2007).

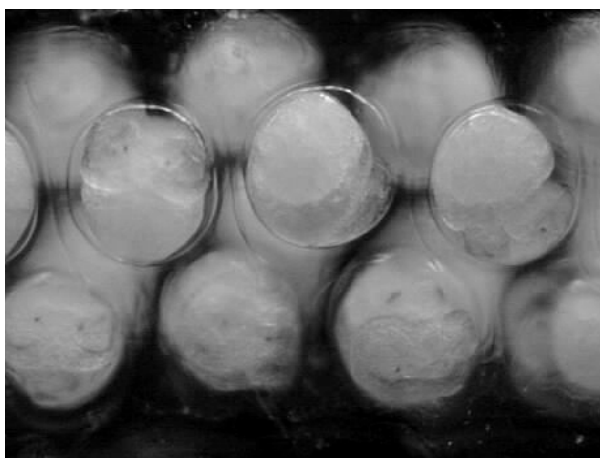


Fig. 4. Disposición helicoidal de los huevos encapsulados. Foto: Brenda Salguero.

En promedio la longitud total del filamento de la masa ovígera es de 24 a 37 m, con 12 a 15 huevos por milímetro (Randall, 1964; Shawl *et al.*, 2003), la cual contiene aproximadamente de 300,000 a 750,000 huevos (Siddall, 1983; Hahn, 1989). Las hembras pueden producir un promedio de 9 masas ovígeras por época reproductiva (Davis, 2005).

Stoner *et. al.* (1992) menciona que la temporada de reproducción varía de región a región a lo largo del Caribe, por ejemplo, el período más largo se reportó para Banco Chinchorro en el Caribe Mexicano (Cruz, 1986; Corral y Ogawa 1987), donde las masas de huevos se encontraron a lo largo de todo el año, en contraste, una de las épocas más cortas se registró por D'Asaro (1965) en Florida Keys, sin embargo, observaciones recientes para la misma área reportan que el caracol rosado ovopositó durante un período de 9 meses (Glazer, citado en Stoner *et. al.*, 1992).

<b>Localidad</b>	<b>Autor</b>	<b>Temporada</b>
<b>Bermuda.</b>	Berg et al., 1992.	Mayo- Septiembre.
<b>Florida.</b>	D'asaro., 1965.	Mayo- Septiembre.
<b>Bahamas.</b>	Stoner et al., 1992.	Abril-Octubre.
<b>Turk y Caicos.</b>	Davis et al., 1987.	Marzo-Septiembre.
<b>Alacranes, México.</b>	Pérez-Pérez y Aldana Aranda, 2003.	Febrero-Octubre.
<b>Quintana Roo, México.</b>	Cruz, 1986; Corral y Ogawa, 1987.	Enero-Diciembre.
<b>Islas Vírgenes.</b>	Randal, 1964.	Febrero-Octubre.
<b>Puerto Rico.</b>	Appeldoorn, 1988.	Mayo-Noviembre.
<b>St. Kitts/Nevis.</b>	Wilkins et al., 1987.	Junio-Septiembre.

Tabla 1. Temporada de reproducción (tomado de Stoner, *et. al.*, 1992)

Así mismo, Stoner señala que no hay una relación con la latitud que determine el comienzo, la duración o el término de la época reproductiva, sin embargo, la actividad máxima de apareamiento y ovoposición de la masa de huevos ocurre durante los meses más cálidos y los días más largos del año. Dicho período cesa cuando la temperatura del

agua descende, lo cual sugiere que el comportamiento reproductivo está relacionado con la temperatura del agua y la duración del fotoperíodo (Brownell, 1977; D'Asaro, 1965; Randall, 1964).

### 2.3.3. Madurez sexual

Los caracoles alcanzan la madurez sexual entre los dos y tres años y medio de edad, de tres a seis meses después de la formación del labio, con un promedio de vida de 6 años (Berg, 1976), sin embargo, se ha reportado que pueden vivir más de 26 años (Coulston *et al.*, 1987).

Los caracoles son organismos dioicos, así pues, los sexos se encuentran separados y es fácil distinguirlos, el macho presenta un pene, que se asemeja a un tercer pedúnculo ocular y las hembras poseen un canal ovígero (Robertson 1959, Orr y Berg 1987).

Se considera que un caracol es adulto a partir de la formación y plegamiento del labio, ésta es una característica evidente a simple vista (Fig. 5), o cuando éste mide alrededor de 20 cm de longitud sifonal y tiene un espesor de concha mayor de 5mm, lo cual indica que las gónadas se maduraron y que el organismo es capaz de reproducirse.

En esta etapa el caracol cesa el crecimiento longitudinal de la concha y comienza a engrosarse el labio, esta particularidad puede servir como un indicador de la edad.

La longitud de la concha de un adulto puede disminuir progresivamente con la edad debido a la bioerosión (Theile, 2001).

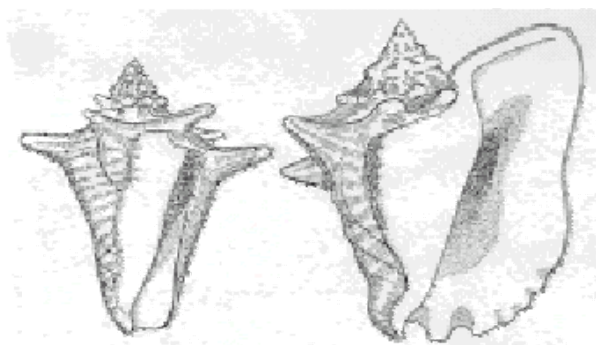


Fig. 5. Conchas de *Strombus gigas*. La concha de la izquierda representa a un caracol juvenil mientras que la de la derecha es un caracol adulto con el labio formado (Fuente. Berg y Olsen, 1989).

#### **2.3.4. Desarrollo embrionario**

La masa ovígera del caracol rosado *Strombus gigas* tiene un período de incubación, de tres a cinco días, durante el cual comienzan las divisiones celulares, así pues, el embrión se desarrolla dentro de la cápsula del huevo (Hahn, 1989).

Durante el primer día de desarrollo embrionario las células son reconocibles, se observa la división de dos y cuatro blastómeros diferencian el polo animal del vegetal. La primera estructura en formarse es la glándula de la concha y dentro de las 15 horas se ha completado la protoconcha (D'Asaro, 1965).

Para el segundo día es visible una cápsula transparente, la protoconcha, también es reconocible el metapodio, pequeña protuberancia ciliada en forma de penacho; aparecen los lóbulos con cilios y pigmentos naranjas en el pie, a partir de este momento el embrión recibe el nombre de larva veliger (D'Asaro, 1965), la cual ahora es ciliada y comienza a rotar dentro de la cápsula.

En los días tercero y cuarto, se reconocen los órganos y estructuras de la larva que posee un par de lóbulos bien definidos y ciliados, aparece el corazón y la boca, se observa pigmento café- púrpura en la protoconcha y el número de pigmentos naranjas en el pie se incrementa.

En el último día de incubación la concha está completamente formada y la veliger es extremadamente activa, es decir, presenta movimiento rotatorio constante y rápido dentro de la cápsula, ya que se encuentra muy cercana la eclosión, después de la emergencia de las larvas veliger, la masa ovígera pierde su firmeza (Davis, 1994).

#### **2.3.5. Crecimiento larval**

La duración de la fase planctónica de la larva veliger varía de tres a cuatro semanas, esto depende del alimento, temperatura, densidad y calidad del agua. A continuación se

enlistan las características del desarrollo larval con base en D'Asaro (1965) y descrito para cultivo de *Strombus* por Davis (1994).

El primer día de desarrollo la larva veliger es muy activa y presenta fototaxis positiva; exhibe un par de lóbulos redondos de color café-púrpura que además de funcionar para nadar y respirar, comienzan a seleccionar partículas de comida, el corazón palpita cerca del esófago. La protoconcha mide aproximadamente 250  $\mu\text{m}$  y es transparente con estrías en el pico.

En el segundo día, la longitud del pico de la concha ha crecido el doble, el canal sifonal comienza a desarrollarse en la pared izquierda de la concha; las reservas de comida provenientes del huevo se pueden observar en el estómago y glándula digestiva, por último el estilete rota en el estómago.

En el tercer y cuarto día, los lóbulos velares se dividen formando un segundo par, se completa la primera espira de la concha, el pedúnculo ocular derecho se desarrolla, el flujo de sangre es controlado por el corazón y el intercambio de gases se lleva a cabo por el manto en ambos casos participa el velo.

En el quinto y sexto día la concha presenta un pico alargado en la abertura, la columela es visible y se forma el tentáculo izquierdo. Para el día séptimo y octavo, comienza a formarse la segunda espira de la concha y el tercer par de lóbulos mismos que se desarrolla hasta el final de la vida pelágica.

En los días noveno y décimo, el alimento que se almacena en las células del albumen se agota, el manto tiene células con pigmento naranja y la concha completa la segunda espira.

Hacia el día onceavo, el color del osfradium es amarillo-naranja, los ojos se desarrollan y se forma una cresta reducida de células que forman el área sifonal; el corazón larval y adulto están juntos, éste último se observa más pequeño que el corazón larval.

En los días doceavo y treceavo los lóbulos velares continúan alargándose lo que permite que la larva veliger pueda seguir creciendo y nadando. Para los días 14 y 15 la boca es funcional, capaz de seleccionar partículas de comida, el manto se extiende al área del pico de la concha y el canal sifonal se alarga.

Hacia los días 16 y 18, el pico de la concha se vuelve pequeño y redondo, los órganos ya son los de un caracol adulto a excepción del aparato reproductivo, el ctenidio se está formando, por lo cual la respiración es transferida de los lóbulos al ctenidio y los tentáculos aún no completan su desarrollo.

En los últimos días de la fase planctónica los lóbulos velares son tres veces la longitud sifonal de la veliger cuyos cilios son muy largos, se alterna el nado con la reptación; a partir de este comportamiento, la proboscis, el pie y las branquias son funcionales, el corazón adulto es más grande que el corazón larval, éste último se atrofia lentamente y se forma la tercera espira de la concha. Durante esta fase de desarrollo larval, la veliger se alimenta de microalgas.

### **2.3.6. Metamorfosis**

El período de metamorfosis ocurre cuando la larva alcanza entre los 21 y 30 días de edad. Es un proceso con una duración aproximada de 12 horas que comienza con el asentamiento de la veliger, mediante el cual los lóbulos velares de la larva de vida pelágica, son reabsorbidos para transformarse en un caracol juvenil bentónico. En este momento se presentan ciertas características morfológicas tales como la misma longitud en los pedúnculos oculares y migración de los ojos a éstos, los pigmentos del pie cambian de naranja a verde oscuro, el ctenidio se desarrolla y el opérculo se alarga lo cual indica la proximidad de la metamorfosis.

Cuando se presenta la metamorfosis la larva veliger deja de nadar por la reabsorción del velum y las funciones provistas por éste son remplazadas por el pie, la proboscis y el ctenidio, así mismo, la concha comienza a desarrollarse volviéndose más dura y blanca. A partir de este momento el caracol juvenil, de 1 mm de longitud sifonal, inicia una vida de hábitos bentónicos cuyo alimento consiste de algas epifitas a través de su proboscis.

La metamorfosis puede estar relacionada con agentes inductores, es decir, con la presencia de ciertas algas en el sustrato como *Laurencia sp.* además de características particulares del sedimento (Davis y Stoner, 1994).

### **2.3.7. Etapa juvenil**

Una vez que la larva veliger ha completado la metamorfosis comienza la etapa juvenil. Los caracoles juveniles se entierran en la arena durante el primer año de vida (Iversen *et al.*, 1989; Ray *et al.*, 1994), por lo cual, es muy difícil observarlos en zonas marinas someras.

A partir del primer año de vida, la concha tiene una longitud sifonal (LS) que varía de 5cm a 10cm y durante los meses más cálidos los organismos comienzan a emerger gradualmente tomando una existencia epibéntica.

Las zonas costeras someras que presentan fondos arenosos con praderas de pastos marinos en lagunas arrecifales son habitats adecuados para el reclutamiento de esta especie. Sin embargo, existen otros factores necesarios para la existencia de los caracoles juveniles tales como la circulación del agua, la densidad del pasto marino, producción de alimento y la presencia de otros caracoles reina. Con respecto a las agregaciones de los caracoles juveniles, se ha visto que se encuentran en densidades altas de 0.2 a 2/m<sup>2</sup> (Stoner y Ray, 1993) y que posiblemente estén relacionadas con la calidad del hábitat y la producción de ciertas microalgas (Stoner *et al.*, 1994). Las

densidades altas de juveniles provocan una disminución en la depredación, la cual es muy alta en los primeros años de vida (Stoner y Ray, 1994).

Los principales depredadores de los juveniles son los cangrejos ermitaños, cangrejos azules, langostas, pulpos, rayas águila pinta, algunas especies de peces como el pez cochino, el pez puerco espín, tiburón gata, tortugas marinas, algunos gasterópodos carnívoros como *Pleuroploca gigantea* y el caracol tulipán *Faciolaria tulipa* (Iverson *et al.*, 1986).

### **2.3.8. Movimiento y migración de *Strombus gigas*.**

El caracol rosado presenta un tipo de locomoción muy característico de esta especie, el gasterópodo mueve con fuerza su pie contra el sustrato, avanzando hacia enfrente generando pequeños saltos.

Los caracoles adultos presentan dos tipos de migraciones o movimientos, la migración reproductiva y la ontogénica (Stoner, 1989). La primera está relacionada con la reproducción, por la cual los organismos adultos – en los meses más cálidos - se mueven a aguas más someras dentro de la costa donde forman parejas y ovopositan las masas ovígeras. El segundo movimiento es el ontogénico; relacionado con el crecimiento. En este tipo de migración los caracoles adultos se mueven a áreas más profundas, período durante el cual continúan el engrosamiento de la concha.

Es importante mencionar que Hesse (1979) observó que durante las tormentas de invierno existía un comportamiento de enterramiento en los caracoles de todas las edades y que los organismos adultos se mantenían enterrados por 6 meses, fase que llama período de letargo. Dicho período indica una estrategia de protección para las tormentas invernales, el cual no está relacionado en la secreción de la concha.



## **2.4. Pesquería de la especie**

### **2.4.1.- Importancia económica.**

En el Caribe el caracol rosado (*Strombus gigas* Linné, 1758) es un molusco de importancia económica, ya que en los años 80 representó la segunda pesquería más significativa después de la langosta espinosa (*Panulirus argus* Latreille, 1804), (Appeldoorn, 1994; Theile 2001), y continúa siendo un recurso pesquero importante (Brito-Manzano y Aldana, 2003). En años recientes México ha ocupado el quinto lugar de los países productores de caracol rosado en el Mar Caribe (INP, 2000).

Del caracol se comercializa solo su carne que se utiliza como fuente de proteína, la cual, tiene una elevada demanda en el mercado además de ser un platillo característico del Caribe (INP, 2000). Por otro lado, las conchas en su mayoría son devueltas al mar, otras se venden como recuerdos o se emplean en la elaboración de artesanía.

Dicho recurso pesquero es regional, símbolo económico y cultural del Caribe (Siddall, 1984), dada esta importancia, aparece en timbres postales, monedas, etc., y en el caso particular de Quintana Roo es el animal heráldico el cual está representado en la bandera del Estado por lo tanto le confiere un valor social (INP, 2000).

### **2.4.2 Sobreexplotación**

El recurso caracolero comenzó a explotarse en la Península de Yucatán a partir de la década de los cincuenta, sin embargo éste era de bajo nivel comercial (Basurto *et al.* 2005), es en la década de los 70 cuando las capturas se incrementan y se registran oficialmente a partir de 1972 en Quintana Roo y 1979 en Yucatán (INP, 2000).

Debido a la progresiva demanda de *Strombus gigas* en el mercado nacional y a la pesca no regulada, se ocasionó una sobreexplotación del recurso; la pesquería del caracol declinó drásticamente en los 80's. En 1986 se obtuvieron 114.4 tons/pulpa/año y en

1992 la captura fue de 22.5 tons/pulpa/año, es decir, que la captura decreció un 80% (Castro de Anda 1994).

En México, existían dos estados productores de caracol Yucatán y Quintana Roo, en este ultimo, la pesca ocurría en tres bancos, Isla Mujeres, Cozumel y Banco Chinchorro (Fig. 6). Desde 1994 Yucatán se encuentra en veda permanente, así pues, solo el estado de Quintana Roo sostiene la pesca capturando únicamente en dos bancos Cozumel y Banco Chinchorro.

Cabe mencionar que Cozumel tiene permiso para capturar caracol rosado, sin embargo, los pescadores se imponen una autoveda debido a que el caracol rosado se encuentra a mayor profundidad implicando un mayor costo y tiempo de captura.

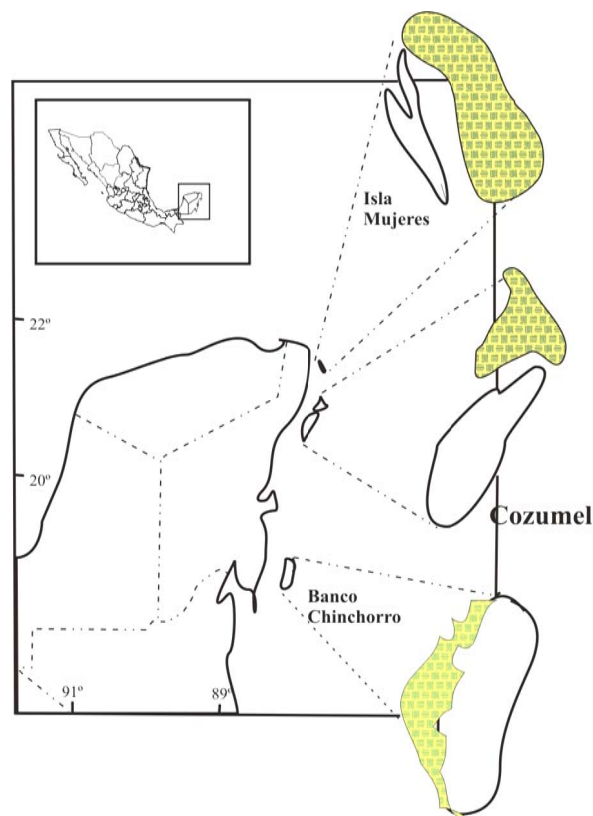


Fig. 6. Bancos tradicionales de pesca de caracol rosado. (Tomando de INP, 2000.)

### 2.4.3. Medidas de manejo y regulación de la pesquería

La pesquería del caracol en sus inicios era de libre acceso, sin embargo, debido a la creciente disminución del recurso en Quintana Roo comienza a regularse desde 1976, con la asignación de cuotas de captura por banco de pesca; no obstante estas eran determinadas sin sustento técnico (Basurto *et. al.*, 2005). En 1981 se permitió el acceso sólo a pescadores agrupados en cooperativas (Fuentes, citado en Basurto *et. al.*, 2005). En Yucatán se ordenó una veda permanente desde 1994 (INP, 2000), y en Quintana Roo la pesquería se cerró temporalmente de 1990 a 1996 excepto en Banco Chinchorro. El caracol rosado se encuentra en una crisis regional del recurso, derivada principalmente de la fuerte presión de pesca y aunque no amenazada con la extinción se considera desde 1983 una especie comercialmente amenazada (Creswell, 1994; Stoner, 1994) y añadida en 1992 al apéndice II del convenio sobre comercio internacional de especies en peligro de extinción (CITES) (Stoner *et al.*, 1996).

Actualmente la pesca de caracol está regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-013-PESC-1994, decretada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1995. Esta norma establece una talla mínima de captura de 20 cm de longitud total de la concha, bajo el criterio que esta es la talla mínima de madurez sexual. Los métodos de pesca autorizados son el buceo semiautónomo (esnorquel) y autónomo (SCUBA). Además establece cuotas máximas de captura por área de pesca, mismas que se determinarán con los resultados de las investigaciones sobre la abundancia del recurso. Esta norma se complementa con una época de veda publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de marzo de 1994, la cual decreta para *S. gigas* una temporada de veda del 1º de mayo al 31 de octubre (Basurto *et. al.*, 2005).

## 2.5. Historia del cultivo.

Los antecedentes sobre la biología, ecología y anatomía del caracol rosado se describieron por Robertson (1959, 1961), Randall (1964), D'Asaro (1965), y Little (1965), los cuales sirvieron de base para los experimentos posteriores de cultivo.

D'Asaro (1965) comienza con los primeros estudios de cultivo y describió el desarrollo larval, con una duración de la fase pelágica de 40 o 50 días sin lograr la metamorfosis.

Berg (1976), logró la metamorfosis a partir de larvas velígeras colectadas del plancton.

Posteriormente Brownell (1977) obtuvo por primera vez larvas a partir de masas ovígeras colectadas *in situ*, observó que cuando la masa ovígera está próxima a eclosionar el filamento se torna más oscuro, eclosionando el 90% de los huevos, por otro lado, Lagos-Bayona *et. al.*, (1996) reporta el 75 % y la eclosión se presenta en las últimas horas de la tarde entre las 7:00 y las 9:00 pm (Davis *et. al.*, 1987).

Por último, Brownell (1977) estimó la fase pelágica de 18 a 21 días en contraste con el período tan largo que describió D'Asaro (1965).

Actualmente las poblaciones de caracol rosado han disminuido drásticamente debido a la elevada mortalidad en sus primeras etapas de desarrollo, a la perturbación y destrucción de las zonas de reclutamiento y a la disminución del stock reproductor por pesca (Martínez., 2006), por tal motivo muchos laboratorios comenzaron a desarrollar técnicas de cultivo, a partir de masas de huevos colectadas en medio natural (Davis, 1994; Brito-Manzano y Aldana, 2003), cuyo objetivo era repoblar algunas áreas deterioradas o sobreexplotadas (Cruz, 1986; Rodríguez-Gil y Ogawa, 1991) y como producción de semilla a gran escala (De Jesús-Navarrete, 2001).

También se han hecho investigaciones relacionadas con la alimentación de las larvas (Aldana-Aranda *et al.* 1991; Domínguez, 1993; Martínez, 2006), y el semicultivo de

juveniles de caracol en ambientes someros (De Jesús-Navarrete *et al.*, 1994; Martínez, 2006).

Con las técnicas establecidas es posible cultivar el caracol rosado desde larvas hasta postmetamórficos de 1mm (Brownell, 1977; Davis *et. al*, 1987; Davis, 1994; Hahn, 1989), sin embargo, hacer crecer esta especie a tamaños mayores ocasiona grandes costos de alimentación, infraestructura y mantenimiento (Martínez, 2006).

Desde 1989, el CRIP inició investigaciones sobre abundancia de la población de *Strombus gigas*, con la finalidad de determinar la condición de la población para recomendar el tamaño de la cuota de captura, es decir, cuantas toneladas se pueden capturar anualmente por área de pesca, que permitan a largo plazo sostener una biomasa estable.

El cultivo del caracol rosado en el CRIP se ha llevado acabo en dos etapas del ciclo de vida: una de ellas es el desarrollo de la maricultura que consiste en la cría de larvas hasta que completen la metamorfosis y logren ser juveniles postmetamórficos y la segunda etapa es el semicultivo que consiste en la engorda de los organismos juveniles en encierros bajo condiciones parecidas a las de su hábitat hasta que alcancen la talla comercial.

Por otra parte, en la literatura no se mencionan trabajos acerca de la calidad de la masa ovígera, a partir de que parámetros cuantitativos se puede seleccionar una masa ovígera con mayores probabilidades de sobrevivencia, así mismo, es necesario la descripción del patrón de eclosión, es decir, que cantidad de larvas nacen por día asociado a la sobrevivencia de larvas en cultivo.

En este contexto el presente estudio pretende determinar que factores influyen en la calidad de la masa ovígera en términos de porcentaje de eclosión y sobrevivencia larval con el objetivo de obtener la tecnología apropiada donde se generen menos gastos en

cultivo de larvas que presenten sobrevivencia larval baja para que el cultivo de caracol a gran escala sea considerado una actividad comercial exitosa (Brownell y Stevely, 1981).

### III. AREA DE ESTUDIO

#### 3.1 Sitio de colecta.

Las masas ovígeras de caracol rosado se colectaron en el arrecife de Chankana'ab localizado en Isla Cozumel, Q. Roo cuyas coordenadas son 20° 28' de latitud norte y a los 86° 55' de longitud oeste, aproximadamente a 16.5 km al Este de la península de Yucatán en la zona del Caribe noroccidental (Martínez, 1998), (Fig. 7).

El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), con una precipitación media anual de 1504.6 mm y una temperatura media anual de 25.5° C. (INEGI, 1994).

Esta isla se sitúa en la zona de influencia de los vientos Alisios, por lo que durante la mayor parte del año soplan vientos del este con velocidades entre 15 y 20 nudos, existe también otra corriente dominante de sur a norte, con un promedio de velocidad de 1.5 nudos, y por último se registran contracorrientes de norte a sur, y en la costa oeste de la isla existen contracorrientes en dirección al S-SSO, especialmente en Paraíso y Chankana'ab (Muckelbauer, 1990).

La plataforma de Cozumel se divide en terrazas y escalones, este relieve submarino tiene repercusión en la distribución de los organismos, ya que la mayoría de los arrecifes se localizan en los escalones mientras que las terrazas están cubiertas de sedimento (Muckelbauer, 1990). Chankana'ab se encuentra en la plataforma oeste la cual está estructurada en tres terrazas donde la profundidad oscila de 0.5 m hasta 20 m, ésta área se caracteriza por ser una zona de blanquiales, es decir, una planicie de arena calcárea con restos de coral y bajo contenido orgánico.

El origen de la isla probablemente se deba a un desprendimiento del margen oriental de la península durante la formación de la cuenca de Yucatán, entre el Mesozoico Tardío y el Cenozoico Temprano (Jordán, 1988).

### **3.2.-Instalaciones del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, Puerto Morelos, Quintana Roo.**

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Puerto Morelos del Instituto Nacional de Pesca, que se sitúa a 35 Km. de la Ciudad de Cancún y a 2 Km. del Pueblo de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Este Puerto se localiza en las coordenadas 20° 50' 50.5" latitud norte y 86° 52' 30.6" longitud oeste, a 35 km al sur de Cancún y 34 km al norte de Playa del Carmen sobre la costa (Fig. 7).

El Centro Regional cuenta con un Acuario donde se llevo a cabo el presente estudio y un Laboratorio adecuado para el cultivo de microalgas, mismas que se utilizaron en la alimentación de las larvas veliger.



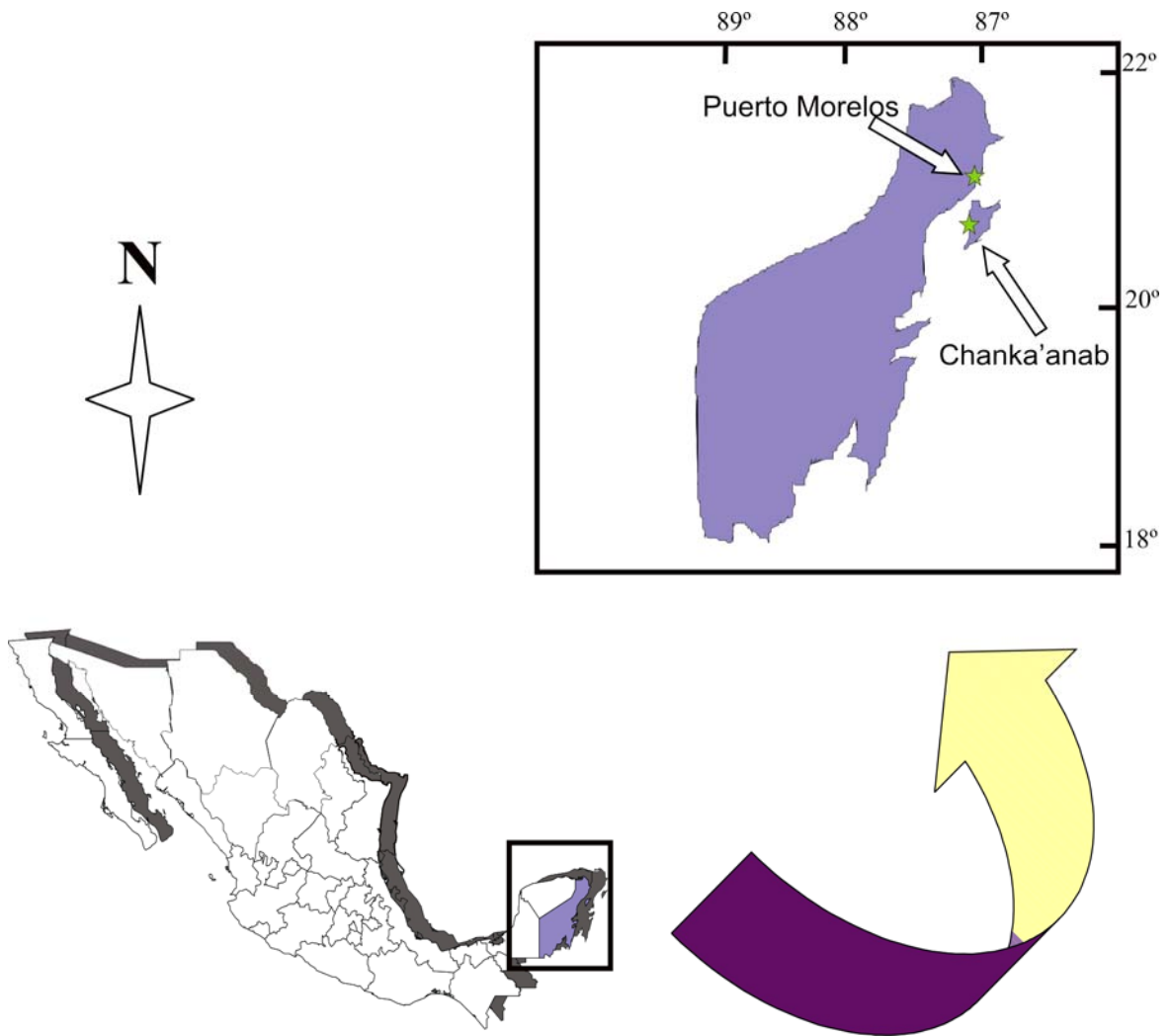


Figura (7). Mapa de la ubicación geográfica del área de estudio.

#### IV. OBJETIVOS

##### 4.1 Objetivo general.

Identificar parámetros cuantitativos que permitan evaluar la calidad de la masa ovígera relacionados con un incremento de la sobrevivencia larval con la intención de mejorar las técnicas de cultivo.

##### 4.2. Objetivos particulares.

1.- Determinar el tamaño de la masa ovígera y su relación con la eficiencia de eclosión.

2.- Determinar parámetros cuantitativos que influyen en la calidad de la masa ovígera durante el desarrollo embrionario en sistemas de cultivo.

3.- Describir el patrón de eclosión de las masas ovígeras del caracol rosado en cultivo y su relación con la sobrevivencia larval.

4.- Calcular el tamaño de la veliger al nacer asociado con el día de eclosión y la sobrevivencia larval.

##### 4.3. Hipótesis.

- **Tamaño de la masa ovígera.**

1.- Ho: El tamaño de la masa ovígera no determina la eficiencia de eclosión.

Ha: El tamaño de la masa ovígera influye en la eficiencia de eclosión.

- **Parámetros cuantitativos.**

2.- Ho: Parámetros cuantitativos como el diámetro del huevo, ancho del filamento y número de huevos no influyen en su desarrollo embrionario.

Ha: Variaciones en los parámetros cuantitativos de la masa ovígera influyen en su desarrollo embrionario.

- **Patrón de eclosión.**

3.- Ho: El día de eclosión no influye en la sobrevivencia larval y las larvas nacidas en días diferentes tienen el mismo éxito de sobrevivencia.

Ha: El día de eclosión influye en la sobrevivencia larval.

- **Tamaño de la veliger**

4.- Ho: El tamaño de la veliger al nacer no varía con el día de eclosión y no influye en la sobrevivencia larval.

Ha: El tamaño de la veliger está determinado por el día de eclosión e influye en la sobrevivencia larval.

---

---

## V. METODOS

### 5.1 Colecta y tratamiento de la masa ovígera.

Las masas ovígeras se obtuvieron de un banco reproductor encontrado en el arrecife de Chankana'ab, Quintana Roo, a una profundidad de 25 metros (Fig. 8). Se realizaron 4 visitas al sitio, las 2 primeras se llevaron a cabo durante la época reproductiva del año 2005, los días 27 de Julio y 27 de Septiembre, colectando mediante buceo autónomo (SCUBA) un total de ocho masas ovígeras. Durante la época reproductiva del año 2006 se hicieron otras 2 visitas al mismo banco reproductor, el 30 de Mayo y el 9 de Junio, sin embargo después de varias prospecciones en el área del banco reproductor no se encontraron masas ovígeras.

Las 8 masas ovígeras colectadas se consideran completas, ya que el proceso de depositación del filamento que lleva a cabo la hembra había concluido. Las masas de huevo se transportaron al Acuario del CRIP Puerto Morelos en bolsas de plástico ziploc rellenas de agua salada, y se cerraron, a continuación se depositaron en una hielera, de acuerdo a la técnica utilizada por Siddall (1981). En el Acuario se llevó a cabo la desinfección de las masas ovígeras, para lo cual se introdujeron en una tina pequeña con agua salada, filtrada y esterilizada por UV, agitando a manera de un ligero enjuague para remover algas o restos de roca y arena de acuerdo a lo recomendado por Davis (1994). Cada masa ovígera se sumergió en una solución de 0.5% de hipoclorito de sodio (10ml en 2 L de agua salada, filtrada y esterilizada) por 45 segundos (Siddall, 1983), con el objetivo de desinfectar y remover cualquier organismo depredador que este sujeto en la masa ovígera como protozoarios (Siddall, 1983) nemátodos, poliquetos o crustáceos (Robertson, 1959; Brownell, 1977). Por último, se detuvo la acción del

cloro realizando tres enjuagues de 10 segundos con agua de mar filtrada y esterilizada, la solución de cloro se cambió cada dos masas ovígeras (Davis et al.,1987).

Al finalizar el tratamiento de desinfección se pesaron las masas ovígeras con ayuda de una balanza analítica Ohaus Scout y se colocaron en incubadoras individuales, con la finalidad de estimar el porcentaje de eclosión por día en cada masa ovígera. Posteriormente se realizaron observaciones al microscopio para determinar el grado de desarrollo embrionario, y estimar la fecha probable de eclosión, las determinaciones se efectuaron con la ayuda de las láminas de D'Asaro 1965. Se estimó que las masas ovígeras se encontraban en el primer y segundo día de desarrollo embrionario.

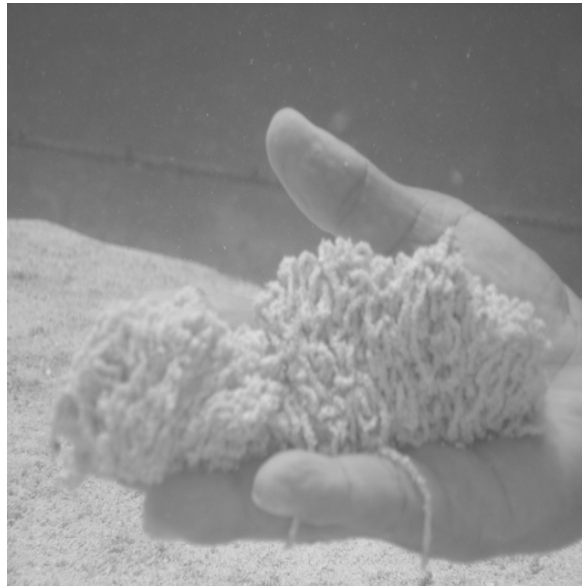


Fig. 8. Colecta de la masa ovígera.

## **5.2. Sistemas de cultivo**

El Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Puerto Morelos, Quintana Roo cuenta con un Acuario donde se realizó el presente estudio, y un Laboratorio en el cual se efectuó el cultivo de microalgas. En el Acuario del CRIP existe la tubería

necesaria para la entrada de agua salada y agua dulce. La obtención y suministro de agua marina consiste de una bomba sumergible ubicada a 50 mts. de la orilla del mar, enfrente del CRIP. El agua de mar es captada en un tanque elevado desde donde se distribuye hacia todas las instalaciones, pasa por una serie de filtros de cartucho de 20  $\mu\text{m}$  que cuando entra al acuario pasa por un filtro rápido de arena y por otra serie de filtros de 5  $\mu\text{m}$ , finalmente se esteriliza con luz ultravioleta. El sistema de cultivo utilizado fue de flujo abierto con aireación.

### **5.2.1. Desarrollo embrionario.**

Para el montaje de los sistemas de incubación de las masas ovígeras se utilizaron tinas de 10 L, coladores de plástico, tubos de PVC sanitario de 1", cubetas de 20 litros y codos de 1" de 90°. Todo este material se acondicionó para formar incubadoras independientes para el manejo individual de las masas ovígeras.

En las tinas de 10 L se introdujeron coladores pequeños para depositar las masas ovígeras a modo de incubadora. Se administró un flujo de agua constante y aireación. En cada incubadora se instaló un tubo de drenaje hacia un recipiente de 20 L que funcionó como receptor de larvas. Al eclosionar las larvas en la incubadora se transportaron por el flujo de agua hacia el depósito receptor, el cual contó con un sistema de drenaje en forma de T a través de una malla de 150  $\mu\text{m}$  con aireación alrededor del tubo para evitar la pérdida y acumulación de larvas, (Fig. 9). El suministro de aire fue suave, constante y homogéneo con la finalidad de mantener a las veliger recién eclosionadas en la superficie tanto de las incubadoras como de los receptores de larvas. El flujo de agua se mantuvo en 200ml/min.



Fig. 9. Sistemas de incubación de las masas ovíferas.

### 5.2.2. Desarrollo larval.

Para el desarrollo larval se elaboraron sistemas de cultivo mediante acuarios fabricados con PVC sanitario de 4", coples de 110mm, malla de 150  $\mu\text{m}$ , y tinas de 10 L, cuya altura y volumen fue de 19 cm y 348 ml respectivamente.

El acuario empleado durante el desarrollo larval se fabricó colocando la malla entre el cople y el tubo de PVC sanitario a modo de tamiz, el cual se introdujo en una tina de 10 L, quedando el borde del tamiz por arriba del nivel de la tina, para drenar el flujo de agua por los bordes de la tina, conservando las larvas en el interior del tamiz, al suministrar agua y aire por la parte de arriba. Se acondicionaron 21 sistemas, los cuales se acomodaron en canaletas (Fig. 10). El suministro de aire fue suave y constante y el flujo de agua fue de 200ml/min.

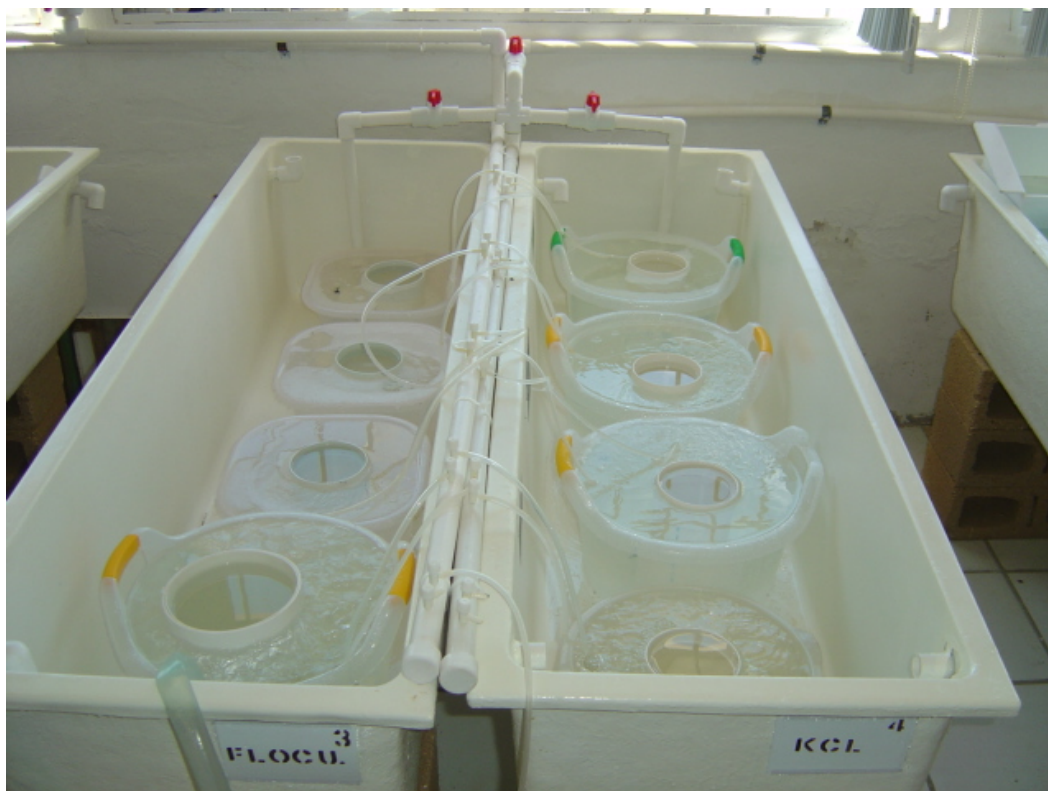


Fig. 10. Sistema de cultivo para el desarrollo larval.

- **Alimentación**

Las larvas en cultivo se alimentaron con microalgas producidas en el CRIP Puerto Morelos. El primer día de edad no se le administró alimento ya que las larvas consumen las reservas provenientes del huevo. A partir del segundo y hasta quinto día de edad se les proporcionó a las larvas la microalga *Pavlova lutheri* en una concentración de  $2 \times 10^3$  cel/ml una vez al día. Del sexto día de cultivo en adelante se alimentaron con una mezcla de *Pavlova lutheri* e *Isochrysis galbana* en una concentración de  $2.5 \times 10^3$  cel/ml cada una. La alimentación de las larvas se llevó a cabo diariamente, suministrando por goteo las algas con una pipeta pasteur para no producir estrés sobre las veligers.

### **5.2.3. Mantenimiento general y parámetros fisicoquímicos de los sistemas**

Previo al acondicionamiento de los sistemas, tanto de desarrollo embrionario como larval, se realizó una desinfección de todo el material con el objetivo de eliminar a los



organismos pequeños como bacterias y protistas que se encuentran en los sistemas o en el agua. Esto se realizó con una solución de cloro al 0.5%, posteriormente se efectuó un enjuague con agua salada. El material ya desinfectado se dejó secar un día, para asegurar la detención de la acción del cloro así como la evaporación total de algunos residuos de éste que puedan dañar a las larvas de caracol rosado.

Durante el experimento, la limpieza de los sistemas de desarrollo larval, así como los cambios de agua totales se efectuaron cada 48 hrs. para veligers que tienen hasta 16 días de edad y 72 hrs. para veligers de 17 días de edad en adelante, de acuerdo al método de Davis *et al.*, (1987). La limpieza de los sistemas consistió en tallarlos con un cepillo y en un enjuague con abundante agua salada, posteriormente se volvió a montar el sistema de desarrollo larval. En cuanto a la manipulación de las larvas a los cambios de agua, éstas se trataron con extremo cuidado pues son muy susceptibles a los cambios de temperatura y pueden presentar perturbación (Sidall, 1983).

Los parámetros fisicoquímicos óptimos de cultivo son temperaturas que oscilan entre 28 y 30 °C y salinidades de 35 a 37 ‰ (Davis, 2000), para lo cual se llevó un registro. Diariamente se tomaron lecturas de los parámetros anteriormente mencionados y se adicionó la lectura de potencial de hidrógeno (pH).

Para medir la salinidad y la temperatura se ocupó un salinómetro YSI modelo Y30, la temperatura se expresó en °C, y la salinidad en ‰. Con una precisión en salinidad de  $\pm 0.1$  ‰ y con una precisión en temperatura de  $\pm 0.1$  °C

Las lecturas del potencial de hidrógeno (pH), se tomaron con un potenciómetro marca aquatic eco-systems, modelo PW3 a prueba de agua. Por último la temperatura del Acuario también se registró con un termómetro de máximos y mínimos para mantener un mejor control de la temperatura del ambiente. Todas las lecturas se tomaron aproximadamente a las 10:00hrs.

### 5.3. Determinación de las variaciones cuantitativas

- **Tamaño de la masa ovígera.**

El tamaño de la masa ovígera fue una de las características que se utilizaron para analizar su relación con la eficiencia de eclosión. Únicamente se registró el peso húmedo de las ocho masas ovígeras colectadas en el campo, para lo cual se utilizó una balanza analítica (Tabla 2).

Masa ovígera	27 de Julio del 2005	27 de Septiembre del 2005
1	26 g	
2	32 g	
3	33 g	
4	40 g	
5	47 g	
6	64 g	
7		111 g
8		124 g

Tabla. 2. Peso redondeado en gramos de las 8 masas ovígeras colectadas en la temporada reproductiva del año 2005.

- **Estimación del número de huevos por masa ovígera.**

Para estimar el número de huevos, se determinó la longitud total del filamento de cada masa ovígera, y posteriormente el número de huevos por cm de filamento, para hacer una extrapolación de este valor.

En la estimación de la longitud total de la masa ovígera, posterior a la desinfección se tomaron al azar 30 fragmentos, cada uno de éstos se midió en cm y se pesó en g (peso húmedo). Con los datos obtenidos se realizó una regresión lineal para obtener la ecuación que relaciona el peso del filamento con su longitud, y calcular la longitud total de cada masa ovígera a través de su peso.

Por otro lado, se obtuvo el número de huevos por milímetro de filamento utilizando fotografías digitales tomadas con un microscopio PCSCOPE modelo PCS X81. De las fotografías se contó el número de huevos en una longitud de filamento conocida, se obtuvieron 1430 datos los cuales se analizaron con el programa de software PCSOPE Analyzer. Posteriormente se hizo la conversión a número de huevos/mm y finalmente a huevos/cm. Con la media del número de huevos/cm y la longitud total se estimó el número de huevos por masa ovígera, de acuerdo al método utilizado por Weil y Laughlin (1984).

- **Determinación y ubicación de las variaciones cuantitativas dentro de la masa ovígera durante el desarrollo embrionario**

Las diferencias cuantitativas entre las masas ovígeras en función de la ubicación del huevo dentro de la misma masa de huevos durante la incubación se obtuvieron de la siguiente manera. Primero se colocó la masa ovígera en la incubadora sin distorsionar su forma de media luna que presenta en el campo, posteriormente se identificaron tres secciones, la del extremo izquierdo que se le asignó la letra “A”, la parte media “B” y la del extremo derecho “C” (Fig.11).

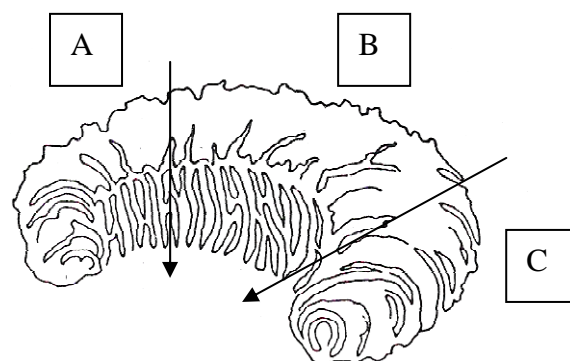


Fig. 11. Secciones dentro de la masa ovígera.

En el microscopio se tomó una serie de fotografías para determinar: diámetro de huevo, ancho del filamento y número de huevos /mm. (Fig.12).

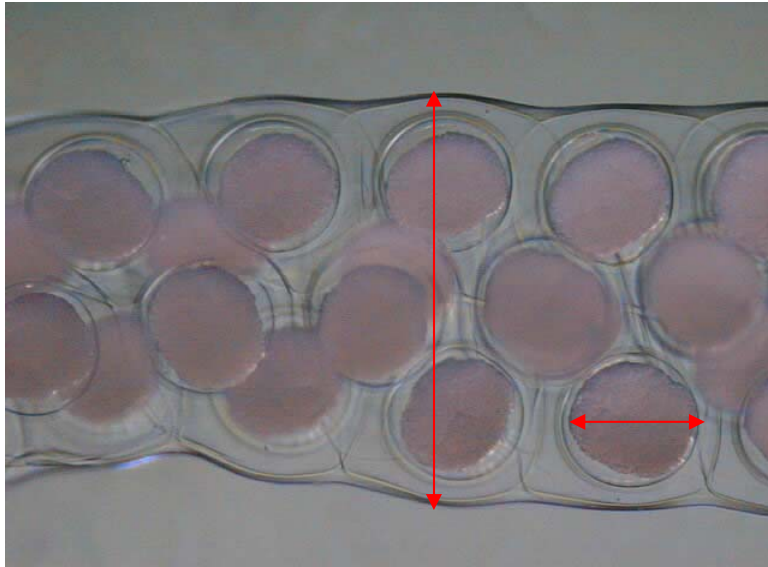


Fig. 12. Mediciones de diámetro de huevo y ancho de filamento realizadas en la masa ovígera (Foto. Brenda Salguero).

De cada sección de la masa ovígera se tomaron tres fragmentos o réplicas, libres de granos de arena, es decir, nueve fragmentos por masa, cada fragmento se depositó en un portaobjetos (Fig.13), y se procedió a las series de fotografías al microscopio. Se tomaron tres series de 4 fotografías del mismo fragmento con los siguientes aumentos: 1.3X, 4X y 10X, obteniendo 36 fotografías por región, y un total de 108 fotos por masa ovígera por día de trabajo. Esta sesión fotográfica se llevó a cabo diariamente durante el periodo de incubación a excepción de los fragmentos de filamento que iban eclosionando. Posteriormente, con el software PCSCOPE analyzer, se midió el diámetro de huevo, el ancho del filamento y el número de huevos por  $\mu\text{m}$ . Se analizó un total de 2730 datos de diámetro de huevo, 901 datos de ancho de filamento y 1430 datos de número de huevos /  $\mu\text{m}$ . El microscopio que se utilizó fue un PCScope modelo PCS 81X, el cual permitió con ayuda del software PCScope Analyzer realizar mediciones precisas en la computadora.

Los criterios utilizados para medir el ancho del filamento consistieron en hacer las mediciones únicamente por dentro de la membrana externa, es decir, sólo donde se

situaban los huevos, y en el caso del conteo de los huevos/ $\mu\text{m}$ . se registró si aparecía la mitad de un huevo en la fotografía.



Fig. 13. Fragmentos de masa ovígera depositados en portaobjetos.

#### **5.4 Descripción del Patrón de eclosión.**

El patrón de eclosión del caracol rosado *Strombus gigas* se obtuvo a través de la eficiencia de eclosión, medida como el porcentaje de la masa ovígera que eclosiona por día.

El porcentaje de eclosión se estimó a partir del número de larvas que eclosionaron por día en comparación con el número de huevos por masa ovígera. Para ello fue necesario obtener el número de larvas nacidas a través de un conteo de densidad larval. Esto consistió en tomar de los receptores de larvas tres alícuotas de 30 ml, se depositaron en un tamiz y se realizaron los conteos, a continuación se extrapoló este número al volumen de agua que estaba en los receptores. Después de obtener el dato de densidad larval, se calculó el porcentaje de eclosión con el número de huevos por masa ovígera. Este procedimiento se llevó a cabo durante los cuatro días de eclosión de la masa de

huevos que se tomaron para el experimento. Finalmente, se efectuaron observaciones directas en las tres secciones de la masa ovígera, con la finalidad de inferir el lugar de eclosión. Esto es fácil de determinar ya que la masa ovígera pierde firmeza en la región donde recientemente hubo eclosión.

### **5.5 Sobrevivencia larval asociada al día de eclosión.**

La relación que existe entre la sobrevivencia larval y el día en que eclosionaron las larvas, se consiguió a través de un experimento en el cual se cultivaron larvas provenientes de una misma masa ovígera, pero que tardaron en eclosionar 3 días. Para cada día de eclosión se montaron 3 réplicas con 100 larvas cada una, esta cantidad dependió del tamaño del sistema o acuario, por tanto se trabajó con una densidad inicial de 280 larvas/L. El experimento se llevó simultáneamente para 2 masas ovígeras en igual estadio de desarrollo embrionario. Para la masa ovigera número dos se montó un cuarto día de eclosión.

La sobrevivencia larval se estimó realizando conteos por observación directa en cada réplica, los cuales se efectuaron diariamente a partir del quinto día de edad de las larvas veliger. Durante el experimento se registró su crecimiento con observaciones al microscopio y con fotografías de las larvas, dichos registros se realizaron cada cinco días. Los sistemas de desarrollo larval se mantuvieron con un suministro de agua de 200ml/min. y un suministro de aire homogéneo y constante.

### **5.6 Tamaño de la veliger al nacer asociado al día de eclosión y a la sobrevivencia larval.**

Para determinar si existe una relación entre el tamaño de la veliger al nacer con el día de eclosión y la sobrevivencia larval, se tomaron fotografías al microscopio. Éstas se

realizaron para las dos masas ovígeras y al igual que el experimento de sobrevivencia larval se manejaron tres días de eclosión. De cada día de eclosión se tomaron cinco larvas del sistema de cultivo y se realizaron de 10 a 25 fotografías, posteriormente a los cinco y diez días de edad de las larvas se repitió este procedimiento. A continuación con el software para el microscopio se obtuvieron los datos del tamaño de la veliger al nacer, así como del crecimiento de la concha. La medición que se tomó fue la longitud sifonal de la concha (LS) en  $\mu\text{m}$ , y ésta se realizó desde el canal sifonal hasta el ápice de la concha (fig. 14).

Después se relacionó el tamaño de la veliger con la sobrevivencia larval que se registró en el diseño experimental.



Fig. 14. Medición de la longitud total de la concha (LS).

### VI. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados y el análisis estadístico de la variación cuantitativa de la masa ovígera de caracol rosado *Strombus gigas* y el efecto con su calidad durante el desarrollo embrionario y larval. Estos resultados se abordan en 4 secciones: 1) Tamaño de la masa ovígera asociado a la eficiencia de eclosión; 2) Variación cuantitativa de las características de la masa ovígera y la ubicación del huevo durante el desarrollo embrionario; 3) Patrón de eclosión y sobrevivencia larval de la masa de huevos de *Strombus gigas*; 4) Tamaño de la veliger al nacer y sobrevivencia larval en función del día de eclosión.

Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó análisis de varianza de una vía. Se consideró el límite de significancia con un error alfa de 0.05. En el caso de que el valor de F encontrado rebasara este límite, se aplicó a los resultados la prueba de Tukey-Kramer para especificar el origen de las diferencias.

#### **6.1. Efecto del tamaño de la masa ovígera en la eficiencia de eclosión.**

El tamaño de la masa ovígera se estimó a partir de su peso cuyo procedimiento consistió en pesar y medir treinta fragmentos de filamento con estos datos se realizó una regresión lineal la que determinó la relación peso-longitud de las 8 masas ovígeras colectadas. Posteriormente, a partir de las fotografías realizadas al microscopio se obtuvo el número de huevos por centímetro y finalmente este valor se extrapoló a la longitud total para calcular el número de huevos por masa. La media fue de 140 huevos por centímetro, con un error estándar de 2.3. Los resultados se resumen en la tabla 3 y se grafican los datos del peso, longitud total y número de huevos por masa ovígera.



Masa ovígera	Peso húmedo	Longitud (m)	n. huevos por masa
1	26	10	141,191
2	32	13	173,361
3	34	13	183,176
4	40	16	219,708
5	48	19	259,512
6	64	26	350,025
7	111	44	604,662
8	124	49	674,455

Tabla 3. Longitud total del filamento y número de huevos por masa ovígera (Los datos del peso húmedo han sido redondeados).

Existe una relación directa entre el peso y la longitud de la masa ovígera (Fig. 39). La masa ovígera más pequeña pesó 26 g, midió 10 m y tuvo 141,191 huevos; la masa más grande pesó 124 g, midió 49 m y tuvo 674,455 huevos, es decir, entre más peso tuvo la masa ovígera mayor longitud y número de huevos registró (Fig. 40).

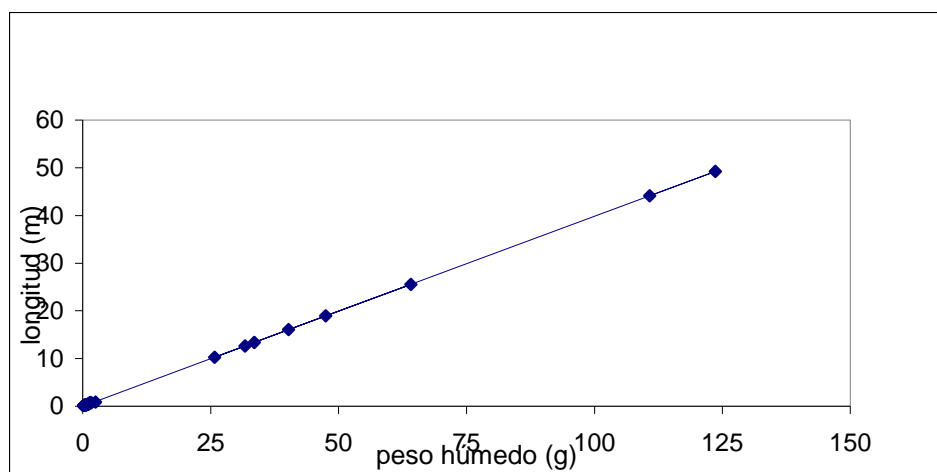


Fig. 39. Relación peso (g) y longitud (m) del filamento de la masa ovígera.

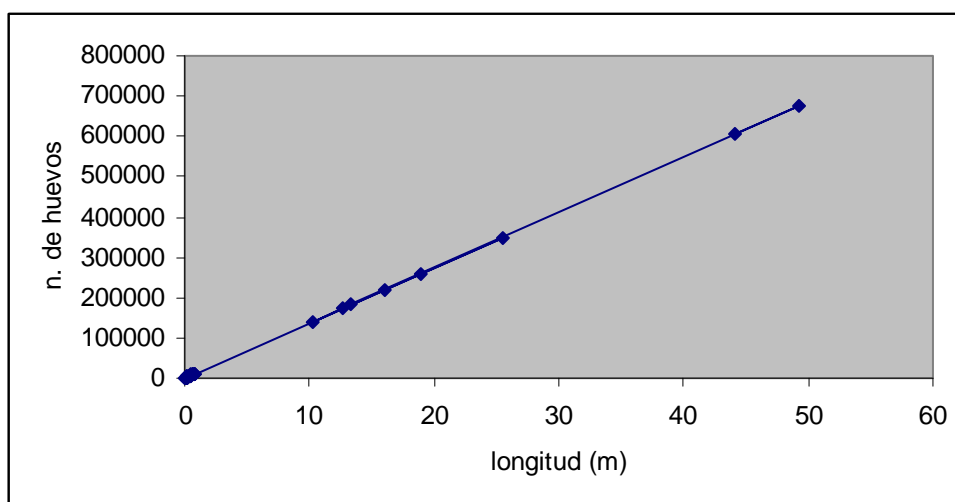


Fig. 40. Longitud (m) y número de huevos de las masas ovígeras.

Para determinar el efecto del tamaño de la masa ovígera en la eficiencia de eclosión se utilizó el peso de tres masas ovígeras y se relacionó con el porcentaje de eclosión el cual se obtuvo a partir del número de larvas que nacieron por día en relación con el número total de huevos en la masa ovígera. Esto se realizó durante cuatro días de eclosión para dos masas ovígeras y tres días para una masa ovígera.

La masa más pequeña pesó 40 g y registró 22% de eclosión en su primer día, 3% en el segundo y 3% en el último día, el total de eclosión para los tres días fue de 28%, la segunda masa pesó 111 g y registró 31%, 21%, 17% y 9% en cada día de eclosión cuyo porcentaje total fue de 78%, la última masa pesó 124 g la cual tuvo 33%, 9%, 6% y 4%, en cada día con eclosión total de 52%.

De acuerdo a estos datos para el primer día de emergencia el tamaño de la masa ovígera si afecta el porcentaje de eclosión, puesto que la masa de 124 g presentó mayor porcentaje con respecto a las otras dos, sin embargo, al considerar el porcentaje de eclosión total la masa que presentó mayor eficiencia de eclosión fue la masa de 111 g y ésta no fue la más grande (Fig. 41).

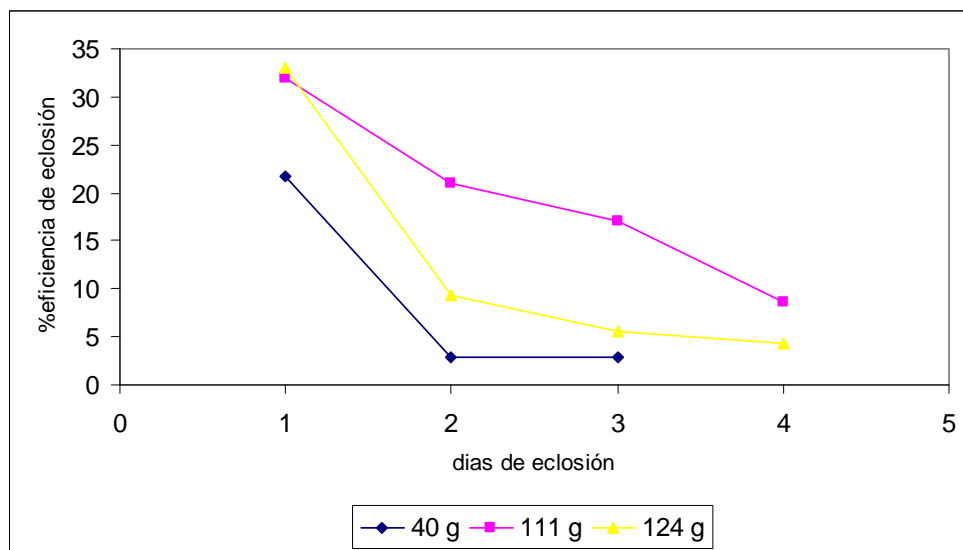


Fig.41. Efecto del tamaño de la masa ovígera sobre la eficiencia de eclosión.

A partir de las fotos y de las observaciones realizadas en el microscopio, la masa cuyo peso fue de 111 g estaba fecundada en su totalidad ya que exhibió movimiento ciliar y desarrollo de los velos dentro del huevo en las secciones A, B y C de la masa ovígera lo cual no sucedió para todas las secciones de la masa de 124 g, debido a esto su porcentaje de eclosión disminuyó.

Por lo tanto, el tamaño de la masa ovígera está relacionado con el porcentaje de eclosión, e independientemente del peso de la masa éste disminuye en los días posteriores. Por otro lado, el porcentaje de eclosión puede verse afectado si la masa ovígera no logra ser fecundada completamente.

## 6.2. Variaciones cuantitativas y su ubicación dentro de la masa ovígera.

En esta sección se describen los resultados de las variaciones cuantitativas del diámetro de huevo, ancho de filamento y número de huevos por milímetro durante la incubación. Se utilizaron dos masas ovígeras del experimento anterior las cuales se etiquetaron como masa I la que pesó 124g y masa II cuyo peso fue de 111g.

Por otro lado, se analizaron estos parámetros con respecto a la ubicación del huevo dentro de la masa ovígera considerando tres secciones (A,B,C) y su relación con el desarrollo embrionario.

### 6.2.1. Diámetro de huevo con respecto al día de incubación

En primer lugar se muestra el patrón de crecimiento del huevo a través del período de incubación. A partir de las fotografías realizadas con el microscopio PCSCOPE (1.3X, 4X y 10X), se observó en la hueva I que el diámetro del huevo aumentó conforme se desarrolla embriológicamente. En el último día de incubación la media del diámetro del huevo ( $\bar{x}$  219 $\mu$ m,  $DE$  12.7,  $n$  69) fue 11% mayor con respecto al primer día de incubación ( $\bar{x}$  197  $\mu$ m,  $DE$  14.4,  $n$  225), sin embargo, este día tuvo un decremento con respecto al día 6 ( $\bar{x}$  226  $\mu$ m,  $DE$  16.1,  $n$  135). Por lo tanto el día 6 fue 15% mayor que el día 1. Al aplicar análisis de varianza (ANOVA) se encontró que hay una diferencia significativa en el diámetro del huevo ( $F$  102.40,  $p < 0.0001$ ), a partir de este resultado se realizó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) la cual mostró diferencias significativas en los días 1, 2, 3, y 6 de incubación (Fig.15).

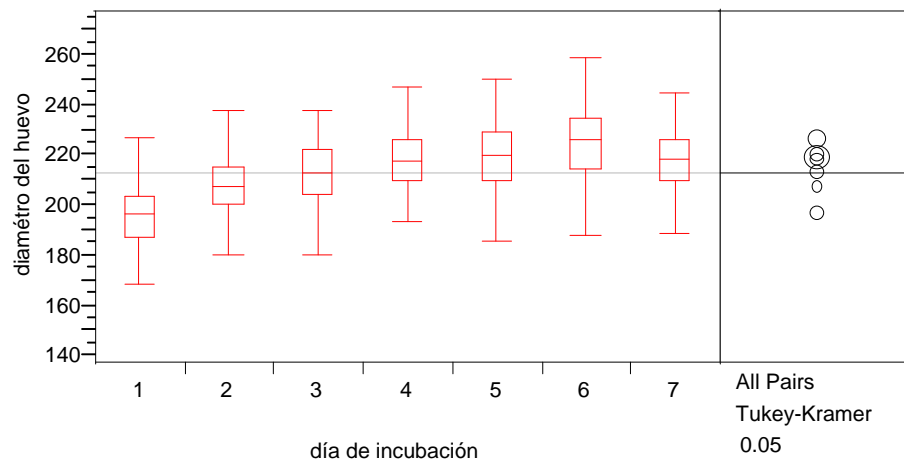


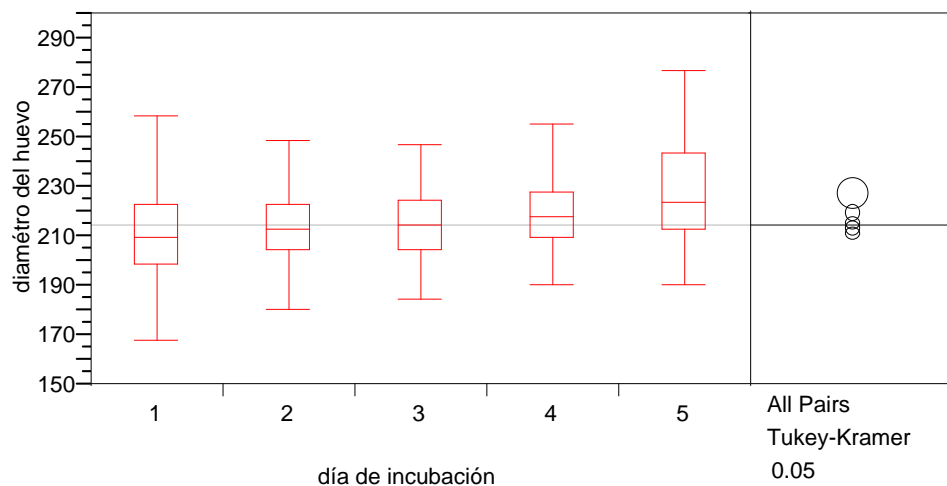
Fig. 15. Aumento en el diámetro del huevo durante el período de incubación en la masa ovígera I. Las líneas externas muestran el valor mínimo y máximo, es decir, el 100% de los datos. El comienzo de la caja indica el 25% de los

datos, la línea interna la mediana, el borde superior de la caja el 75% de los datos y la línea que divide la gráfica señala la media global.

En la masa ovígera II, se observa el incremento constante del diámetro del huevo; a diferencia de la masa ovígera I, ésta conservó un crecimiento homogéneo positivo sin disminución del tamaño del huevo y el período de incubación fue menor.

La media del diámetro del huevo en el último día de incubación ( $x$  227  $\mu\text{m}$ ,  $DE$  20.1,  $n$  54) fue 8% mayor con respecto al primer día de incubación ( $x$  211  $\mu\text{m}$ ,  $DE$  19.9,  $n$  324), la ANOVA ( $F$  16,  $p$  <0.0001) y la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) indicaron que hay una diferencia significativa del tamaño del huevo en los días 1, 3, 4 y 5 de incubación (Fig. 16).

Fig. 16. Incremento del diámetro del huevo durante la incubación en la masa ovígera II. Las líneas externas muestran



el valor mínimo y máximo, es decir, el 100% de los datos. El comienzo de la caja indica el 25% de los datos, la línea interna la mediana, el borde superior de la caja el 75% de los datos y la línea que divide la gráfica señala la media global.

Al comparar las dos masas ovígeras se observa que el diámetro del huevo encapsulado de la masa ovígera II tuvo un crecimiento positivo y mayor que la masa ovígera I a lo largo del período de incubación. El primer día el tamaño del huevo fue superior para la masa ovígera II ( $x$  211  $\mu\text{m}$ ,  $DE$  19.9,  $n$  324) en relación a la masa ovígera I ( $x$  197  $\mu\text{m}$ ,  $DE$  14.4,  $n$  225), lo mismo ocurre para el último día de desarrollo embrionario en la

masa II ( $\bar{x}$  227  $\mu\text{m}$ ,  $DE$  20.1,  $n$  54) y la masa ovígera I ( $\bar{x}$  219  $\mu\text{m}$ ,  $DE$  12.7,  $n$  69), así mismo, se aprecia el decremento del diámetro del huevo para el día 7 de incubación en la masa ovígera I. Cabe mencionar que el período de incubación fue de 7 y 5 días para la masa I y II respectivamente (Fig.17).

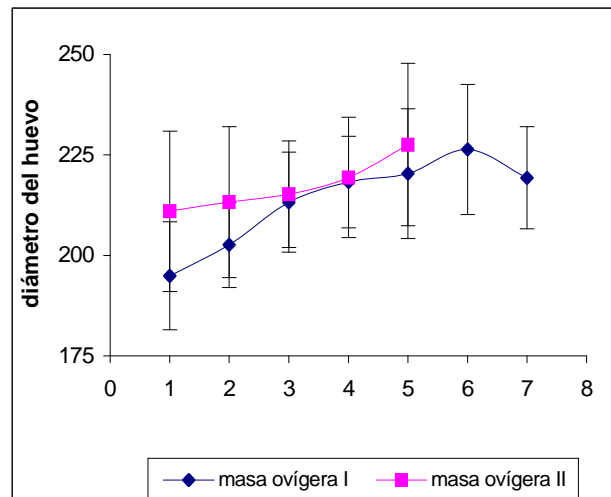


Fig. 17. Incremento de diámetro del huevo en las dos masas ovígeras durante la incubación ( se indica media y desviación estándar).

La media del diámetro del huevo durante el período de incubación en la masa ovígera II ( $\bar{x}$  215 $\mu\text{m}$ ,  $DE$  17.6,  $n$  1227) fue casi igual que la masa ovígera I ( $\bar{x}$  213 $\mu\text{m}$ ,  $DE$  16.1,  $n$  1503), por lo tanto, la diferencia no fue estadísticamente significativa entre las dos masas ovígeras ( $F$  7.96,  $p > 0.0048$ ), (Fig. 18).

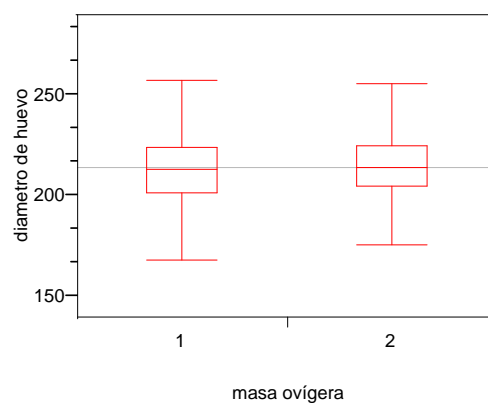


Fig.18. Diámetro del huevo en la incubación en las dos masas ovígeras. Las líneas externas muestran el valor mínimo y máximo, es decir, el 100% de los datos. El comienzo de la caja indica el 25% de los datos, la línea interna la mediana, el borde superior de la caja el 75% de los datos y la línea que divide la gráfica señala la media global.

## 6.2.2 Ancho del filamento de la masa ovígera en relación al día de incubación.

Otro parámetro cuantitativo fue el ancho del filamento; se utilizaron las mediciones realizadas a partir de las fotografías al microscopio en los aumentos 1.3X y 4X. En la masa ovígera I se observó que el ancho del filamento en el día 1 ( $x$  639 $\mu$ m,  $DE$  36.07,  $n$  204) de incubación fue mayor con respecto al día 2 ( $x$  615 $\mu$ m,  $DE$  41.2,  $n$  207) y el día 6 ( $x$  666 $\mu$ m,  $DE$  39.7,  $n$  57) fue 8% mayor que el día 2 (Fig.19). Este aumento del ancho del filamento está relacionado con el crecimiento de los huevos. El análisis de varianza ( $F$  22.5,  $p$  <.0001) y la prueba de Tukey ( $\alpha$  = 0.05) señalaron que hay diferencias significativas del ancho del filamento en los días 1, 3 y 6 de incubación. Solo se graficaron seis días de incubación pues las fotos del día 7 no fue posible medirlas ya que el filamento estaba dañado y no se observaban los límites de éste.

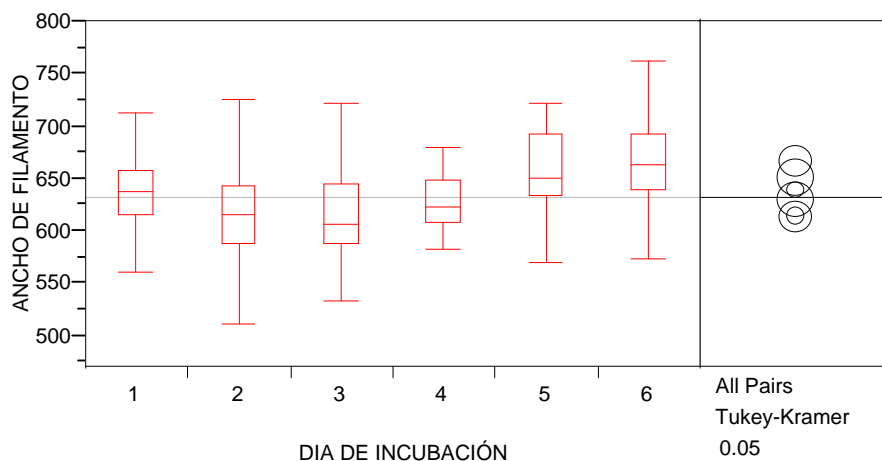


Fig. 19. Variación del ancho del filamento en la incubación en la masa ovígera I. Las líneas externas muestran el valor mínimo y máximo, es decir, el 100% de los datos. El comienzo de la caja indica el 25% de los datos, la línea interna la mediana, el borde superior de la caja el 75% de los datos y la línea que divide la gráfica señala la media.

Por otro lado, el ancho del filamento en la masa ovígera II disminuyó de tamaño, ya que el último día de desarrollo embrionario ( $x$  552 $\mu$ m,  $DE$  34.08,  $n$  9) fue 12% menor con respecto al primer día ( $x$  629 $\mu$ m,  $DE$  62.29,  $n$  75), al aplicar ANOVA ( $F$  44.4,  $p$

<.0001), y la prueba de Tukey (*alfa* = 0.05), se encontró una diferencia significativa en los días 1, 2 y 3 de incubación (Fig.20).

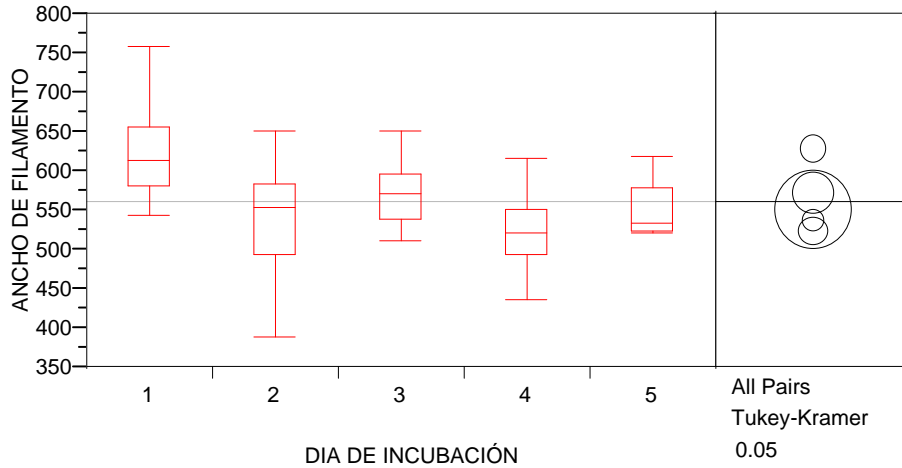


Fig. 20. Variación del ancho del filamento durante la incubación en la masa ovígera II. Las líneas externas muestran el valor mínimo y máximo, es decir, el 100% de los datos. El comienzo de la caja indica el 25% de los datos, la línea interna la mediana, el borde superior de la caja el 75% de los datos y la línea que divide la gráfica señala la media.

Al graficar el ancho del filamento para las dos masas, se observa que para el primer día de incubación los valores de la masa ovígera I ( $x$  639 $\mu$ m,  $DE$  36.07,  $n$  204) y la masa ovígera II ( $x$  629 $\mu$ m,  $DE$  62.29,  $n$  75) son muy parecidos. La diferencia se observa hacia el último día de incubación pues el filamento en la masa ovígera I ( $x$  666  $\mu$ m,  $DE$  39.75,  $n$  57) fue 21% mayor que en la masa ovígera II ( $x$  552 $\mu$ m,  $DE$  34.08,  $n$  9), así mismo, se aprecia que la masa ovígera I tuvo un período de incubación mayor (Fig. 21).

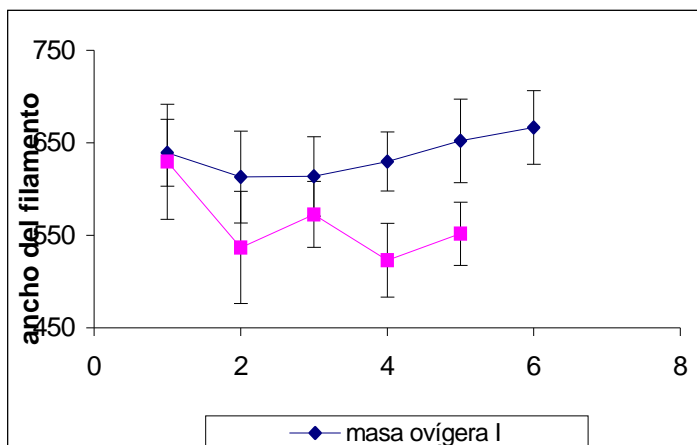




Fig. 21. Ancho del filamento durante la incubación en ambas masas ovígeras (Se grafica media y líneas de desviación estándar).

Cuando se comparan las dos masas ovígeras durante el período de incubación la media del ancho del filamento en la masa ovígera I ( $x$  596 $\mu$ m,  $DE$  151,  $n$  643) fue 6% mayor con respecto a la masa ovígera II ( $x$  561 $\mu$ m,  $DE$  68.37,  $n$  294). La diferencia de la media del ancho del filamento en ambas masas no fue significativa ( $F$  14.20,  $p$  >.0002), (Fig.22).

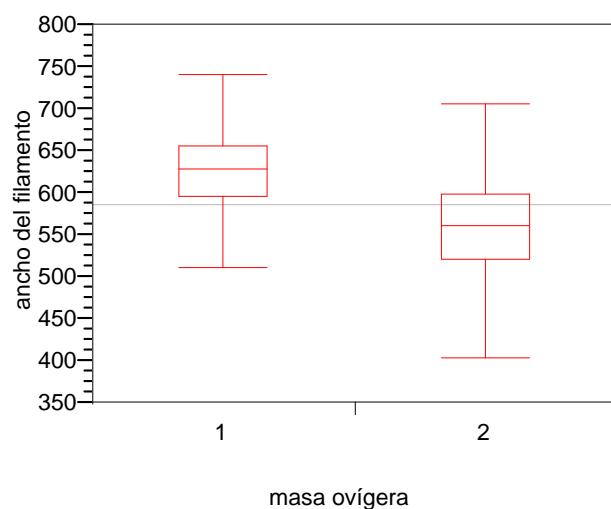


Fig. 22. Ancho del filamento en las dos masas ovígeras durante el desarrollo embrionario. Las líneas externas muestran el valor mínimo y máximo, es decir, el 100% de los datos. El comienzo de la caja indica el 25%, la línea interna la mediana, el borde superior de la caja el 75% de los datos y la línea que divide la gráfica señala la media.

### 6.2.3. Número de huevos con respecto al día de incubación.

El número de huevos por milímetro se obtuvo a partir de las fotografías tomadas al microscopio, se observa en el primer día de incubación en la masa ovígera I ( $x$  14.8 huevos/mm,  $DE$  1.94,  $n$  201) tuvo la misma cantidad de huevos por milímetro que el último día de incubación ( $x$  14.8 huevos/mm,  $DE$  0.39,  $n$  9), (Fig. 23); sin embargo, este día presenta una disminución con respecto al día seis ( $x$  16 huevos/mm,  $DE$  1.9,  $n$  57), por lo tanto el día 6 fue 8% mayor que el día 1 de incubación al realizar ANOVA y en la

prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) la diferencia es significativa ( $F 14.79, p > 0.0001$ ), para los días 1 y 6.

En la masa ovígera II ocurre lo mismo que en la masa I, el día 5 ( $\bar{x} 13\mu\text{m}, DE 2.08, n 21$ ) presenta una disminución en relación al día 4 ( $\bar{x} 13.96\mu\text{m}, DE 2.03, n 135$ ) y éste fue 13% mayor que el primer día de incubación ( $\bar{x} 12$  huevos/mm,  $DE 2.44, n 195$ ); la ANOVA ( $F 12.24, p < 0.0001$ ), y la prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), indican que existe una diferencia significativa en los días 1 y 4 (Fig. 24).

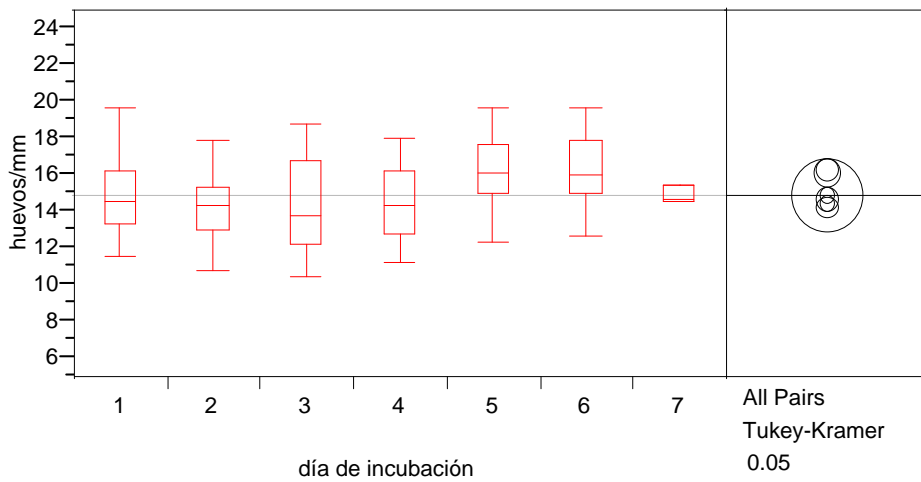


Fig.23. Cantidad de huevos por milímetro durante la incubación en la masa ovígera I. Se grafica 25, 75 y 100% de los datos. La línea interna del diagrama de caja es la mediana; la línea que divide la gráfica señala la media global.

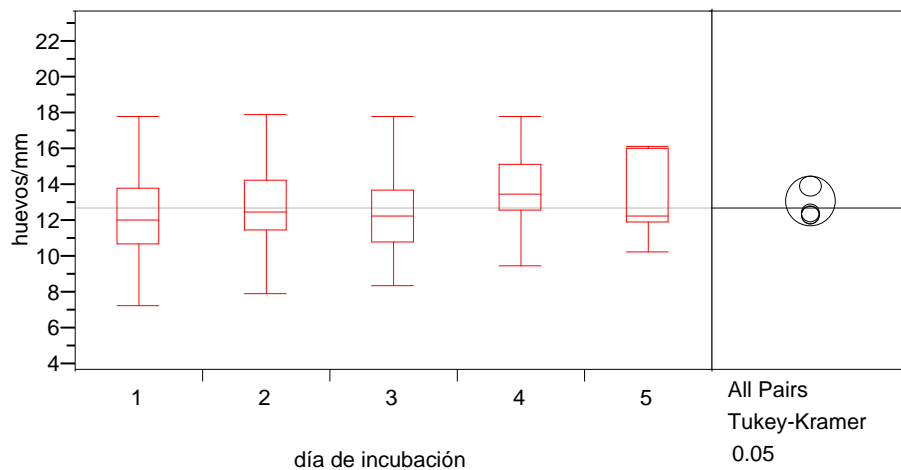


Fig.24. Cantidad de huevos por milímetro durante la incubación en la masa ovígera II. Se grafica 25, 75 y 100% de los datos. La línea interna del diagrama de caja es la mediana; la línea que divide la gráfica señala la media global.

En la siguiente gráfica se comparó el número de huevos por milímetro durante la incubación en ambas masas ovígeras (Fig.25). Se aprecia que la masa ovígera I presento mayor cantidad de huevos por milímetro y un período más largo de desarrollo embrionario que la masa ovígera II. A pesar de las variaciones se confirma que en las dos masas se conserva el mismo número de huevos desde el inicio del período de incubación hasta el final de éste.

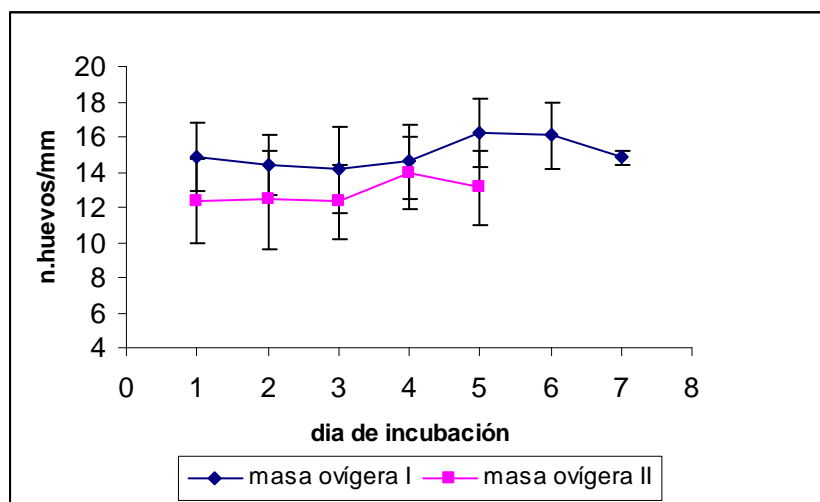


Fig.25. Variación del número de huevos por milímetro durante la incubación en ambas masas ovígera. Se graficó media y desviación estándar.

En la gráfica 26, se comparó la cantidad de huevos por milímetro en ambas masas; la masa ovígera I ( $\bar{x}$  15 huevos/mm,  $DE$  2.09,  $n$  720) fue 16% mayor con respecto a la masa ovígera II ( $\bar{x}$  13 huevos/mm,  $DE$  2.46,  $n$  710), es decir, la primera presentó mayor cantidad de huevos por milímetro por lo tanto por masa ovígera, esto se relaciona con los datos del ancho del filamento que se obtuvieron para esta misma masa (ver. Fig.22). Al aplicar el análisis de varianza ésta es significativamente diferente ( $F$  319.55,  $p < 0.0001$ ). También se obtuvo la media total ( $\bar{x}$  14,  $DE$  2.3,  $n$  1430) durante la

incubación en ambas masas ovígeras, así pues, por cada milímetro de filamento se presentan 14 huevos encapsulados.

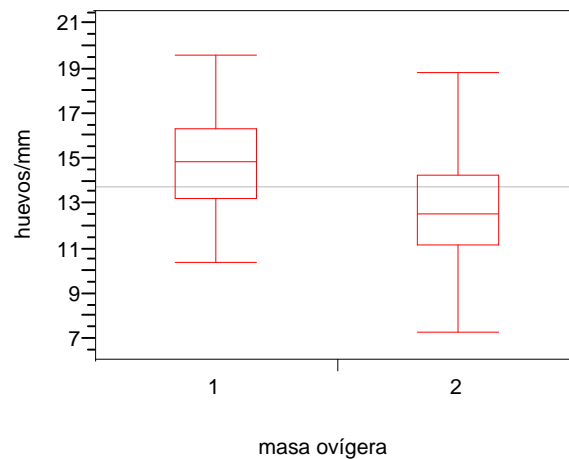


Fig. 26. Número de huevos por milímetro en las dos masas ovígeras. La línea del centro de la caja muestra la mediana, el contorno inferior y superior es el 25 y 75% de los datos; las líneas externas indican el 100% de los datos.

#### **6.2.4 Características del huevo en función de su ubicación dentro de la masa ovígera.**

Se analizó la variación de los parámetros cuantitativos con respecto a su ubicación en las tres secciones de la masa ovígera; y su relación con el desarrollo embrionario.

##### **6.2.4.1 Diámetro del huevo.**

Las secciones dentro de la masa ovígera se etiquetaron como A, B y C, siendo A la del extremo izquierdo, B parte media, y C extremo derecho, sin saber cual de los dos extremos es decir “A” o “C” se depositaron primero.

Se tomaron en el microscopio un total de 1111 fotos en los aumentos 1.3X, 4X y 10X, a partir de las cuales se obtuvieron 2591 datos. Al hacer las mediciones en el software se observó que el tamaño del huevo era mayor además de que estaba más desarrollado embriológicamente en la sección C que en la sección A. Se pudo deducir que el extremo

C fue el primero que se ovopositó y el extremo A el último, simplemente se invirtieron las etiquetas para que quedaran correctamente ubicados, quedando de la siguiente forma: A extremo inicial, B parte media y C extremo final.

Se observó en la masa ovígera I que hay una variación del diámetro del huevo en todas las secciones y éstas presentan un crecimiento positivo, con excepción del último día de incubación para la sección B.

Se registró para el primer día de incubación que la sección B ( $199\mu\text{m}$ ,  $DE$  13.4,  $n$  69) fue 2% mayor que A ( $x$   $194\mu\text{m}$ ,  $DE$  15.2,  $n$  81) y C ( $x$   $198\mu\text{m}$ ,  $DE$  14.3,  $n$  75). Por tanto los huevos ubicados en la parte media crecieron más con respecto a las otras dos secciones de la masa ovígera. Se esperaba encontrar que la sección "A" tuviera un diámetro de huevo mayor ya que fue la primera que se ovopositó y que comenzó las divisiones mitóticas, posteriormente la sección B y por último la sección C, sin embargo, esto no fue así para el primer día de desarrollo embrionario.

Al observar la gráfica en los siguientes días las secciones A, B, C crecieron de acuerdo a su ubicación en la masa ovígera y presentaron 5, 7 y 6 días de incubación respectivamente. Debido a que las tres secciones tienen períodos de incubación distintos se utilizó el día cinco para comparar las diferencias; la sección A ( $225\mu\text{m}$ ,  $DE$  14.6,  $n$  90) y la sección B ( $224\mu\text{m}$ ,  $DE$  14.8,  $n$  75) presentaron valores muy parecidos y éstas tuvieron un diámetro del huevo 7% mayor que C ( $210\mu\text{m}$ ,  $DE$  14.9,  $n$  75) (Fig. 27).

El día 7 ( $x$   $219\mu\text{m}$ ,  $DE$  12.7,  $n$  69) de incubación la sección B tuvo una disminución con respecto al día 6 ( $x$   $229\mu\text{m}$ ,  $DE$  16.3,  $n$  69), esto mismo ocurre para el mismo día en las variaciones del diámetro del huevo en función del día de incubación. Con estos datos se deduce que la disminución del diámetro proviene de la sección "B", es decir, la parte media de la masa ovígera, observando que presentó el período de incubación más largo y de acuerdo a las observaciones directas dicha sección no eclosionó.

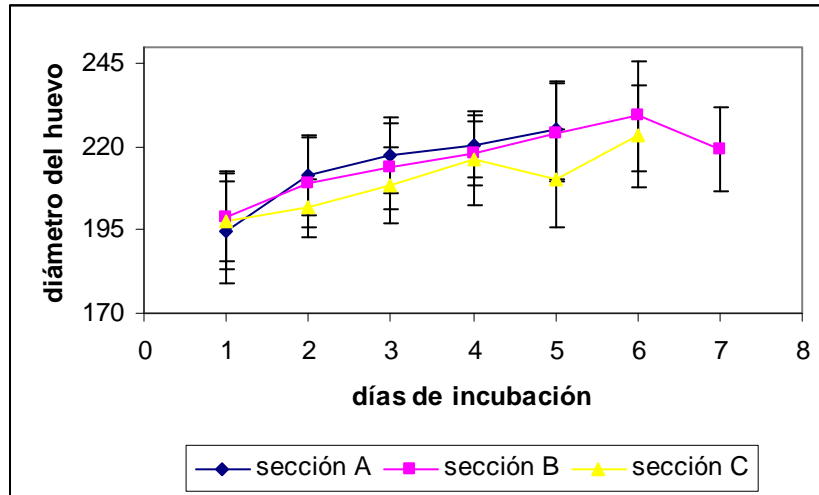


Fig. 27. Variación del diámetro del huevo en las tres secciones de la masa ovígera I durante la incubación (se graficó medias y desviación estándar).

Al comparar el diámetro del huevo por sección, se aprecia que el diámetro del huevo de la sección B ( $x$  216 $\mu$ m,  $DE$  16.1,  $n$  534) fue más grande que la sección A ( $x$  214 $\mu$ m,  $DE$  16.3,  $n$  459) y que la sección C ( $x$  209 $\mu$ m,  $DE$  15.1,  $n$  510), el ANOVA ( $F$  20.18  $p < 0.0001$ ) y la prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) señala que la diferencia es significativa para la sección A y C (Fig. 28). La sección B fue la que presentó el diámetro de huevo mayor, por lo tanto, el diámetro del huevo no disminuyó de acuerdo a su disposición en la masa ovígera.

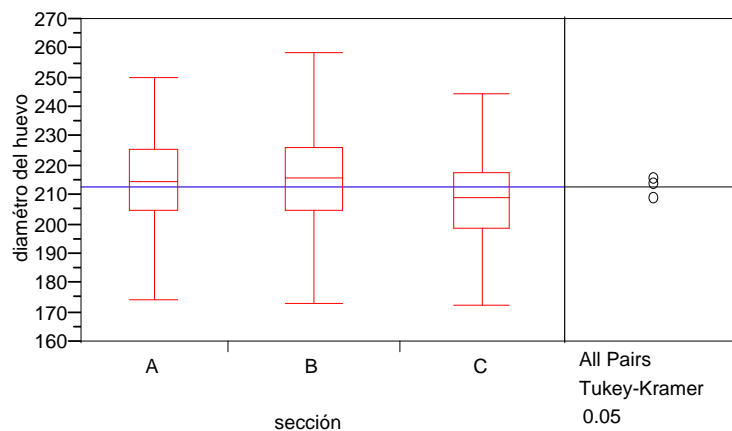


Fig. 28. Variación del diámetro del huevo en las secciones A, B y C en la masa ovígera I, la caja indica la distribución del 25 y 75% de los datos, en el centro de ésta se ubica la mediana, y las líneas externas el 100% de los datos. La línea que atraviesa toda la gráfica representa la media global.

En la masa ovígera II se observó el aumento del diámetro del huevo de acuerdo a su ubicación en la masa ovígera a excepción del día 2 donde la región C ( $x$  213 $\mu$ m,  $DE$  24.5,  $n$  108) fue ligeramente mayor que B ( $x$  209 $\mu$ m,  $DE$  13.9,  $n$  105) y el día 3 donde B ( $x$  217 $\mu$ m,  $DE$  12.3,  $n$  99) fue mayor que A ( $x$  214 $\mu$ m,  $DE$  13.1,  $n$  108). El día 3 de incubación inició la eclosión; esto justifica el descenso en el diámetro puesto que las larvas cercanas a la eclosión secretan una enzima que adelgaza el huevo.

En el último día de incubación se apreció con detalle las diferencias, ya que A ( $x$  242 $\mu$ m,  $DE$  21.3,  $n$  18) fue 7% mayor que B ( $x$  226 $\mu$ m,  $DE$  17.8,  $n$  21) y ésta mayor que C ( $x$  212 $\mu$ m,  $DE$  5.3,  $n$  15). Todas las secciones tuvieron un período de incubación de 5 días (Fig. 29).

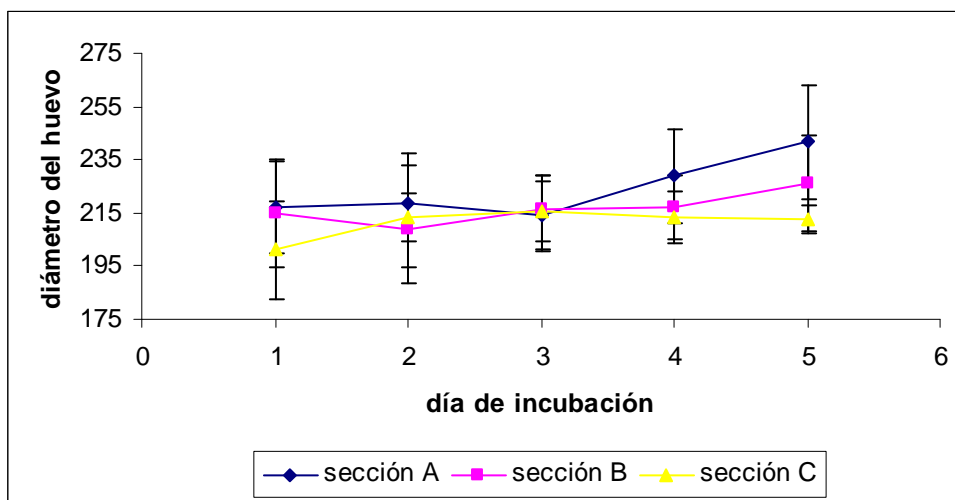


Fig. 29. Variación del diámetro del huevo en las tres secciones de la masa ovígera II durante la incubación.  
(se grafico media y desviación estándar).

A continuación se compara la variación del diámetro por sección, se observó que la sección A ( $x$  220 $\mu$ m,  $DE$  17.22,  $n$  405) fue mayor que B ( $x$  214 $\mu$ m,  $DE$  16,  $n$  402) y ésta mayor que C ( $x$  210 $\mu$ m,  $DE$  18.4,  $n$  420). La ANOVA ( $F$  29.67  $p < 0.0001$ ) y la prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) indican que todas las secciones fueron significativamente

diferentes (Fig. 30). Por lo tanto, el diámetro del huevo se desarrolló de acuerdo a su ubicación dentro de la masa ovígera.

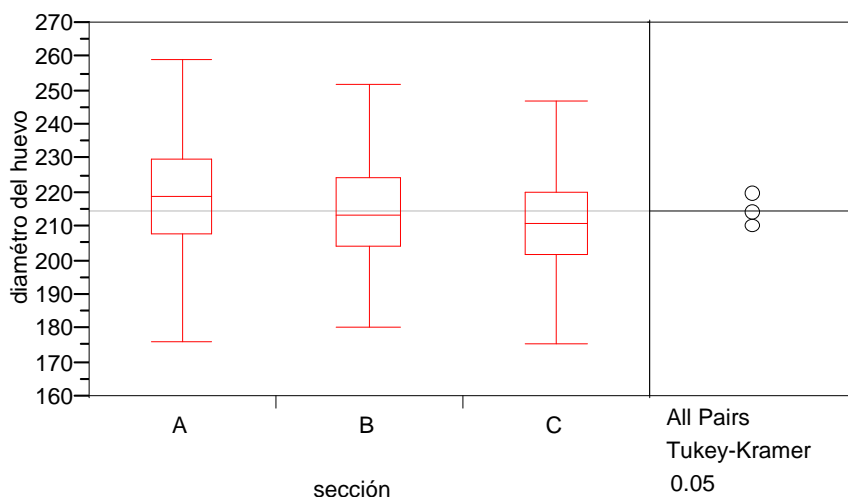


Fig. 30. Disminución del diámetro del huevo con respecto a su ubicación en la masa ovígera II, la caja indica el 25 y 75% de los datos, al centro se ubica la mediana, las líneas externas de la caja representan el 100% de los datos y la línea que divide la gráfica es la media total.

#### 6.2.4.2 Ancho del filamento en relación a su ubicación.

Se muestra la variación del ancho del filamento por sección durante la incubación. Durante la incubación, en la masa ovígera I todas las secciones aumentaron su ancho del filamento y se observa las diferencias entre éstas. En el día 3 la sección A ( $x$  570 $\mu$ m,  $DE$  27,  $n$  12) tuvo un decremento notable lo cual presume que este día fue el inicio de la eclosión, inclusive las muestras son pocas y en las fotografías se nota un filamento muy deteriorado por la próxima emergencia de las larvas.

Cabe mencionar que al término del período de incubación la sección B ( $x$  685  $\mu$ m,  $DE$  55.8,  $n$  15) fue mayor que A ( $x$  665 $\mu$ m,  $DE$  25.5,  $n$  24) y C ( $x$  660  $\mu$ m,  $DE$  30.2,  $n$  42). Por lo que la sección B creció 8% con respecto a su primer día ( $x$  624 $\mu$ m,  $DE$  33,  $n$  72) y las secciones A ( $x$  646 $\mu$ m,  $DE$  27.2,  $n$  68) y C ( $x$  649 $\mu$ m,  $DE$  41.7,  $n$  64) presentaron un aumento muy parecido del 3% y 2% respectivamente. Estos datos se relacionan con



las variaciones del diámetro del huevo observando que la sección B fue la que registró un diámetro mayor y por lo tanto de filamento. A pesar de que la sección A tuvo un ancho de filamento menor ésta fue la que eclosionó primero presentando un período de incubación de 5 días (Fig. 31).

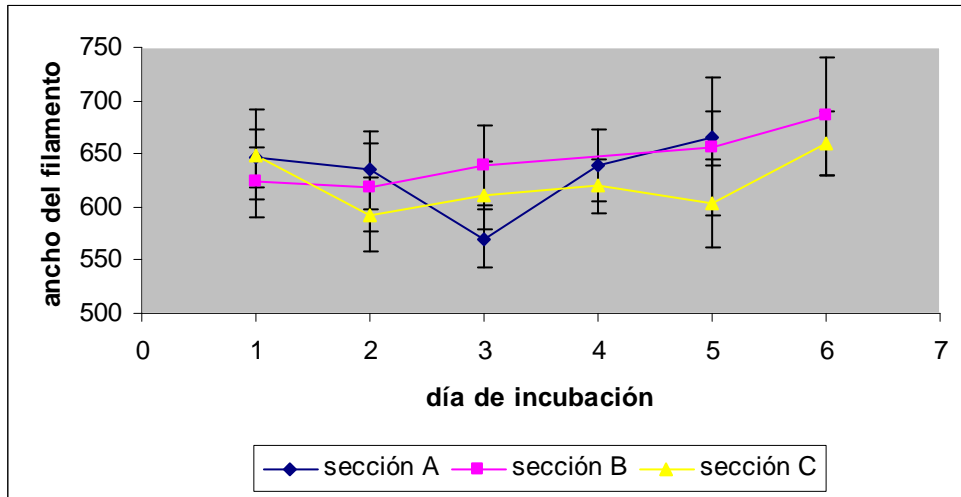


Fig. 31. Variación del ancho del filamento en las tres secciones de la masa ovígera I durante la incubación. (se graficó media y desviación estándar).

Al comparar el ancho del filamento por sección, se nota que la sección B ( $x$  630µm,  $DE$  44.3,  $n$  189) fue la que presentó el ancho de filamento mayor, después fue la C ( $x$  617µm,  $DE$  84.3,  $n$  227) y por último la sección A ( $x$  546µm,  $DE$  228.3,  $n$  227), de esta forma ninguna sección creció de acuerdo a su ubicación en la masa ovígera, el ANOVA indica que hubo una diferencia significativa ( $F$  20.75  $p < 0.0001$ ) (Fig. 32).

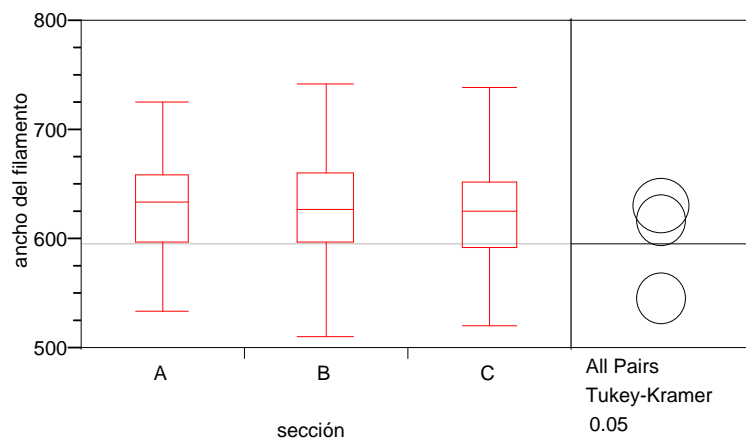


Fig. 32. Variación del ancho del filamento con respecto a su ubicación en la masa ovígera II, la caja indica el 25 y 75% de los datos, al centro se ubica la mediana, las líneas externas de la caja representan el 100% de los datos y la línea que divide la gráfica es la media total.

En la masa ovígera II las tres secciones mostraron una disminución contrario a lo que sucede en la masa ovígera I donde se presenta un aumento del ancho del filamento.

La sección A ( $x$  592 $\mu$ m,  $DE$  23.7,  $n$  3) presentó una disminución del 3% con respecto al primer día de incubación ( $x$  613 $\mu$ m,  $DE$  37.14,  $n$  12), la sección B ( $x$  522 $\mu$ m,  $DE$  2.4,  $n$  3) fue 20% menor que el primer día ( $x$  652 $\mu$ m,  $DE$  73.1,  $n$  30) y por último la sección C ( $x$  541 $\mu$ m,  $DE$  13.9,  $n$  3) fue 12% menor con respecto al primer día ( $x$  615  $\mu$ m,  $DE$  53.5 ,  $n$  33). El día 3 en la sección A presentó un descenso con respecto al día 2, esto se relaciona con la disminución del diámetro del huevo (ver. Fig. 29); todas las secciones tuvieron un período de incubación de 5 días (Fig. 33).

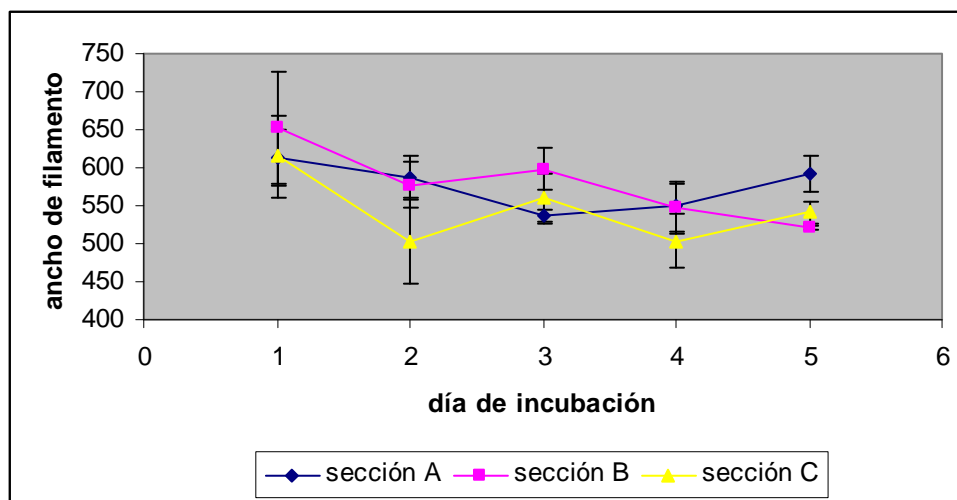


Fig. 33. Comportamiento del ancho del filamento por extremo durante la incubación en la masa ovígera II (Se graficó media y desviación estándar).

Se grafica la variación del ancho del filamento por sección; la sección B ( $x$  597  $\mu$ m,  $DE$  63.1,  $n$  93) registró un ancho de filamento mayor que A ( $x$  579  $\mu$ m,  $DE$  40.6,  $n$  48) y que C ( $x$  534 $\mu$ m,  $DE$  66.7,  $n$  153), el análisis de varianza ( $F$  32.13  $p > 0.0001$ ) señala que hay diferencias significativas entre las secciones (Fig. 34)

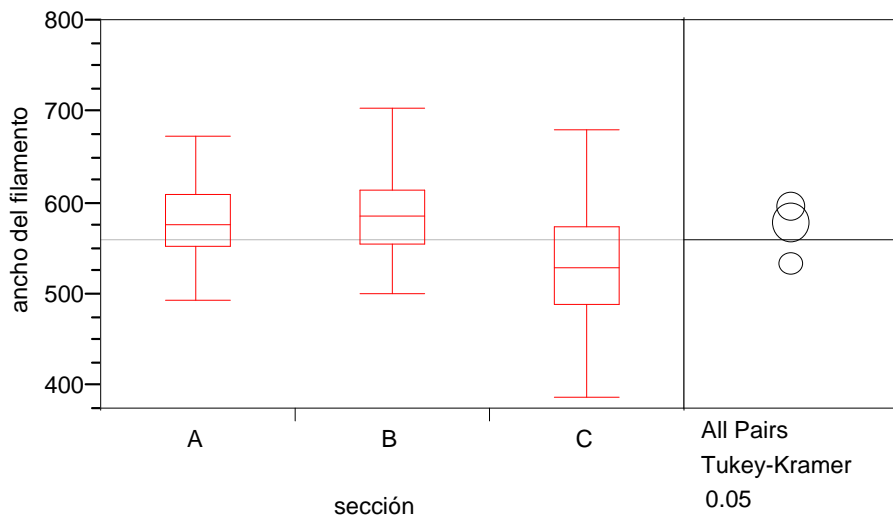


Fig 34. Ancho del filamento en la masa II por sección. Se grafica el 100% de los datos, al centro de la caja se indica la mediana, y la línea que divide la gráfica es la media global.

### 6.2.4.3. Número de huevos por sección.

A continuación se analiza la variación del número de huevos por milímetro en las tres secciones durante la incubación. Se hicieron las mediciones a partir de fotos tomadas al microscopio en el aumento 1.3X. La sección A comienza ( $x$  16 huevos/mm,  $DE$  1.8,  $n$  69) y termina ( $x$  16 $\mu$ m,  $DE$  2.5,  $n$  48) con el mismo número de huevos; esta sección en el día tres ( $x$  12 huevos/mm,  $DE$  1.4,  $n$  39) tuvo un decrecimiento notable con respecto al día 2 ( $x$  14 huevos/mm,  $DE$  1.6,  $n$  69) el cual está relacionado con la disminución del ancho del filamento por sección durante la incubación en este mismo día (ver Fig.31). La sección B comienza ( $x$  15 huevos/mm,  $DE$  1.6,  $n$  69) y termina ( $x$  15 huevos/mm,  $DE$  0.3,  $n$  9) con la misma cantidad de huevos, sin embargo, este día presenta una disminución con respecto al día 6 ( $x$  16 huevos/mm,  $DE$  1.6,  $n$  30), la cual también se presenta en el diámetro del huevo durante la incubación (ver Fig. 17) y en el número de huevos/mm durante la incubación (Fig. 23), se determina entonces que estas variaciones ocurrieron en la parte media o sección B de la masa ovígera.

Por el contrario la sección C no tuvo el mismo número de huevos al inicio ( $x$  14 huevos/mm,  $DE$  1.8,  $n$  63) ni al final ( $x$  16 huevos/mm,  $DE$  2.1,  $n$  27) del período, por lo

tanto, fue la única sección que aumento su número de huevos. En cuanto al período de incubación la sección A, B y C presentó 5, 7, y 6 días respectivamente (Fig. 35).

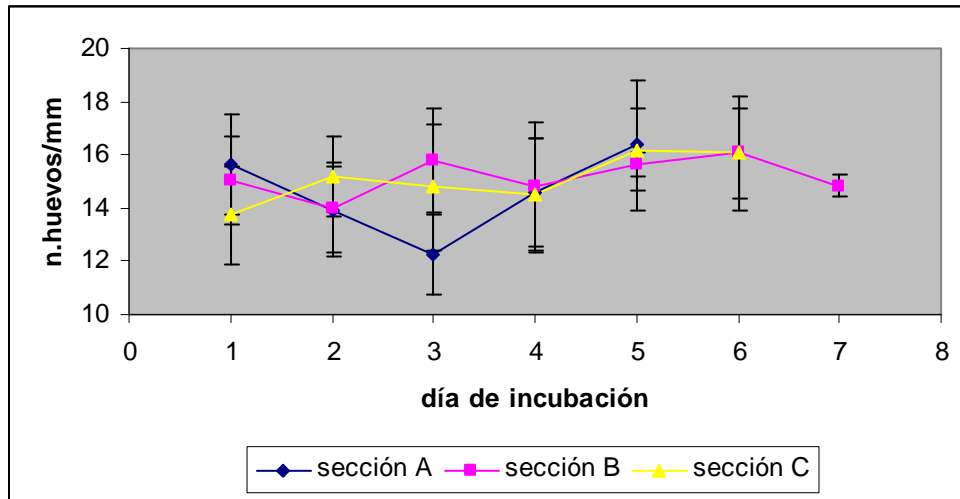


Fig. 35. Variaciones del número de huevos/mm en las tres secciones de la masa ovígera I durante la incubación (Se graficó media y desviación estándar).

A continuación se representa el número de huevos en las tres secciones, la sección A ( $x$  14 huevos/mm,  $DE$  2.3,  $n$  243) fue la que tuvo menos cantidad de huevos con respecto a la B ( $x$  15 huevos/mm,  $DE$  1.8,  $n$  210) y la sección C ( $x$  15 huevos/mm,  $DE$  2.0,  $n$  267) que tuvieron la misma cantidad, por lo tanto, la hembra no terminó con la misma cantidad de huevos, al aplicar análisis de varianza no hay diferencias significativas del número de huevos por ubicación dentro de la masa ovígera I ( $F$  3.01  $p > 0.0498$ ) (Fig. 36).

En la masa ovígera II se observó que las tres secciones presentaron valores diferentes del número de huevos por milímetro durante la incubación. En la sección A el último día de incubación ( $x$  13 huevos/mm,  $DE$  2.1,  $n$  12) presentó mayor cantidad de huevos que el primer día de desarrollo embrionario ( $x$  11 huevos/mm,  $DE$  1.4,  $n$  66); la sección B inició ( $x$  14 huevos/mm,  $DE$  2.8,  $n$  69) y terminó ( $x$  14 huevos/mm,  $DE$  2.3,  $n$  6) con el mismo número además de ser la sección que presentó mayor cantidad de huevos con respecto a las otras dos regiones, por último la sección C ( $x$  12 huevos/mm,  $DE$  1.7,  $n$

60) aumentó la cantidad de huevos ( $x$  13 huevos/mm,  $DE$  0,  $n$  3) y las secciones presentaron cinco días de incubación (Fig. 37).

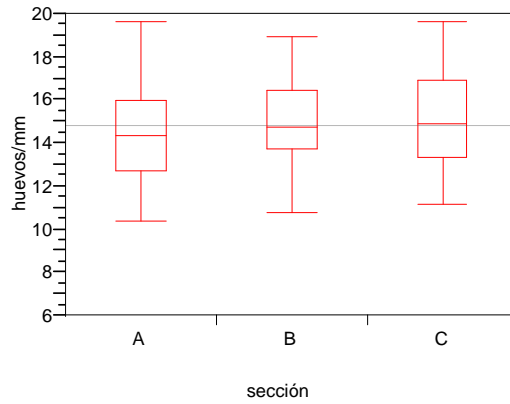


Fig. 36. Número de huevos/mm en las tres secciones de la masa ovígera I. La caja indica el 25 y 75% de los datos, al centro se ubica la mediana, las líneas externas de la caja representan el 100% de los datos y la línea que divide la gráfica es la media total.

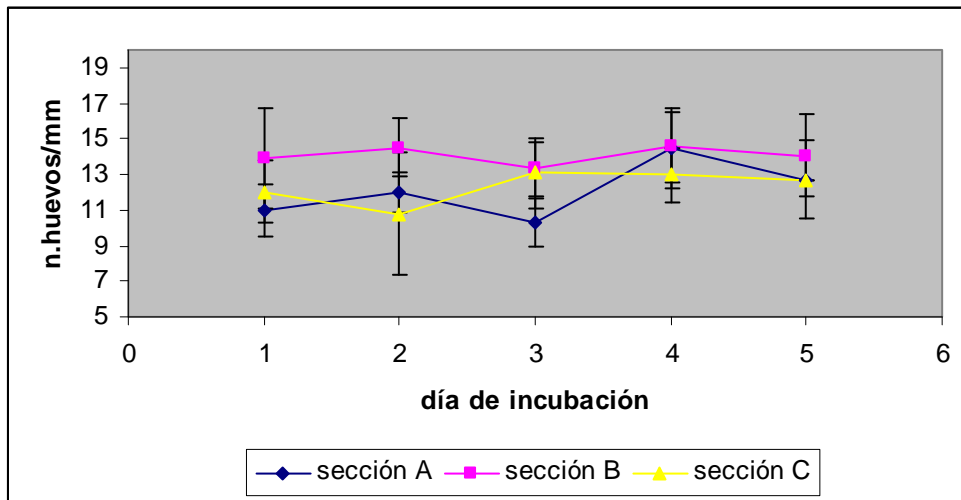


Fig. 37. Variaciones del número de huevos/mm en las tres secciones de la masa ovígera II durante la incubación (Se graficó media y desviación estándar).

Al graficar el número de huevos por ubicación dentro de la masa ovígera II, el ANOVA indica que hubo diferencias significativas ( $F$  70.90  $p < 0.0001$ ), al aplicar la prueba Tukey-Kramer las diferencias se encontraron entre la sección B ( $x$  14 huevos/mm,  $DE$  2.1,  $n$  240) y las secciones A ( $x$  12 huevos/mm,  $DE$  2.0,  $n$  229) y C ( $x$  12 huevos/mm,

DE 2.5, n 241), en este caso la sección B presentó mayor cantidad de huevos por milímetro, sin embargo, la hembra que depositó la masa empezó y terminó con el mismo número de huevos (Fig. 38).

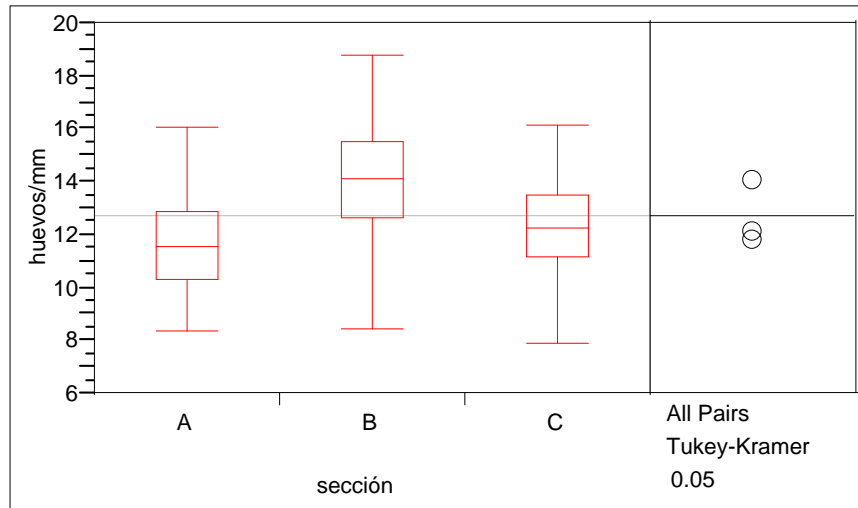


Fig. 38. Número de huevos/mm en las tres secciones de la masa ovígera II. La caja indica el 25 y 75% de los datos, al centro se ubica la mediana, las líneas externas de la caja representan el 100% de los datos y la línea que divide la gráfica es la media total. Al lado de la gráfica se presenta el análisis de Tukey-Kramer.

### 6.3. Patrón de eclosión de las masas ovígeras y su relación con la sobrevivencia larval.

A continuación se describe el patrón de eclosión de las masas ovígeras y su efecto en la sobrevivencia larval. Se registraron para tres masas ovígeras los porcentajes de eclosión, de éstas solo dos se utilizaron para el estudio de sobrevivencia larval. Para ambas masas se sembraron 300 larvas por cada día de eclosión y se registró la sobrevivencia larval que tuvo cada día de emergencia o nacimiento.

En la masa ovígera I se trabajó con tres nacimientos. A partir de las observaciones directas se determinó que las larvas del primer nacimiento provinieron de la sección A de la masa ovígera en su parte superficial, esto se detectó fácilmente puesto que la masa

perdió firmeza y quedaron restos de arena. Para el segundo día las larvas eclosionaron de la sección A en su parte interna y la sección C en su parte superficial, para el último día eclosionó la sección C en su parte interna y la sección B, es decir, la parte media no eclosionó.

En la masa I se observó una mortalidad masiva al segundo día, sin embargo, las larvas sobrevivieron hasta el día dieciséis para el primer nacimiento y el día quince para el segundo y tercer nacimiento, esto se debió a la suspensión del experimento por la llegada del Huracán Wilma en Octubre del 2005.

El tercer nacimiento registró mayor sobrevivencia con 35 larvas, el 1er nacimiento finalizó con 27 larvas y el 2do nacimiento con 17 larvas (Fig. 42). La masa I llegó al laboratorio en su primer día de desarrollo embrionario, eclosionó a los cuatro días, con un período de incubación de 7 días, en cuanto a su sobrevivencia larval obtenida a partir de los tres lotes representados por día y por los tres días de eclosión se presentó 9% de sobrevivencia total.

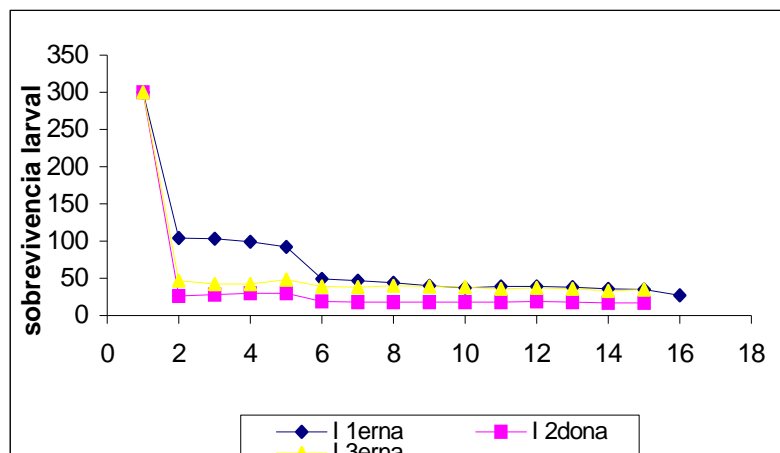


Figura. 42. Sobrevivencia larval de tres nacimientos en la masa ovígera I.

Para la masa ovígera II se trabajaron con cuatro días de eclosión y mediante observaciones directas se registró que en el primer día de nacimiento eclosionaron

larvas de la sección A en su parte superficial, para el segundo día las veligers provinieron de la sección A parte interna y sección C interna y superficialmente, tercer día sección B en su superficie y para el último día las larvas nacieron de la sección B en su parte interna, en este caso todas las secciones de la masa ovígera eclosionaron.

Por último, la masa ovígera III pesó 40g la cual no se utilizó en el estudio de sobrevivencia larval.

En la gráfica 43 se observa que en los primeros días al igual que en la masa I ocurre una mortalidad masiva de larvas, y en el caso del primer nacimiento mueren todas las larvas en el séptimo día de edad. El 2do. 3ero. y 4to. nacimiento registraron 42, 12 y 45 larvas respectivamente para el último día de desarrollo, por lo tanto, el 4to. nacimiento presentó mayor sobrevivencia larval (Fig. 43).

La masa ovígera II llegó al laboratorio el segundo día de desarrollo embrionario, esto se dedujo por las fotos tomadas al microscopio, eclosionó a los tres días con un período de incubación total de 5 días y una sobrevivencia larval de 11%. En cuanto al orden de eclosión se observó que la primera sección en eclosionar fue la sección A, posteriormente la C y finalmente la B, esto sucede en la masa ovígera II, mientras que en la masa ovígera I se siguió el mismo orden a excepción de la sección B que no eclosionó. Al observar las fotos microscópicas se encontró que algunos huevos de esta sección están fertilizados con bajo desarrollo embriológico, sin embargo, como se menciono anteriormente dicha sección no eclosionó. En base a estos resultados los nacimientos con mayor sobrevivencia larval fueron el 3ero. para la masa I y el 4to. para la masa ovígera II, es decir, los últimos nacimientos fueron los más exitosos. Cabe mencionar que en cuanto a la sobrevivencia total la masa ovígera II registró 11% con respecto a la masa I que presentó 9%.



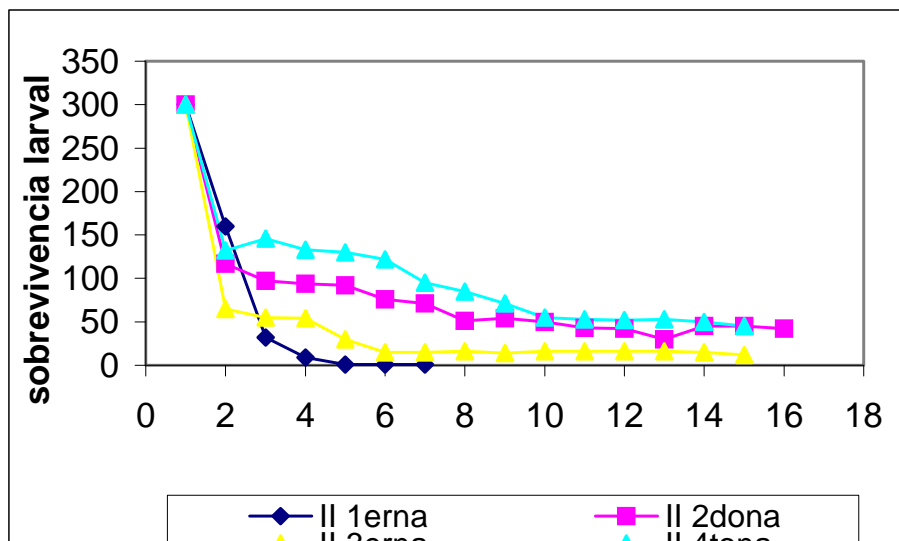


Fig.43. Sobrevivencia larval de cuatro nacimientos en la masa ovígera II.

En la tabla 4 se registraron los porcentajes de eclosión por día; se observó que durante el primer día las masas eclosionaron entre el 20 – 30%, el segundo día entre el 5-20%, el tercero entre 5-15%, y el cuarto entre 5-10%. Separando a las masas por su peso se observa que la masa pequeña de 40 g eclosionó casi un 30% durante los tres días, y las masas más grandes más del 50%, observando que la masa de 111g tuvo un 78% de eclosión total.

día de eclosión	Masa I	Masa II	Masa III
1	33	31	22
2	9	21	3
3	6	17	3
4	4	9	
Total %	52%	78%	52%

Tabla 4. Porcentaje de eclosión por día en tres masas ovígeras.

#### 6.4.- Tamaño de la veliger al nacer en función del día de eclosión y sobrevivencia larval.

Para determinar si el día de eclosión influye en el tamaño de la veliger y en la sobrevivencia larval se tomaron fotografías al microscopio en aumento 1.3X, posteriormente se midió la longitud sifonal (LS) y se relacionó con su sobrevivencia larval. En la masa ovígera I se trabajó con tres nacimientos; se observa una disminución del tamaño de la veliger con respecto al día de eclosión o día de nacimiento 1 ( $x$  250 $\mu$ m,  $DE$  22.2,  $n$  28), 2 ( $x$  241  $\mu$ m,  $DE$  24.2,  $n$  25) y 3 ( $x$  223  $\mu$ m,  $DS$  13.5,  $n$  19), sin embargo, el ANOVA indicó que no hay diferencias significativas ( $F$  9.38  $p > 0.0002$ ) (Fig. 44).

Al asociar el tamaño de la veliger a la sobrevivencia larval, el nacimiento con mayor cantidad de larvas al final del experimento fue el 3ero. con 35, es decir, las veligers del último nacimiento y menor tamaño al nacer presentaron mayor sobrevivencia larval (Tabla 5).

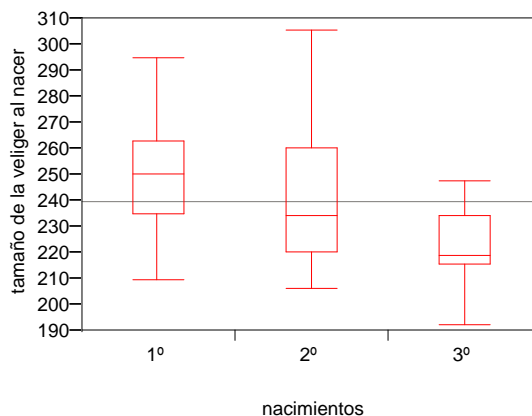


Fig. 44. Tamaño de la veliger (LS) al nacer asociado al día de nacimiento en la masa ovígera I. La caja indica el 25 y 75% de los datos, al centro se ubica la mediana, las líneas externas de la caja representan el 100% de los datos y la línea que divide la gráfica es la media total.

<i>Nacimiento</i>	<i>Tamaño (LS)</i>	<i>Sobrevivencia larval</i>
<b>1ero.</b>	250µm	<b>27</b>
<b>2do.</b>	241µm	<b>17</b>
<b>3ero.</b>	223µm	<b>35</b>

Tabla 5. Tamaño de la veliger al nacer en función del día de eclosión y sobrevivencia larval en la masa ovígera I.

En la masa ovígera II, contrario a lo que pasa en la masa I, se registró que el tamaño de la veliger aumentó con respecto al día de eclosión en los días 1 ( $x$  238 µm,  $DE$  29.0,  $n$  18), 2 ( $x$  245 µm,  $DE$  27.9,  $n$  28) 3 ( $x$  253 µm,  $DE$  14.5,  $n$  21) y 4 ( $x$  264 µm,  $DE$  13.3,  $n$  21); al aplicar análisis de varianza no hay diferencias significativas ( $F$  5.0  $p > 0.0031$ ) (Fig. 45).

En cuanto a la sobrevivencia, el nacimiento con mayor número de larvas fue el 4to. con 45 que son las larvas de mayor longitud sifonal (Tabla 6).

En ambas masas se observó mayor sobrevivencia en las larvas que provienen de los últimos nacimientos; al comparar las medias del tamaño de la veliger durante el período de eclosión, la masa ovígera II ( $x$  250 µm,  $DE$  24.2,  $n$  88) fue mayor en relación a la masa I ( $x$  240 µm,  $DE$  23.5,  $n$  72) sin diferencias significativas ( $F$  7.2  $p > 0.0079$ ) (Fig. 46).

Por tanto el tamaño de la veliger varía con el día de eclosión y éste determina la sobrevivencia larval.

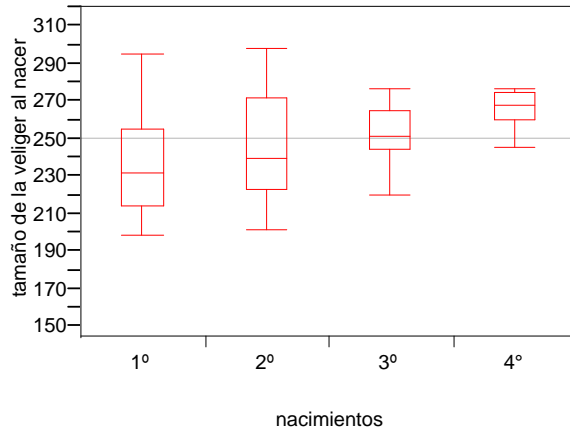


Fig.45. Tamaño de la veliger (LS) al nacer asociado a el día de eclosión en la masa ovígera II. La caja indica el 25 y 75% de los datos, al centro se ubica la mediana, las líneas externas de la caja representan el 100% de los datos y la línea que divide la gráfica es la media total.

<i>Nacimiento</i>	<i>Tamaño (LS)</i>	<i>Sobrevivencia larval</i>
<b>1ero.</b>	238μm	<b>0</b>
<b>2do.</b>	245μm	<b>42</b>
<b>3ero.</b>	253μm	<b>12</b>
<b>4to.</b>	264μm	<b>45</b>

Tabla 6. Tamaño de la veliger al nacer en función del día de eclosión y sobrevivencia larval en la masa ovígera II.

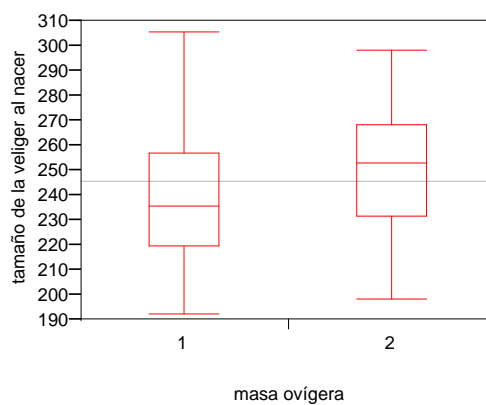


Fig.46. Tamaño de la veliger (SL) al nacer en las dos masas ovígeras. La caja indica el 25 y 75% de los datos, al centro se ubica la mediana, las líneas externas de la caja representan el 100% de los datos y la línea que divide la gráfica es la media total.

## **VII. DISCUSIÓN.**

El presente trabajo analizó la calidad de la masa ovígera en términos de eficiencia de eclosión y sobrevivencia larval. Para ello se estudiaron las características de la masa de huevos de las cuales se realizaron mediciones cuantitativas y posteriormente se relacionaron con la sobrevivencia de larvas en cultivo siendo un enfoque que no se había tratado con anterioridad. Los resultados se obtuvieron a partir de dos masas ovígeras; se tomaron numerosas mediciones de cada una para conseguir un tamaño de muestra amplio; para los datos del tamaño de la masa ovígera se utilizaron ocho masas con el objetivo de estimar con mayor exactitud los parámetros cuantitativos, así mismo se analizó la factibilidad de cultivar larvas nacidas en diferentes días para determinar si existe diferencia en las tasas de sobrevivencia larval.

### **7.1. Efecto del tamaño de la masa ovígera sobre la eficiencia de eclosión.**

Uno de los primeros parámetros a analizar fue el peso de la masa ovígera, siendo éste, una medida de su tamaño, a partir del cual se infiere la longitud total de la masa y por tanto la cantidad de huevos.

Tradicionalmente, en las prácticas de la acuicultura para producción de larvas de caracol, este parámetro del tamaño de la masa ovígera no es considerado, ni se asocia con la eficiencia que pueda tener una masa ovígera durante el proceso de eclosión. Esta situación ocurre porque generalmente las masas ovígeras no son fáciles de conseguir en el campo, por lo que cualquier masa que se logre coleccionar será buen material para iniciar un cultivo de larvas de caracol. De este modo, la eficiencia de eclosión se utiliza para definir la eficacia de la técnica de cultivo, sin embargo, no se consideran variaciones intrínsecas de la masa de huevos que puedan causar diferencias en la eclosión y en la sobrevivencia larval. De manera adicional, varios documentos mencionan que la masa ovígera eclosiona de un 75 – 90% durante las primeras 36 horas, recomendando que para fines de cultivo se utilicen las primeras larvas que nacen, ya que son las que tienen

mayor probabilidad de sobrevivencia (Brownell, 1977; Creswell, 1984; Lagos-Bayona *et al.*; 1996), sin embargo, no se muestran experimentos o datos que lo demuestren, sino que se hace a nivel de recomendación. Dada esta situación, es importante analizar si el tamaño de la masa ovígera tiene algún efecto en la eficiencia o porcentaje de eclosión.

De este modo, los resultados obtenidos en el presente estudio (sección 6.3) demuestran que el proceso de eclosión puede darse durante varios días dentro de una misma masa ovígera, y si bien el primer día eclosiona un porcentaje alto de larvas, no llega a representar el 75 a 90% de las larvas por nacer. Por otro lado, el porcentaje de larvas que nacen el primer día mostraron una relación directa con el tamaño de la masa ovígera, de modo que masas ovígeras de mayor tamaño presentan un mayor porcentaje de eclosión en el primer día. Esta relación puede estar reflejando una variabilidad entre organismos, en donde las hembras que son capaces de poner huevos de mayor tamaño, también son capaces de producir huevos con mayor eficiencia de eclosión, siendo probablemente hembras grandes que se han reproducido varias veces con anterioridad (hembras maduras).

Las larvas que eclosionan durante los días posteriores muestran patrones variados, pero en algunos casos están relacionados con aspectos biológicos, como muestran las fotografías de la masa I, la cual no fue fecundada en su totalidad, razón por la cual presentó menor porcentaje de eclosión en comparación con la masa II. Por este motivo, otro factor que puede estar determinando la eficiencia de eclosión puede ser la fertilización de los huevos.

## **7.2. Características de la masa ovígera.**

Debido a que no existe información acerca de las características que influyen en la calidad de la masa ovígera se consideraron parámetros como el diámetro del huevo, el ancho del filamento y el número de huevos, como parámetros cuantificables que se

evaluaron a lo largo del proceso de incubación, así como por la ubicación del huevo dentro de la masa ovígera, con la intención de analizar si tienen alguna relación con la eficiencia de eclosión y con la sobrevivencia larval.

Las características analizadas presentaron variabilidad durante el desarrollo embrionario, las cuales pueden deberse a que existen diferencias entre masas ovígeras puesto que provienen de hembras distintas. En el caso de la masa ovígera I dichas variaciones estuvieron relacionadas con la ineficiencia de la fertilización lo cual se determinó a partir de las fotografías donde se observó que los huevos eran de color blanco sin presencia de divisiones mitóticas. D'Asaro (1965) menciona que las hembras almacenan esperma del cual disponen para fertilizar los huevos, por tal motivo se infiere que probablemente se trataba de una hembra con poca experiencia en el desove que no almacenó esperma suficiente.

Por otro lado, en la masa ovígera II se observaron diferentes estados de desarrollo embrionario confirmando lo expuesto por Cruz (1986), que cuando la hembra ha terminado de depositar la masa ovígera, los primeros cigotos que se colocaron en la arena presentan varias divisiones mitóticas, por lo tanto, posiblemente la hembra que ovopositó la masa contaba con esperma suficiente para fertilizar la masa ovígera.

Durante el proceso de incubación uno de los principales resultados obtenidos fue el aumento del tamaño del huevo el cual determina de acuerdo a su diámetro el número de huevos y por consecuencia el ancho del filamento. De acuerdo a esto, la masa ovígera I presentó menor diámetro de huevo ya que éste no creció debido a que la hembra que depositó la masa no completó la fertilización como resultado registró mayor número de huevos por milímetro y mayor ancho de filamento, en contraste, la masa II al fertilizar todos los huevos, éstos presentaron mayor diámetro de huevo menor número de huevos por milímetro y menor ancho de filamento.

Se encontró que el diámetro del huevo influye en la calidad de la masa ovígera ya que éste determina el número de huevos por milímetro y el ancho del filamento, por lo tanto el diámetro del huevo podría ser el único parámetro a considerar en los siguientes estudios aunado a la toma de fotografías que permitan determinar el grado de desarrollo embrionario de la masa ovígera. A continuación se muestra una tabla comparativa de los valores estimados por varios autores para diferentes variables con los obtenidos en el presente estudio observando coincidencia con lo reportado por Shawl y Davis, 2004 (tabla 7). Cabe resaltar que tanto el número de variables como el número de muestra por variable es superior a lo reportado en estudios anteriores, de modo que se consideraron todos los parámetros cuantificables proporcionando datos actualizados de las principales características de la masa ovígera.



Variables	Robertson (1959)	Randall (1964)	D'Asaro (1965)	Davis <i>et al.</i> (1993)	Shawl y Davis (2004)	Este trabajo
Longitud de la muestra de la masa ovígera (cm)				8-15 (9)	9(1)	7-9 (30)
Ancho del filamento de la masa ovígera				785 ± 44 (10)	798 ± 18 (2)	585 ± 111 (937)
Longitud de la masa ovígera (m)	22.6 (1)	24 -37 (10)	29.8 (1)			10-49(8)
Peso de la masa ovígera (g)						26-124 (8)
No. Huevos/masa ovígera	385,000-430,000 (1)	313,000-485,000 (10)	480,000 (1)			141,191-674,455
No. Huevos encapsulados por mm.	17-19 (1)	12-15 (10)	16 (10)	14-16 (10)	13.4 ± 0.9 (2)	14 ± 6(1431)
Diámetro del huevo encapsulado				225 ± 17 (20)	233±11 (2)	214 ± 17 (2720)
Veliger recién eclosionada LS (µm)					198 ± 14 (2)	245 ± 24 (160)

Tabla 7. Sumario de las características de la masa ovígera de *Strombus gigas* de este experimento comparados con datos publicados. Se registró la media, desviación estándar y número de muestras, *n*, en paréntesis (Tomado y modificado de Shawl y Davis, 2004.)

### 7.2.2. Efecto de la ubicación del huevo dentro de la masa ovígera.

Otro aspecto que se analizó en el presente estudio, el cual no había sido considerado en otros trabajos, fue determinar si existen diferencias entre los huevos de una misma masa ovígera en función de la ubicación en la que se encuentra dentro de ella. De manera “*a priori*” se asume que hay diferencias entre los huevos ya que unos se depositan antes que otros y éstos se desarrollan embriológicamente de acuerdo al orden de ovoposición de la masa ovígera. En este sentido surgen otras interrogantes como el orden de

eclosión, qué partes de la masa ovígera se encuentran más expuestas y si la ubicación del huevo puede afectar a las larvas nacidas de diferentes secciones de la masa ovígera.

El seccionar la masa ovígera permitió confirmar que existen diferencias entre los parámetros cuantitativos que se midieron para el huevo y el filamento, siendo más evidentes éstas en el diámetro del huevo y en el número de huevos por milímetro. En primer lugar se discuten los resultados de la masa ovígera II ya que a partir de las fotografías y por medio de observaciones directas se determinó que completó la fertilización en las tres secciones, encontrando que los huevos más grandes estaban en la sección A, que fue la primera que se ovopositó y que por consiguiente inició primero su proceso mitótico. En la sección B se encontraron huevos de tamaño mediano, y finalmente la última parte de la masa ovígera que se depositó fue la sección C y ahí se encontraron los huevos de menor tamaño, por lo tanto, los huevos se desarrollaron de acuerdo al orden de depósito del filamento de la masa ovígera.

La masa I presentó un patrón diferente de crecimiento del diámetro del huevo con respecto a la masa II, donde la sección B que fue la segunda que se depositó creció más que la A y la C, se esperaba que esta sección eclosionará antes que las otras dos por presentar mayor diámetro, sin embargo, a partir de las observaciones directas y de los resultados obtenidos por sección durante el período de incubación dicha sección no eclosionó observando un decremento del diámetro del huevo en el último día de incubación posiblemente relacionado con el deterioro de los huevos no fecundados. En cuanto al número de huevos, se esperaba hallar un valor similar en toda la masa de huevos, lo que significaría que la hembra es capaz de ovopositar el mismo número de huevos por milímetro de filamento a lo largo de toda la masa ovígera, encontrando un valor similar de este parámetro en las tres secciones. Esta situación se presentó únicamente para la masa ovígera II, puesto que a pesar de tener mayor número de

huevos en la sección B (parte media), la hembra empieza y termina con el mismo número de huevos.

Por otro lado, acorde a Rodríguez Gil *et al.*, (1991), el período de incubación en el caracol rosado es de 3 días si la temperatura oscila entre 28-30°C, por el contrario si la temperatura es más fría (25-27°C) el período es de cinco días. En este estudio se registró una temperatura promedio de 28°C, sin embargo, a pesar del ambiente controlado que se manejó en el experimento, las masas ovígeras no registraron un período de incubación menor de cinco días.

Este resultado probablemente estuvo vinculado con que la hembra que ovopositó la masa I no fertilizó todos los huevos de la sección B y las secciones requirieron de más tiempo para desarrollarse embriológicamente, sin embargo, a pesar de tener una temperatura idónea esta sección no eclosionó. Se confirma que el período de incubación en el caracol rosado es de cinco días como para las otras poblaciones del Caribe, pero incluso puede llegar a durar seis días que fue el tiempo que requirió la sección C para eclosionar. Sin embargo, de acuerdo con las observaciones de este estudio, si una masa ovígera rebasa este período posiblemente la masa ovígera no se encuentre fertilizada, por lo que será un gasto innecesario mantenerla en el cultivo.

En base a estos resultados las variaciones cuantitativas del ancho del filamento y número de huevos por milímetro estuvieron relacionadas con la ubicación del huevo dentro de la masa ovígera, es decir, al crecimiento del diámetro del huevo, como resultado del inicio del proceso mitótico de acuerdo al orden de depósito del filamento.

### **7.3 Patrón de eclosión y su efecto en la sobrevivencia larval.**

De la misma manera, el patrón de eclosión no se había estudiado a través de mediciones cuantitativas, puesto que las técnicas de cultivo de caracol señalan que la masa ovígera eclosiona el 90% durante las primeras horas y que dichas larvas son las que presentan

mayor sobrevivencia larval (Brownell, 1977; Creswell, 1984; Davis, 1994). Por esta razón es común que las larvas que se utilizaban para los cultivos sean aquellas que provienen del primer día de eclosión, sin considerar a las larvas nacidas en los días posteriores. Con la intención de complementar las técnicas de cultivo del caracol rosado y de justificar la factibilidad de cultivar larvas nacidas en diferentes días se describió el patrón de eclosión del caracol rosado determinando el porcentaje de larvas nacidas por día y su relación con la sobrevivencia de larvas durante el cultivo.

El registro de los porcentajes de eclosión por día que se llevó a cabo en este trabajo, permitió hacer observaciones importantes en el patrón de eclosión, señalando en primer lugar, como ya se había mencionado en la sección (7.1), que una masa ovígera puede eclosionar en diferentes días. Así mismo, se obtuvo durante el primer día de emergencia de larvas el mayor porcentaje de eclosión, sin embargo, no llega a ser del 90% de eclosión estimado por varios autores (Brownell, 1977; Creswell, 1984; Davis, 1994). Otro resultado muy importante es que el porcentaje de eclosión, independientemente del tamaño de la masa ovígera, disminuye en los días de nacimiento subsecuentes.

Los porcentajes de eclosión de las masas ovígeras presentaron patrones diferentes ya que provienen de tres masas con distinto peso aunado a que existen variaciones entre la fecundidad de las hembras que depositaron las masas ovígeras. Esto ocurre en peces donde la variación de la fecundidad puede estar relacionada con la edad o el tamaño del individuo (Csirke, 1993). En este sentido, existe un caso muy particular del género *Sebastes*; en dicho pez se encontró que los huevos provenientes de hembras viejas producen larvas que crecen rápidamente y son más resistentes a la inanición que los huevos provenientes de hembras jóvenes, si bien este es un ejemplo que ocurre en otra especie, probablemente podría ocurrir lo mismo para el caracol rosado (Palumbi, 2004). De acuerdo a esto, la hembra que depositó la masa ovígera I no completó la

fecundación, probablemente se deba a que la hembra era joven o con poca experiencia en el desove y que no almacenó esperma suficiente, por otro lado, la masa II estaba completamente fecundada posiblemente provenía de una hembra madura con mayor número de desoves.

En relación al orden de eclosión se esperaría encontrar que las secciones eclosionaran por orden de ovoposición del filamento, es decir, primero la sección A que es la parte inicial de la masa ovígera, posteriormente la B (parte media) y finalmente la C, sin embargo, lo observado en ambas masas es que la primera parte que eclosionó fue sección A, luego la sección C y por último la B, a excepción de ésta última que en la masa I no eclosionó después de 7 días. Se observó que algunas partes de la sección B estaban fecundadas pero con un desarrollo embriológico más lento que el resto de la masa ovígera. Se esperaría que si esta sección hubiese estado desarrollada al igual que la masa II fuera la última en eclosionar.

Por otra parte, se observó en las dos masas ovígeras que las larvas nacidas entre las 72 y 96 horas a partir de la primera eclosión presentaron mayor sobrevivencia larval con respecto al primer día, lo cual difiere con lo reportado por Davis (1994) y Brownell, (1977), por lo que, de acuerdo a los resultados de este estudio, el día de eclosión si influye en la sobrevivencia larval. Por este motivo valdría la pena que no se deseche la masa ovígera después de la eclosión, si no que se conserve hasta que haya eclosionado completamente y que se aprovechen dichas larvas porque probablemente presentarían mayor sobrevivencia larval que las nacidas durante el primer día de eclosión.

Ahora bien, analizando el patrón de mortalidad de las larvas durante su desarrollo de cultivo, se encontró que se presentan tres etapas de mortalidad, las cuales coinciden con lo observado por Davis (1994). La primera sucedió entre los días 3 y 5, la segunda entre los días 6 y 11 de edad relacionadas con los períodos críticos de desarrollo que suceden

por requerimientos nutricionales o por la cantidad de comida que es administrada durante los primeros días del ciclo larval, y el tercero ocurrió en el día 7 del desarrollo larvario registrando el 100% de mortalidad cuya causa podría ser la invasión bacterial por *Vibrio*.

Los factores biológicos que determinan la sobrevivencia larval se desconocen, no obstante, se sugiere que probablemente existe una estrategia en el caracol rosado de protección de larvas que permite que las últimas veligers en nacer sean las más exitosas arriesgando primero a las que presentan menor sobrevivencia larval, sin embargo, no hay estudios en la literatura de *Strombus gigas* que sustenten dicha hipótesis. Por esta razón, es necesario hacer más estudios en varias masas ovígeras para determinar el orden de eclosión y si éste puede estar asociado con una estrategia de protección.

#### **7.4.- Efecto del día de eclosión en el tamaño de la veliger y sobrevivencia larval.**

El objetivo de esta prueba fue determinar la relación que existe entre el tamaño de la veliger al nacer y la sobrevivencia larval. De acuerdo con Davis (1994) las reservas de lípidos que provienen del huevo se agotan durante los primeros 9-11 días después de la eclosión provocando el 100% de mortalidad en el cultivo. Por este motivo, se consideró el tamaño de la veliger ya que se infiere que la longitud sifonal probablemente este relacionada con la cantidad de reservas proveniente del huevo, el cual la alimenta durante el período de transición hacia el alimento vivo, aumentando las posibilidades de sobrevivencia.

Se observó en ambas masas que el día de eclosión afecta el tamaño de la veliger, ya que cada nacimiento presentó una longitud sifonal distinta en comparación con el día anterior, no obstante, el patrón de crecimiento de la LS fue diferente en las dos masas,

mientras que en la masa ovígera I la LS disminuyó en cada nacimiento, la LS en la masa II aumentó en cada nacimiento.

En cuanto a la sobrevivencia larval se observó que independientemente del tamaño de la veliger, las larvas que pertenecen a los últimos nacimientos presentaron mayor sobrevivencia larval, por lo tanto, acorde a este estudio el día de eclosión influye en el tamaño de la veliger y en la sobrevivencia larval.

De acuerdo con estos datos y a los de la sección 7.2 no existe una relación entre el diámetro del huevo y el tamaño de la veliger al nacer, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas, probablemente porque el tiempo en el que se realizó el experimento fue insuficiente y se debe de llevar a cabo en más de dos masas ovígeras, sin embargo, este trabajo generó aportaciones importantes a considerar en las técnicas de cultivo.

Cabe mencionar que se intentó realizar más experimentos que analizaran este factor, pero debido a las consecuencias biológicas que ocasionó el huracán Wilma acaecido en octubre de 2005 fue imposible continuar con las investigaciones en la temporada reproductiva del 2006.





## **VIII. Conclusiones.**

- 1.- La calidad de la masa ovígera, expresada en términos de su eficiencia de eclosión y sobrevivencia de las larvas en cultivo, puede ser analizada a partir de parámetros cuantitativos como son: tamaño de la masa ovígera y diámetro del huevo.
- 2.- El tamaño de la masa ovígera está relacionado con el porcentaje de eclosión, es decir, que masas de mayor tamaño tienen porcentajes de eclosión mayor.
- 3.- El proceso de eclosión puede durar varios días dentro de una misma masa ovígera, y si bien el primer día eclosiona un porcentaje alto de larvas, no alcanza el 75 a 90% de las larvas por nacer, estimado por varios autores.
- 3.- Las microfotografías fueron una herramienta útil en el análisis de las características de las masas de huevos y a partir de ellas se determinó que las masas ovígeras que no logran ser fecundadas completamente tienen bajo porcentaje de eclosión.
- 4.- La masa ovígera II presentó mayor porcentaje de eclosión y sobrevivencia larval, por lo tanto su calidad está determinada por un diámetro de huevo mayor (215 $\mu$ m), menor número de huevos por milímetro (13) y menor ancho de filamento (561  $\mu$ m), en comparación con la masa ovígera I.
- 5.- Los parámetros cuantitativos presentan variaciones en las tres secciones de la masa ovígera, relacionados con el orden de depositación del filamento.
- 6.- En cuanto al patrón de eclosión observado en las masas ovígeras, se encontró que las masas pequeñas o de menor tamaño eclosionan el 30% y las masas más grandes hasta el 50% en el primer día de eclosión.
- 7.- Después del primer día de emergencia de larvas, el porcentaje de eclosión disminuye en cada nacimiento independientemente del tamaño de la masa ovígera

8.- El día de eclosión determina la sobrevivencia larval ya que se observó en este experimento que las larvas veliger nacidas en los últimos días presentaron mayor sobrevivencia larval con respecto a los primeros nacimientos.

9.- El tamaño de la veliger varió con el día de eclosión e influyó en la sobrevivencia larval, encontrando que independientemente de la LS, las últimas larvas en nacer fueron las más exitosas, por lo tanto, al menos en este experimento no existe relación entre la LS de la larva y su sobrevivencia larval.

## LITERATURA CITADA

- **Abbott, T.R. 1954.** American Seashells. D. Van nostrand company, Inc.
- **Aldana Aranda, D., A. Lucas, T. Brulé, M. Andrade, E. García, N. Maginot y M. LePennec. 1991.** Observations on ingestion and digestion of unicellular algae by *Strombus gigas* larvae (Mollusca, Gastropoda) using epifluorescence microscopy. *Aquaculture* 92:359-366.
- **Appeldoorn, R.S. 1994.** Queen conch management and research: status, needs and priorities. In: Appeldoorn, R.S. and B. Rodríguez Q. (Eds.), Queen conch biology, fisheries and mariculture, p. 301-319. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela
- **Barnes, R. D. 1996.** *Zoología de los Invertebrados*. 6ª ed. McGraw-Hill. 1120 pp
- **Basurto, M. D., P. Cadena, G. Escobedo, F. Fernández y F. Figueroa. 2005.** Evaluación de la población de *Strombus gigas* en los Bancos de Cozumel y Chinchorro y recomendaciones para su aprovechamiento sostenible. Informe de investigación. INP-CRIP Pto. Morelos. 1-21.
- **Berg, C. J. 1975.** Behavior and ecology of conch (Superfamily Strombacea) on a deep subtidal algal plain. *Bull. Mar. Sci.* 25(3): 307-317.
- **Berg, C. J. 1976.** Growth of the queen conch *Strombus gigas*, with a discussion of the practicality of its mariculture. *Marine Biology*. 34:191-199
- **Berg, C. J. 1981.** Proceedings of the Queen Conch Fisheries and Mariculture Meeting. The Wallace Groves Aquaculture Foundation, Freeport, Bahamas. 45 pp.
- **Berg, C. J. y D. Olsen. 1983.** Report of the evaluation team on conch mariculture. [Abstract]. *Proc. Gulf and Caribb.Fish Inst.* 35: 135.
- **Brito-Manzano, N. y D. Aldana Aranda. 2003.** The larviculture of *Strombus gigas* in the Marine Biology Laboratory of CINVESTAV IPN Unidad Merida. *Proceedings Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 54:437-449.
- **Brownell, W.N. 1977.** Reproduction, laboratory culture and growth of *Strombus gigas*, *S. costatus* and *S. pugilis* in Los Roques, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 27 (4): 668-680.
- **Brownell, W.N. y J.M. Stevely. 1981.** The biology, fisheries and management of the quenn conch, *Strombus gigas*. *Mar. Fish. Rev.* 42 (7) 14-19.

- **Castro de Anda, A. 1994.** Comparación de tasas de crecimiento del caracol rosado *Strombus gigas* [Linnaeus, 1758] en diferentes ambientes del sur de Quintana Roo. Tesis de Licenciatura UABC. P.
- **Corral, J. L. y J. Ogawa. 1987.** Cultivo masivo de larvas de caracol *Strombus gigas* en estanques de concreto. Proc. 45Th Gulf Caribb. Fish. Inst. 38: 345–352.
- **Creswell, R.L. 1994.** An historical overview of queen conch mariculture. 1994. In: Appeldoorn, R.S. and B. Rodríguez Q. (Eds.), Queen conch biology, fisheries and mariculture, p. 223-230. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.
- **Csirke, J. 1993.** Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Doc. Téc. Pesca. 86pp.
- **Cruz, R. C. 1986.** Avances en la experimentación de producción masiva de caracol en Quintana Roo, México. Proc. Gulf and Caribb.Fish Inst. 37: 12-20.
- **Coulston, M. L., R.W. Berey, A.C. Dempsey y P. Odum. 1987.** Assessment of the queen conch (*Strombus gigas*) population and predation studies of hatchery reared juveniles in Salt River Canyon, St. Croix, U.S. Virgin Islands. Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst. 38: 294-306.
- **Davis, M., C. Hesse y G. Hodgkins. 1987.** Commercial hatchery produced queen conch, *Strombus gigas*, seed for the research and grow-out market. Proceedings Gulf and Caribbean Fisheries Institute 38: 326-335.
- **Davis, M. y A.W. Stoner. 1994.** Trophic cues induce metamorphosis of queen conch larvae (*Strombus gigas* Linnaeus). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 180:83-102.
- **Davis, M. 1994.** Mariculture techniques for queen conch (*Strombus gigas* L.): Egg mass to juvenile stage. En R. Appeldoorn; B. Rodríguez, ed. Queen conch biology. Fisheries and Mariculture. Fundación Científica los Roques, Caracas, Ven. 231-252.
- **Davis, M. 2000.** Queen conch (*Strombus gigas*) culture techniques for research, stock enhancement and growout markets. In: Fingerman, M. and R. Nagabhushanam (Eds.), Recent advances in Marine Biotechnology, Vol. 4: Aquaculture, Part A: Seaweeds and invertebrates, p. 127-159. Science Publishers, Inc.
- **Davis, M y Shawl A. L. 2003.** A guide for culturing queen conch, *Strombus gigas* Manual of Fish Culture American fisheries Society in press.

- **Davis, M. 2005.** Differential growth rate influences dispersal potential of queen conch larvae. Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst. 47:842-847.
- **de Jesús-Navarrete, A., J. Oliva, A. Medina y M. Domínguez. 1994.** Crecimiento, reclutamiento y estructura poblacional del caracol rosado (*Strombus gigas*) en Punta Gavilán Q. Roo, México. 46. Gulf and Caribbean Fisheries Institute.
- **de Jesus-Navarrete, A. 2001.** Growth of the queen conch *Strombus gigas* (Gastropoda: Strombidae) cultured in four environments of Quintana Roo, Mexico. Rev. Biol. Trop. 49(1):85-91.
- **D'Asaro, C.N. 1965.** Organogenesis, development and metamorphosis in the queen conch, *Strombus gigas*, with notes on breeding habits. Bull. Mar. Sci. 15: 359-416.
- **Díaz-Avalos, C. 1991.** Crecimiento y mortalidad de juveniles del caracol rosado *Strombus gigas* en Punta Gavilán, Quintana Roo. Algunas consideraciones sobre el aprovechamiento de su pesquería. Cienc. Pesq. 8: 63-70.
- **Domínguez, J. 1993.** Alimentación de Larvas de Caracol Rosa (*Strombus gigas*), con dos especies de Microalgas (*Tetraselmis succica* e *Isochrysis aff. galbana*). Tesis de Licenciatura. ITMAR. P. 92.
- **Flores, C. 1964.** Contribución al conocimiento del género *Strombus* Linnaeus, 1758 (Mollusca: Mesogastropoda), en las aguas costeras de Venezuela. Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales de La Salle. 261-276.
- **Hahn, K.O. 1989.** Culture of queen conch, *Strombus gigas*, in the Caribbean. In: Hahn, K.O. (Ed.), Handbook of culture of abalone and other marine gastropods, p. 317-331. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- **Hesse, K.O. 1979.** Movement and migration of the queen conch, *Strombus gigas*, in the Turks and Caicos Islands. Bull. Mar. Sci. 29(3): 303-311.
- **INEGI. 1994.** - Cuaderno Estadístico Municipal; Cozumel Estado de Quintana Roo.
- Inst. Nal. de Est. Geografía e Informática. 4-7 pp.
- **INP. 2000.** Caracol. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y
- Manejo. INP-SAGARPA. 727-744.

- **Iversen, E.S., D.E. Jory y S.P. Bannerot.1986.** Predation on queen conchs, *Strombus gigas*, in the Bahamas. Bull. Mar. Sci. 39(1): 61-75
- **Iversen, E.S., S.P. Bannerot, D.E. Jory. 1989.** Evidence of survival value related to burying behavior in queen conch *Strombus gigas*. Fish. Bull., U.S. 88(2): 383 - 387.
- **Jordan, D. E. 1988.** Arrecifes profundos de la isla de Cozumel, México.  
An. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 15(2) : 195 - 208.
- **Lagos, A. L., S. Hernández, H. Rodríguez, y P. Victoria. 1996.** Experiencias sobre el larvicultivo del caracol de pala *Strombus gigas* (Linnaeus, 1758) en laboratorio, en el Caribe colombiano. Boletín Científico INPA. 4: 161-181.
- **Little, C. 1965.** Notes on the anatomy of the queen conch, *Strombus gigas*. Bull. Mar. Sci. 15: 338-358.
- **Martínez, D. 1998.** Distribución y abundancia de las poblaciones del caracol rosado *Strombus gigas* en la isla de Cozumel, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura UNAM. P. 53.
- **Martínez, D. 2006.** Consideraciones para el semicultivo del caracol rosado *Strombus gigas*, en las costas de Quintana Roo, México. Tesis de Maestría UNAM. P. 60.
- **Montes, Y. C y M. G. Rodríguez. 1989.** Desarrollo larvario hasta la etapa de metamorfosis del caracol canelo *Strombus pugilis* Linneo 1758. (Mollusca: Mesogastrópoda), a partir de huevos colectados en el arrecife de pájaros, Veracruz, empleando un sistema cerrado de recirculación de agua marina. Tesis Profesional. Secretaria de Educación Pública. Subsecretaria de Educación e Investigación Tecnológica. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. Instituto Tecnológico del Mar. Boca del Río, Veracruz, México. 123 pp.
- **Muckelbauer, Gerd. 1990.** “The Self of Cozumel, Mexico: Topography and Organisms”. Facies. 23:185-240.
- **Orr, K. S y C. J. Berg. 1987.** The queen conch. Windward Publishing, Inc., Miami, Florida, 32 pp.
- **Palumbi, S. 2004.** Why mothers matter. Nature. 430 (5): 621-622.
- **Randall, J.E. 1964.** Contribution to the biology of the queen conch, *Strombus gigas*. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb. 14 (2): 246-295.

- **Ray, M., A.W. Stoner y S.M. O'Connell.1994.** Size-specific predation of juvenile queen conch *Strombus gigas*: implications for stock enhancement. *Aquaculture* 128: 79-88.
- **Robertson, R. 1959.** Observations on the spawn and veligers of conchs (*Strombus*) in the Bahamas. *Proc. Malacol. Soc. Lond.* 33: 164-171.
- **Robertson, R. 1961.** The feeding of *Strombus* and related herbivorous marine gastropods: with a review and field observations. *Not. Nat., Acad. Nat. Sci. Phila.*, No. 343, 9 p.
- **Rodríguez, L.A., J. Ogawa, y C.A. Martínez. 1991.** Hatching of the queen conch, *Strombus gigas* L., based on early life studies. *Aquacul. Fisheries Manag.* 22:7-13.
- **Ruppert, E.E y R.D. Barnes. 1994.** *Invertebrate zoology*. Sixth edition. Harcourt Brace College Publishers., New York, 1102 pp.
- **Shawl, A., et al. 2003.** Conch heritage network: conserving queen conch for future generations. In: Aldana-Aranda, D. (Ed.), *El caracol Strombus gigas: conocimiento integral para su manejo sustentable en el Caribe*, p. 163-165. CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Yucatan, Mexico. (Special session at the 55<sup>th</sup> annual meeting Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Mexico, 2002.).
- **Shawl, A., y M. Davis. 2004.** Captive breeding behavior of four strombidae conch. *Journal of Shellfish Reserch.* 23 (1): 157-164.
- **Siddall. S. E. 1981.** Larviculture. Pages 13-23 in C. Berg, ed. *Proceedings, queen conch fisheries and mariculture meeting*. The Wallace Groves Aquaculture Foundatic Freeport, Bahamas.
- **Siddall, S. E. 1983.** Biological and economic outlook for hatchery production of juvenile queen conch. *Proceedings Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 35: 46-52.
- Siddall, S.E. 1984. Synopsis of recent research on the queen conch *Strombus gigas* Linné. *J. Shellfish Res.* 4(1): 1-3.
- **Siddall, S. E. 1984.** Synopsis of recent research on the queen conch *Strombus gigas* Linné. *J. Shellfish Res.* 4(1): 1-3.

- **Stoner, A.W. 1989.** Winter mass migration of juvenile queen conch *Strombus gigas* and their influence on the benthic environment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 56: 99-104.
- **Stoner, A. W., V. J. Sandt y I. F. Boidron-Metairon. 1992.** Seasonality in reproductive activity and larval abundance of queen conch *Strombus gigas*. Fish. Bull. U.S. 90:161-170.
- **Stoner, A.W. y M. Ray. 1993.** Aggregation dynamics in juvenile queen conch (*Strombus gigas*): population structure, mortality, growth, and migration. Mar. Biol. 116: 571-582.
- **Stoner, A.W., M.D. Hanisak, N.P. Smith y R.A. Armstrong. 1994.** Large-scale distribution of queen conch nursery habitats: implications for stock enhancement. In: Appeldoorn, R.S. and B. Rodríguez Q. (Eds.), Queen conch biology, fisheries and mariculture, p. 169-189. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.
- **Stoner, A.W. 1994.** Significance of habitat and stock pre-testing for enhancement of natural fisheries: experimental analyses with queen conch *Strombus gigas*. J. World Aqua. Soc. 25(1): 155-165.
- **Stoner, A.W., R.A. Glazer y P.J. Barile. 1996.** Larval supply to queen conch nurseries: relationships with recruitment process and population size in Florida and the Bahamas. J. Shellfish Res. 15(2): 407-420.
- **Theile, S. 2001.** Queen conch fisheries and their management in the Caribbean. TRAFFIC Europe. Technical Report to the CITES Secretariat. Brussels, TRAFFIC Europe. 95 pp.
- **Warmke, G. Y R. Abbott. 1961.** Caribbean Seashells. Dover Publications, Inc.
- **Weil, E. y R. Loughlin. 1984.** Biology, population dynamics, and reproduction of the queen conch *Strombus gigas* Linné in the Archipelago de los Roques National Park. J. Shellfish Res. 4:45-62.
- .