

El fotoperíodo en la ingestión y digestión de las larvas de *Strombus gigas* (Mollusco, Gasterópodo)

DALILA ALDANA ARANDA¹, VICTORIA PATIÑO SUÀREZ¹, ERICK BAQUEIRO², y EDUARDO GARCÍA-S¹

¹CINVESTAV IPN, Unidad Mérida

Laboratorio de Biología Marina

A.P. 73, C.P. 97310 Mérida, Yucatán, México

²CRIP-Lerma Campeche

Km. 5 Carretera Lerma, C:P: 24000, Campeche, México

En el presente trabajo se estudió el efecto de la luz natural en la alimentación de larvas de *Strombus gigas*, a fin de determinar si la toma de alimento por estas larvas se realizaba durante el día o durante la noche. La respuesta fue evaluada en términos de ingestión y digestión del alimento suministrado. Con este propósito se plantearon tres lotes experimentales sometidos a fotoperíodos de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad: Lote A) Larvas que tanto en el período de luz como en el de oscuridad permanecieron con alimento y las 12 horas de oscuridad estuvieron sin alimento. Lote C) Larvas que durante las 12 horas de luz natural no tuvieron alimento y en las 12 horas de oscuridad tuvieron alimento.

La microalga utilizada para este propósito fue *Tetraselmis suecica* a una concentración de 1, 000 células por mililitro, la densidad larval fue de 200 larvas por litro, y la temperatura de cultivo de $29 \pm 1^\circ\text{C}$.

Las observaciones de cada lote experimental se realizaron con microscopía de epifluorescencia. Los períodos de observación fueron: 30 minutos antes de iniciar el experimento y 1, 6, 12, y 17 horas después de iniciado. Los resultados del presente estudio muestran que las larvas de *S. gigas* ingieren alimento tanto en la luz natural como en la obscuridad, fenómeno observado independientemente de la edad de la larva.

Palabras claves: molusco, larva, nutrición, fotoperíodo.

INTRODUCCIÓN

El interés por estudiar el caracol reina, *Strombus gigas*, surge como resultado de ser un recurso pesquero de importancia sociocultural y económica en la zona del Caribe (Randall, 1964; Stevely, 1979). Así su pesca ha sido considerada como la segunda más importante de los países caribeños (Sidall, 1983), siendo excedida en algunas áreas sólo por la pesca de la langosta espinosa (Ballantine y Appeldoorn, 1983).

Sin embargo, en la actualidad este molusco ha sufrido una severa sobreexplotación, misma que se ha reflejado en una disminución en sus niveles de su captura (Ballantine y Appeldoorn, 1983 *op. cit.*; Polanco Jaime *et al.*, 1987; Appeldoorn, 1992).

Ante este panorama, considerable esfuerzos han sido realizados para instaurar programas acuiculturales que conlleven a implantar cultivos sostenibles de este molusco (Buitrago, 1983; Hensen, 1983; Davis *et al.*, 1987).

Uno de las áreas a explorar para que dichos programas sean exitosos, es la que incluye el estudio de los hábitos alimenticios durante la etapa de vida larval. Sin embargo, las investigaciones en este sentido no han sido suficientes (Pillsbury, 1985; Aldana Aranda y Rodríguez Gil, 1987; Aldana Aranda *et al.* 1991; García Santaella, 1992; Boidron-Metairon, 1992; Davis *et al.*, 1993; Aldana Aranda and Patiño Suárez, 1992, 1994a, 1994b, 1994c; García Santaella and Aldana Aranda, 1994). Esta situación ha limitado el conocimiento de los principios nutricionales básicos, los cuales resultan fundamentales para mejorar las técnicas de cultivo de este molusco.

Ante la necesidad de ampliar el conocimiento de como se lleva a cabo la alimentación de las larvas en el medio natural; en la presente investigación se tomó en cuenta el efecto de la luz y la oscuridad en la alimentación larval de *S. gigas* a lo largo de su desarrollo. De esta manera, se contribuye al establecimiento de las condiciones idóneas en términos de alimentación y digestión a fin de lograr un cultivo con mayor grado de rendimiento de este recurso renovable.

MATERIAL Y MÉTODO

Cultivo de larvas

La unidad ovígera fue colectada de una hembra que se encontraba ovopositando a una profundidad promedio de 10m, en la localidad de Banco Chinchorro, Península de Yucatán, México. En el laboratorio, ésta fue tratada hasta el momento de la eclosión de acuerdo a lo reportado por García Santaella (1992, *op. cit.*).

Después de la eclosión las larvas fueron distribuidas en recipientes de plástico de 4 litros a una densidad de 200 larvas por litro. El agua de mar fue filtrada a 10 y 3 μm , además de esterilizada con luz U.V. (García Sanatella y Aldana Aranda, 1994 *op. cit.*). La fuente de alimento fue la microalga *Tetraselmis suecica*, la cual fue cultivada utilizando el medio F/2 de Guillard y Ryther (1962). Las larvas fueron alimentadas a una densidad de 1,000 células por mililitro (Corral y Ogawa, 1985, Rodríguez Gil, 1986), y la temperatura de cultivo fue de $29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Toma de alimento

En el presente estudio se evaluó el efecto de la luz natural sobre el proceso de ingestión y digestión del alimento suministrado a lo largo de la vida larvaria, a fin de conocer si la toma de alimento por las larvas de *S. gigas* ocurría durante el día o durante la noche. Con este propósito se plantearon tres lotes experimentales, cada uno de ellos con cinco réplicas, sometidos a fotoperíodos de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad con las características siguientes:

Lote A) Larvas que tanto en el período de luz como en el de oscuridad permanecieron con alimento en el medio. Este lote fue considerado como control, por ser estas las condiciones como se encuentran las larvas en su medio natural. Estas larvas tuvieron dos suministros de alimento, con un intervalo de 12 horas.

Lote B) Larvas que durante 12 horas de luz natural permanecieron con alimento y las 12 horas de oscuridad sin alimento.

Lote C) Larvas que durante las 12 horas de luz natural no tenían alimento y en las 12 horas de oscuridad tuvieron alimento.

Para los tres lotes experimentales el recambio de agua se efectuó cada 24 horas.

Método directo de evaluación de la ingestión de alimento

El microscopio de epifluorescencia fue utilizado para determinar si el alimento suministrado en cada lote experimental (A,B,C) era ingerido y digerido o no por las larvas de *S. gigas*, a lo largo de su desarrollo larvario. Para esta determinación se utilizaron larvas de diferente edad: 2, 6, 14, 20, y 27 días.

El microscopio utilizado fue marca Carl Zeiss, tipo Standard K7, equipado con una lámpara de mercurio de alta presión HBO de 50W, un filtro excitador BP 450-490, un filtro divisor cromático FT510, y un filtro supresor LP 520.

Para las observaciones en epifluorescencia 10 larvas fueron tomadas por réplica para cada uno de los tres lotes experimentales. Así, para cada lote un total de 50 larvas fue observado en cada tiempo experimental.

Las mediciones de ingestión y digestión realizadas bajo el microscopio de epifluorescencia fueron realizadas de acuerdo a lo reportado por Aldana Aranda y Patiño Suárez (1992, 1994a, 1994b, y 1994c *op. cit.*) con las modificaciones siguientes:

1) Las larvas permanecieron con alimento durante el período correspondiente, establecido para cada lote, con la consecuente observación simultánea de los cuatro estados de nutrición en la población de larvas.

2) Una vez suministrado el alimento a cada lote, la ingestión y la digestión fue continua, en la medida de que el alimento no fue eliminado.

Diseño experimental

El experimento inició al momento de administrar a cada lote el primer suministro de alimento. Este momento fue establecido como la hora cero. La primera observación bajo el microscopio de epifluorescencia fue realizada 30 minutos antes de la hora cero. En lo sucesivo se utilizará la notación -0.5 para expresar esta hora. Las siguientes observaciones bajo el microscopio de epifluorescencia fueron realizadas a 1, 6, y 12 horas después de iniciado el experimento. Para el lote A, la observación correspondiente a las 12 horas fue realizada inmediatamente después de administrar la segunda toma de alimento,

establecida para este lote. Sólo el lote A tuvo una observación adicional, a las 17 horas después de iniciado el experimento o 5 horas después de suministrada la segunda toma de alimento (Esquema 1). Un total de 3,150 larvas fueron observadas. Por error de manipulación, las larvas de 27 días del lote B permanecieron 24 horas con alimento.

Estados de nutrición

Para observar si el alimento era ingerido y digerido por la larva, se utilizó la escala cromática de los estados de nutrición establecidos por Babinchak y Ukeles (1979) y Lucas y Rangel (1981) (Tabla 1).

Índices de Alimentación (I.A.) y Ayuno (I.J.)

Para estudiar el régimen trófico de las velígeras de *S. gigas* en función del fotoperíodo y de la edad se utilizaron el índice de alimentación (I.A.) y el índice de ayuno (I.J.) definidos por Salaün (1987), descritos como:

$$\text{Índice de Alimentación (I.A.)} = \frac{\text{No. de larvas en estado 1 o 2}}{\text{No. de larvas observadas}}$$

$$\text{Índice de Ayuno (I.J.)} = \frac{\text{No. des larvas en estado 4}}{\text{No. de larvas observadas}}$$

RESULTADOS

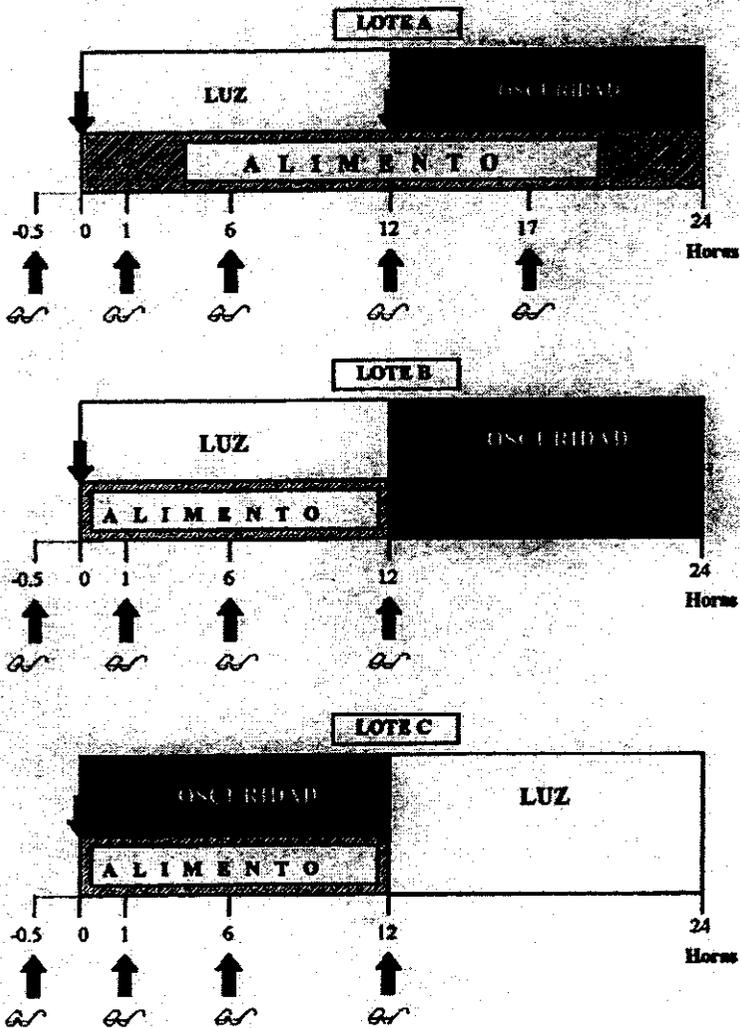
Estados de nutrición

Larvas de 2 días

En la Figura 1 se muestran los valores de los estados de nutrición, expresados en porciento, de larvas de *S. gigas* de 2 días, para los lotes A, B, y C.

Tabla 1. Escala cualitativa de los cuatro estados de nutrición utilizados para evaluar los resultados del presente estudio de alimentación larvaria.

Estados	Características
1	Células enteras visibles en el estómago, fluorescencia roja.
2	Presencia de células intactas y células lisadas, fluorescencia roja menos intensa y algunas veces rosa.
3	Ausencia de células intactas, fluorescencia difusa, rojo pálido, rosa o naranja.
4	Ninguna célula algal entera. No hay signos de fluorescencia, indicando que las larvas nunca ingirieron alimento o que la disestión ha culminado.



Esquema 1. Representación de las condiciones experimentales a las que estuvieron sometidas las larvas de los lotes A, B y C. Los tres lotes tuvieron 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. La administración del alimento es señalada con ↓, a la hora cero para los lotes B y C, y a cero y 12 horas para el lote A. La simbología ↑, indica el tiempo al cual se realizaron las observaciones bajo el microscopio de epifluorescencia.

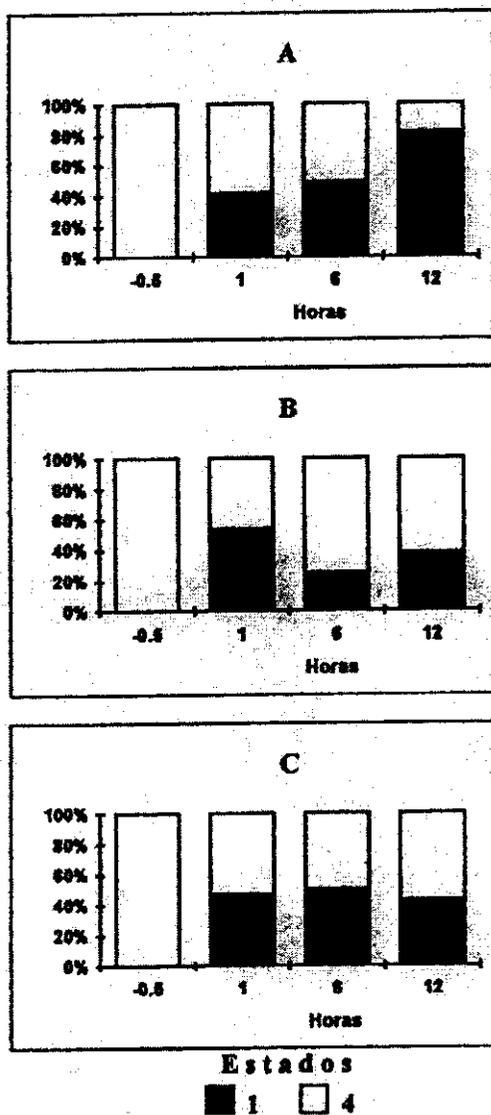


Figura 1. Variación simultánea de los 4 estados de nutrición expresados en porcentaje con respecto al tiempo, para los tres lotes de larvas (A, B, y C) de *S. gigas* de 2 días de edad.

A -0.5 horas, en los tres lotes de larvas se observó un estado 4 del 100%.

A 1 hora, las larvas de los tres lotes presentaron ingestión del alimento con valores para el estado 1 de 42%, 54%, y 47% en A, B y C, respectivamente. La diferencia de la población de larvas de cada lote no ingirió alimento, manifestándose como estado 4 de nutrición.

A las 12 horas, el lote A presentó un valor del estado 1 de casi el doble (82%), con respecto a las larvas del lote B (38%) y C (43%), lo cual se explica porque el lote A fue observado después de la adición de la segunda toma de alimento establecida para este lote.

Larvas de 6 días

En la Figura 2 se muestran los valores de los estados de nutrición, expresados en porcentaje, para larvas de *S. gigas* de 6 días, de los lotes A, B, y C.

A -0.5 horas se observó, que para los tres lotes de larvas más del 85% de la población se encontraba en estado 4 y sólo entre 6% y 14% de las larvas presentaron un estado 1 con un índice de repleción gástrica aproximadamente menor al 5%.

A 1 hora los tres lotes mostraron ingestión del alimento suministrado. Los valores para el estado 1 fueron elevados: 64%, 93%, y 100% para A, C, y B respectivamente. Las larvas de A y C inician la digestión del alimento ingerido con valores para el estado 2 del 12% y 4%, respectivamente.

A las 12 horas, el lote C mostró 100% en estado 1; mientras que este valor fue de 74% en B y 59% en A. El estado 2 fue observado en las larvas del lote B con un valor de 26% y en las larvas del lote A con un valor de 30%. Sólo el lote A mostró un 7% de la población en un estado de digestión avanzada (estado 3).

A las 17 horas de iniciado el experimento (5 horas después de la segunda toma), A presentó 64% de la población en estado 1, 28% en 2 y 8% en estado 3.

Larvas de 14 días

En la Figura 3 se muestran los valores de los estados de nutrición, expresados en porcentaje, de larvas de *S. gigas* de 14 días, para los lotes A, B, y C.

A -0.5 horas, el estado 4 mostró valores elevados de 93% y 90%, en las poblaciones de larvas de los lotes B y C respectivamente: mientras que la diferencia, 7% y 10%, se encontraba en estado 3. Para la población de larvas del lote A, el estado 4 de nutrición fue de un medio (41%) en relación al valor observado en los lotes B y C. El resto de la población de larvas del lote A tenía alimento, presentando un estado de digestión de 57% (estados 2 y 3) y sólo 2% de la población fue observado en un estado 1.

A 1 hora, las larvas de los tres lotes presentaron ingestión con valores para

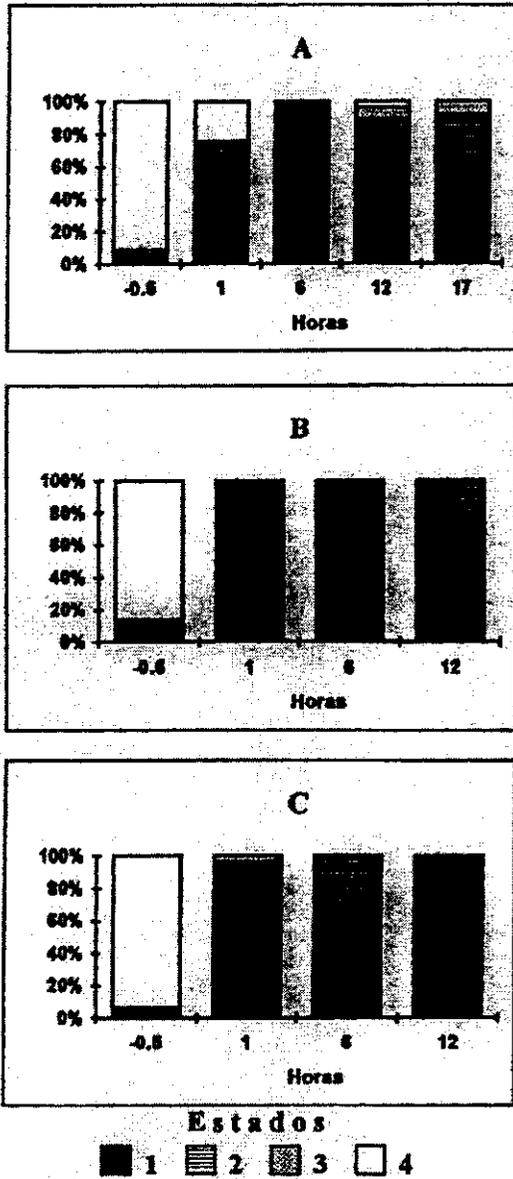


Figura 2. Variación simultánea de los 4 estados de nutrición expresados en porcentaje con respecto al tiempo, para los tres lotes de larvas (A, B, y C) de *S. gigas* de 6 días de edad.

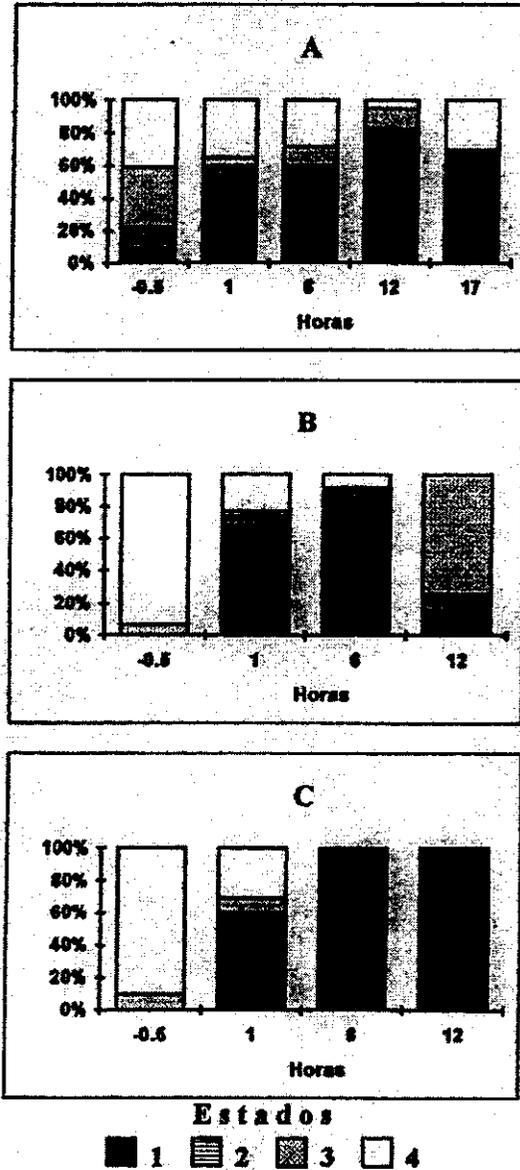


Figura 3. Variación simultánea de los 4 estados de nutrición expresados en porcentaje con respecto al tiempo, para los tres lotes de larvas (A, B, y C) de *S. gigas* de 14 días de edad.

el estado 1 entre 55% y 67%.

A las 6 horas, sólo las larvas del lote C mostraron un estado 1 del 100%. En las larvas del lote B, este estado fue de 82% y en A de 49%. El estado 2 de nutrición presentó valores del 12% en el lote A y 10% en B. El estado 3 fue observado únicamente para las larvas del lote A con un valor del 12%.

A las 12 horas, el estado 1 de nutrición se presentó en los lotes A y C, con valores de 77% y 100%, respectivamente. Las larvas del lote B presentaron en su totalidad un estado de digestión con 26% en estado 2 y 74% en estado 3.

A las 17 horas, el 70% de la población de larvas del lote A estaba en estado 1 y el 30% en estado 4.

Larvas de 20 días

En la Figura 4 se muestran los valores de los estados de nutrición, expresados en porciento, para larvas de *S. gigas* de 20 días, de los lotes experimentales A, B, y C.

A -0.5 horas, las larvas del lote C mostraron 100% en estado 4, más no así para las larvas de los lotes A y B, donde se observó que las larvas tenían alimento. Las larvas del lote A presentaron 19% en estado 1, 24% en estado 2, 24% en 3 y 33% en estado 4. Por su parte en el lote B, 17% de la población mostró un estado 1, 29% en estado 2 y el resto un estado 4.

A 1 hora, las larvas de los lotes B y C presentaron 100% en estado 1, con un llenado del estómago del 100%, mientras que las larvas del lote A tuvieron 50% del estado 1, 20% del estado 2 y 20% del 3.

A las 12 horas, las poblaciones de larvas de los lotes B y C continuaron presentando 100% en estado 1; mientras que para las larvas del lote A el valor fue de 87% en este estado y 13% en estado 4.

A las 17 horas, 5 horas después de la segunda toma, las larvas del lote A incrementaron el valor del estado 1 a 95%.

Larvas de 27 días

En la figura 5 se muestran los valores de los estados de nutrición, expresados en porciento, de larvas de *S. gigas* de 27 días, para los lotes experimentales A, B, y C.

Como fue señalado en material y métodos, el lote B permaneció 24 horas con alimento.

A las -0.5 horas, sólo las larvas del lote C presentaron 100% en estado 4. Las larvas de los lotes A y B tenían aún alimento, con observaciones de 11% y 26% en estado 1, 61% y 53% en 2 y 28% y 21% en estado 3, respectivamente.

A 1 hora, los tres lotes de larvas mostraron ingestión del alimento suministrado. Las larvas del lote C presentaron un estado 1 del 100% y las del lote B 85%; mientras que en el lote A sólo 50% de la población permaneció en

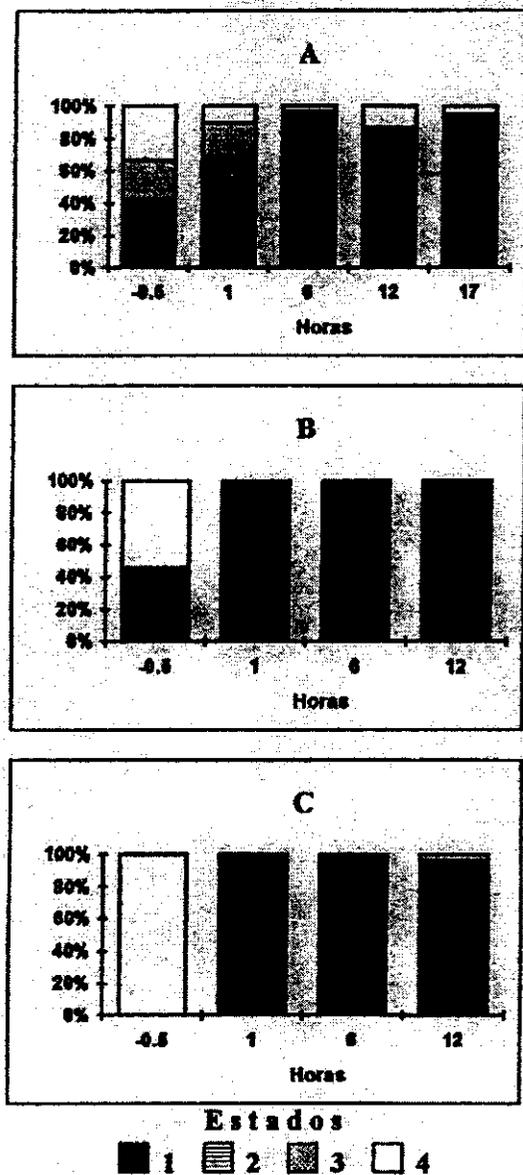


Figura 4. Variación simultánea de los 4 estados de nutrición expresados en porcentaje con respecto al tiempo, para los tres lotes de larvas (A, B, y C) de *S. gigas* de 20 días de edad.

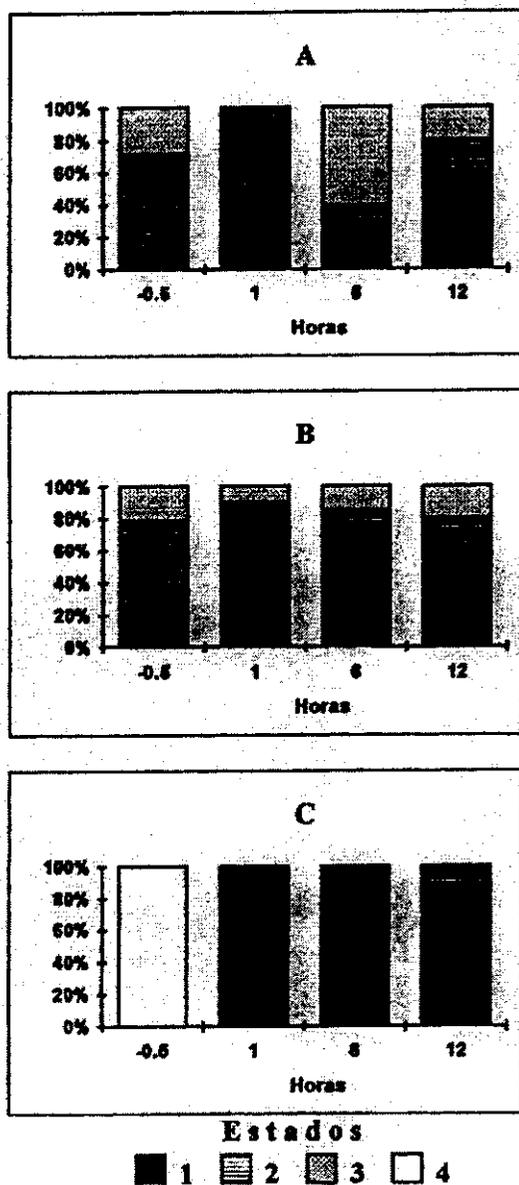


Figura 5. Variación simultánea de los 4 estados de nutrición expresados en porcentaje con respecto al tiempo, para los tres lotes de larvas (A, B, y C) de *S. gigas* de 27 días de edad.

este estado y el otro 50% en estado 2.

A 6 horas, el lote C continuó con 100% en estado 1, mientras que las larvas de B disminuyeron el valor de este estado a 65% y las de A a 30%. El lote B mostró un estado 2 del 20% y un estado 3 del 15%; mientras que las larvas del lote A presentaron un estado de digestión más avanzado con valores de 10% para el estado 2 y 60% para el estado 3.

A 12 horas, A mostró ingestión del alimento recién suministrado con un valor para el estado 1 del 100%. Las larvas del lote C mostraron 90% en estado 1 y 10% en estado 2; mientras que, las del lote B 60% en 1, 20% en 2, y 20% en estado 3.

INDICES

Índice de alimentación (I.A.)

Los valores del I.A. observados para las larvas de los tres lotes experimentales A, B, y C y su evolución en el tiempo para las diferentes edades estudiadas (2, 6, 14, 20, y 27 días) son mostrados en las Figura 6.

Las larvas de 2 días mostraron para los tres lotes un I.A. de 0 a -0.5 horas, en la medida que no habían recibido alimento.

De manera general, las larvas de los tres lotes, independientemente de la edad de las velígeras, mostraron un comportamiento similar; con un I.A. que va en aumento a medida que transcurre el tiempo experimental de alimentación continua. Sin embargo, escapan a este comportamiento las larvas de 2 y 27 días. En general, las larvas de 2 días presentan un I.A. ≤ 0.5 a lo largo del tiempo, mientras que el I.A. para las larvas de 27 días tiene siempre un valor alto (≥ 0.7).

Al analizar el I.A. para cada una de las diferentes edades larvales, se observa en general que para una hora experimental determinada, el valor de este índice aumenta conforme la larva es de mayor edad. Las larvas de 14 días del lote B manifestaron algunas excepciones a este comportamiento, a las 12 horas se presentó un valor de 0.26.

Por otro lado, si se analiza el I.A. registrado a 1 hora para las diferentes edades de las larvas y se compara este índice entre los tres lotes de larvas estudiados, se observa que no existen diferencias entre el I.A. del lote alimentado en la oscuridad (C) y el I.A. del lote alimentado durante el período de luz (B), mostrando así que la larva se alimenta perfectamente durante el período de luz o el de oscuridad, sin diferencia alguna.

Índice de ayuno (I.J.)

En la Figura 7 se muestra la evolución de los valores del I.J. observados para las larvas de los tres lotes experimentales A, B, y C en las diferentes edades larvales estudiadas (2, 6, 14, 20, y 27 días).

El análisis del I.J. permitió distinguir el comportamiento alimenticio de las

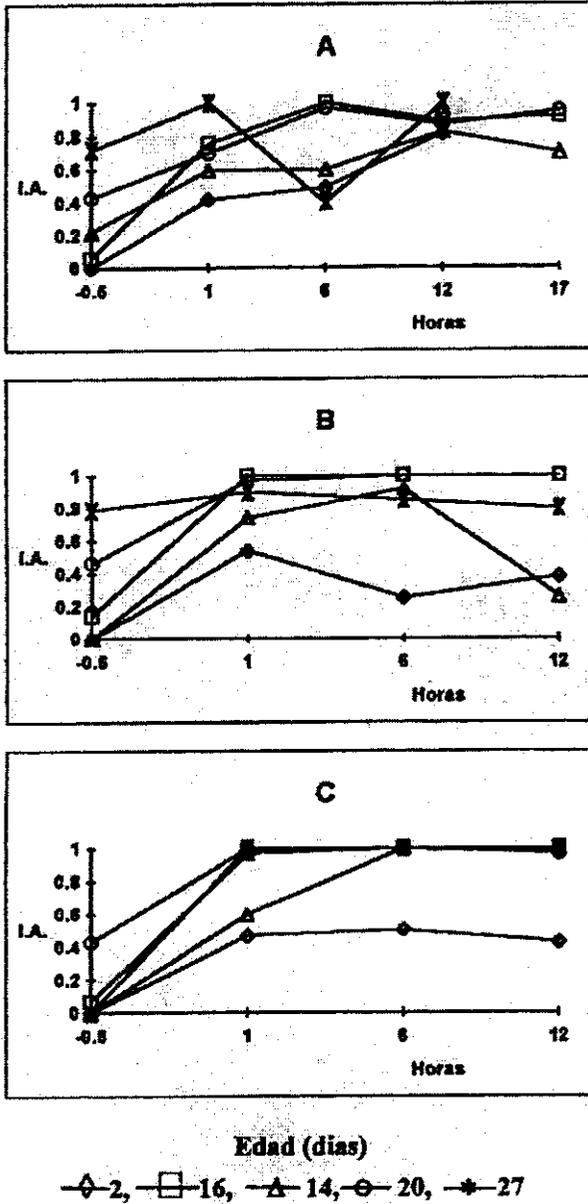


Figura 6. Comportamiento del Índice de Alimentación (I.A.) en el tiempo, para los tres lotes experimentales A, B, y C para las cinco edades de larvas de *S. gigas* estudiadas.

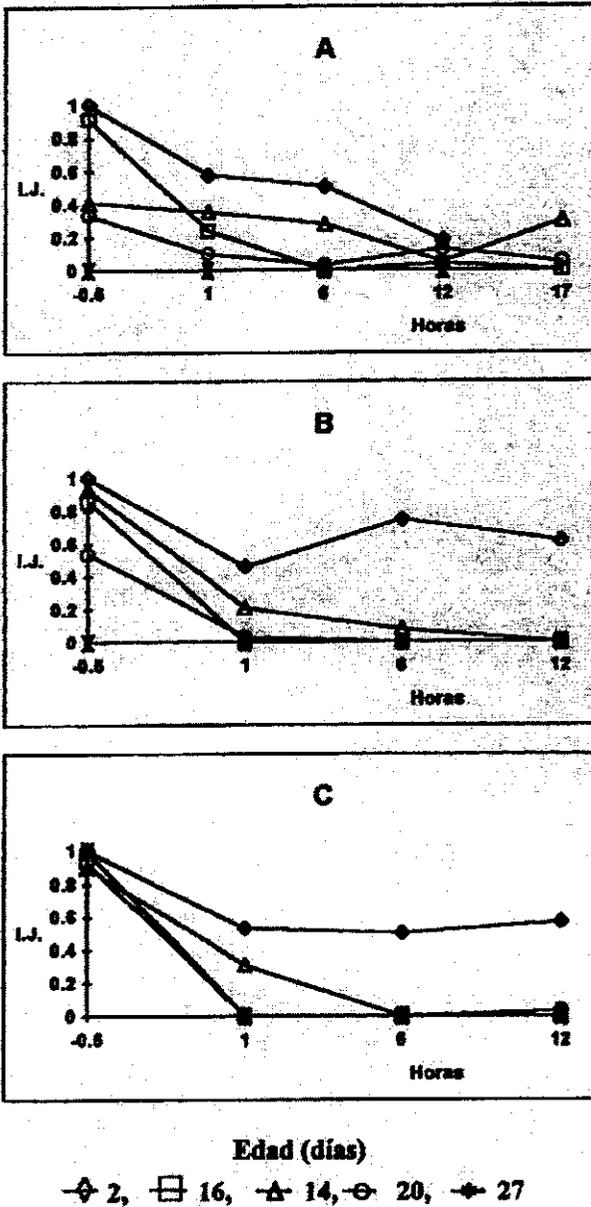


Figura 7. Comportamiento del Índice de Ayuno (I.J.) en el tiempo, para los tres lotes experimentales A, B, y C para las cinco edades de larvas de *S. gigas* estudiadas.

larvas tomadas a diferentes tiempos y a diferentes edades.

De esta manera, el I.J. de las larvas de los tres lotes mostraron un comportamiento similar, pero con tendencia a disminuir el valor de este índice, al paso del tiempo.

Sólo las larvas de 27 días presentaron para los tres lotes un valor del I.J. de 0 a lo largo del tiempo, con excepción de la hora -0.5 del lote C donde se observó un índice de 1.

Al analizar el I.J. para una misma hora experimental se observa en general que para las cinco edades de larvas estudiadas este índice decrece a medida que la edad de larva es mayor. Asimismo, el valor del I.J. para una determinada edad larvaria es decreciente a lo largo del tiempo.

Este comportamiento fue observado en los tres lotes experimentales, lo cual revela que las larvas de *S. gigas* presentan un I.J. inversamente proporcional a la edad de la larva y al tiempo transcurrido desde el suministro de alimento. La excepción es para las larvas de 2 días, las cuales presentaron un I.J. \geq a 0.5, lo que significa que en promedio 50% o más de la población larvaria presentó vacuidad del estómago a lo largo del tiempo.

Por otro lado, si se compara el valor del I.J. entre las diferentes edades larvarias para los lotes B y C, se observa en general que a las 12 horas este índice es cero o tiene un valor muy bajo, lo que demuestra que las larvas digieren el alimento proporcionado tanto en ausencia como en presencia de luz.

A diferencia de las larvas de los lotes B y C, las larvas del lote A tuvieron un segundo suministro de alimento 12 horas después de iniciada la experiencia. Así el valor del I.J. a este tiempo tiene un valor muy bajo y representa la porción muy pequeña de la población de larvas que permaneció con el estómago vacío después de la segunda toma de alimento, y no la población de larvas que ha culminado el proceso de digestión de esta segunda toma de alimento.

DISCUSIÓN

Como contribución al conocimiento de la nutrición larvaria de moluscos se realizó el presente estudio, el cual establece en condiciones experimentales de laboratorio las primeras bases sobre como podría ser la alimentación de larvas de *S. gigas* en el medio natural. Para lo cual, es necesario tener dos premisas presentes. De una parte, saber que las larvas de *S. gigas* son micrófagos de alimentación continua (Lucas, 1990). Por otra parte, que en el medio natural la ingestión de algas no va ser un fenómeno continuo, en la medida que este proceso se encuentra regulado por la migración diurna que presenta el fitoplancton en la columna de agua.

Por lo anterior, resulta interesante discutir en torno a las características del movimiento del fitoplancton y como se lleva a cabo la nutrición del zooplancton acopladas a esta migración.

En el medio natural, la biomasa total de fitoplancton presenta una

distribución vertical, la cual depende de la intensidad luminosa y del grado de agitación de la masa de agua. Este último factor favorece la alimentación de larvas, aún cuando hay poca concentración de fitoplancton. En período diurno (y mayormente cuando la masa de agua presenta una estratificación) la concentración de microalgas es mas elevada en la profundidad que en la superficie. En período nocturno, el efecto de la luz se encuentra anulado, por lo que la repartición del fitoplancton se homogeniza en la vertical. El mismo resultado se observa cuando la columna de agua se encuentra fuertemente agitada y donde el fitoplancton y el zooplancton son uniformemente distribuidos, independientemente de la intensidad luminosa (Salaün, 1994; Tremblay and Sinclair, 1988). Estos autores demuestran que los picos de abundancia larvaria siguen las zonas de máxima cantidad de fitoplancton.

Por otra parte, se ha observado que las larvas de moluscos pueden ser sensibles a la intensidad luminosa y a la elevación de la temperatura, por lo que ocupan muy poco la capa superficial en período diurno, o incluso migran hacia el fondo en caso de una fuerte intensidad luminosa (Salaün, 1994 *op. cit.*; Kaartvedt *et al.*, 1987).

En este estudio la alimentación fue continua, por estar en contacto continuo la alga y la larva, en la medida que en condiciones del laboratorio las microalgas suministradas no van a presentar una variación diurna. Por lo anterior, no se midió la cinética de la digestión, ya que los cuatros estadios de nutrición pudieron ser observados de manera simultánea a lo largo de cada experiencia.

Gracias a la utilización del microscopio de epifluorescenci, en este trabajo fue posible establecer que la ingestión de alimento por larvas de *S. gigas* a lo largo del desarrollo larval, tuvo lugar tanto en el día como en la noche, sin diferencia alguna.

El análisis del Índice de Alimentación (I.A.) y del Índice de Ayuno (I.J.) no mostró diferencia alguna para los lotes de las larvas que fueron alimentadas en el período de luz con respecto a las larvas que fueron alimentadas en periodo de oscuridad. El fenómeno de ingestión y digestión registrado en los tres lotes, a lo largo del desarrollo larval es similar, lo que demuestra que una larva puede alimentarse tanto de día como de noche sin diferencia alguna.

Diversos autores han abordado la nutrición de larvas de moluscos principalmente en bivalvos y un menor número de científicos ha trabajado sobre la nutrición de larvas de gasterópodos. De éstos, las especies estudiadas son un molusco de agua fría *Haliotis sp.* y otro de agua tropical, *Strombus sp.* Por otra parte, la mayoría de los estudios sobre nutrición han sido realizados en condiciones experimentales de laboratorio y los datos acerca de la alimentación de larvas velígeras en el medio natural son escasos (Bayne, 1976; Vance, 1973; His *et al.*, 1985, 1986; Lucas, 1986; Salaün, 1987 *op cit.*; Salaün, 1994 *op cit.*). Conocer la nutrición larvaria en el medio natural, resulta además importante para entender la variabilidad de sobrevivencia de las cohortes larvarias y su

reclutamiento. De la literatura consultada, no se encontró información sobre el comportamiento alimenticio de larvas de *S. gigas* en el medio natural, obteniéndose sólo información sobre la alimentación de larvas de *Pecten maximus* en el medio natural.

La relación estratificación del medio e Índice de Alimentación (A.I.) fue observado por Salaün (1994 *op cit.*) para aguas frías-templadas (6-18°C). Este autor señala que un mínimo de larvas se alimenta cuando la columna de agua se encuentra estratificada y un máximo durante el período de destratificación, cuando la temperatura es homogénea.

Salaün (1994 *op cit.*) observa el Índice de Ayuno (I.J.) con respecto a la intensidad luminosa y a la cantidad de fitoplancton en función de la profundidad. Este autor señala que en período diurno las variaciones de la cantidad de fitoplancton entre superficie y fondo son más marcadas en un acolumna estratificada, siendo el fitoplancton menos abundante en la superficie, observándose un I.J. más alto en este período diurno. Después de la puesta del sol, la distribución del fitoplancton se homogeniza en la vertical y el I.J. disminuye. Este resultado tiene una doble explicación, por un lado el hecho de que en el medio natural existe menos fitoplancton en la superficie en el período diurno y por otra parte que puede haber una inhibición de la alimentación por efecto de la intensidad luminosa.

El I.A. también aumenta al incrementarse la turbulencia, lo cual tiene nuevamente una doble explicación. La primera, debido al mayor movimiento de la larva en el agua, lo que incrementa la toma de alimento, mientras que la segunda se debe al hecho de que las larvas del fondo se encuentran mejor alimentadas y van a subir a la superficie al mezclarse la columna del agua.

Las grandes diferencias del comportamiento alimenticio entre larvas del medio natural y de laboratorio, son que en el primer caso el proceso es discontinuo y la larva por lo general se alimenta en pequeñas cantidades, en una proporción de 1:100. En el laboratorio la alimentación siempre es abundante a fuertes dosis, de tal manera que las larvas no bloquean su ingestión, incluso después de varias horas de haber realizado una super ingestión, posteriormente se puede presentar una ligera reducción de la velocidad de ingestión. Salaün (1994 *op. cit.*) estimó que una larva de *P. maximus* puede ingerir una cantidad de 200 a 300 células de *P. lutheri* por hora, a lo largo de un ciclo de alimentación y de 1000 a 1500 células si se trata de picoplancton.

Por lo que respecta a la relación entre la talla o la edad de la larva y el I.A., de las observaciones efectuadas se puede establecer que este índice en general es más bajo para las larvas de 2 días que para las larvas de mayor talla. La exigencia nutricional puede ser menor para los primeros días de la vida planctónica, en la medida que en este estado se puede compensar sus requerimientos con la utilización de sus reservas vitelinas. En este estudio se obtuvo la misma

observación que Salatín (1994 *op. cit.*). En general las larvas de mayor talla presentaron un IA mayor, independientemente si habían sido alimentados con luz o en la oscuridad.

Sin embargo, en condiciones de laboratorio este autor observó un fototropismo positivo para las jóvenes velígeras de *Pecten maximus*. Este fototropismo positivo también ha sido observado en condiciones de laboratorio para *S. gigas*.

Es necesario estudiar ahora el efecto de la alimentación con luz y en la oscuridad en términos de crecimiento, desarrollo, tasa de metamorfosis y de sobrevivencia.

Por otro lado, se requiere realizar una campaña oceanográfica en los sitios naturales de crianza de larvas de *S. gigas* en el Caribe así como realizar muestreos *in situ* durante 24 horas a diferentes profundidades para después estudiar las larvas con microscopio de epifluorescencia, a fin de conocer el comportamiento nutricional en el medio natural. Para completar este estudio se prodría realizar lo mismo en diferentes estaciones del año para establecer las eventuales variaciones estacionales. Trabajar en estos 3 ejes de información sobre la nutrición de las larvas de moluscos en el medio natural contribuirán de manera decisiva a mejorar la biotecnología de cultivo de *Strombus gigas*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con financiamiento de los proyectos CII*0432ME(JR) de la Comunidad Económica Europea, P65000ME del Consejo Científico Técnico de la Embajada de Francia y P218CCOC882530 del CONACyT. Se agradece el apoyo de la Secretaría de Pesca, a través de sus Delegaciones de Quintana Roo y Yucatán, así como a los pescadores de la Cooperativa Banco Chinchorro. Este agradecimiento se extiende al Ing. Manuel Sánchez y a la Química María Luisa Zaldivar por su apoyo técnico.

REFERENCIAS

- Aldana Aranda, D. and L. Rodríguez Gil. 1987. Croissance larvaire de *Strombus gigas* (Mollusque: Gasteropode) en fonction de différentes méthodes d'élevage et de différents algues. *J. Rech. Ocean.*, 11(4):128-131.
- Aldana Aranda, D.; A. Lucas, T. Brulé, M. Andrade, E. García, N. Maginot and M. Le Pennec. 1991. Observations on ingestion and digestion of unicellular algae by *Strombus gigas* larvae (Mollusca, Gastropoda) using epifluorescence microscopy. *Aquaculture*, 92:359-366.
- Aldana Aranda, D. y M.V. Patiño Suárez. 1992. Ingestión y digestión de 8 microalgas unicelulares por larvas de *Strombus gigas* (Molusco gasterópodo) estudiado por epifluorescencia. Trabajo presentado en 45th Annual Meeting of GCFI, Mérida, Yucatán.

- Aldana Aranda, D. y M.V. Patiño Suárez. 1994a. Ingestión y digestión de 7 microalgas por larvas de *Strombus gigas* (Molusco gasterópodo) de 1 día de edad, estudiado por epifluorescencia. Trabajo presentado en 46th Annual Meeting of GCFI, Corpus Christi, Texas.
- Aldana Aranda, D. y M.V. Patiño Suárez. 1994b. Ingestion and digestion of eight unicellular algae by *Strombus gigas* (Mollusca gastropode) studied by epifluorescence microscope *Aquaculture*, **126**: 151-158.
- Aldana Aranda, D. y M.V. Patiño Suárez. 1994c. Caracterización de los procesos de ingestión y digestión de la alga *C. coccoides* durante todo el periodo larval de *Strombus gigas* (Molusco gasterópodo). Trabajo presentado en 47th Annual Meeting of GCFI, Isla de Margarita, Venezuela.
- Appeldoorn, R.S. 1992. Nuevos estimados para la recolección del caracol reina. *Boletín del Caracol reina*. Vol. 2(1):1.
- Babinchak, J. and R. Ukeles. 1979. Epifluorescence microscopy, a technique for the study of feeding in *Crassostrea virginica* veliger larvae. *Mar. Biol.*, **51**:69-76.
- Ballantine, D.L. and R.S. Appeldoorn. 1983. Queen Conch culture and future prospects in Puerto Rico. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, **35**:57-63.
- Bayne, B.L. 1976. *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press, London, 506 pp.
- Boidron Metairon, I. 1992. A new approach to comparative studies of *Strombus gigas* larvae at the developmental and nutritional levels. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, **41**:459-467.
- Buitrago, J. 1983. Cria en cautiverio, del huevo al dulto, del botuta (*Strombus gigas* L) *Trabajos de la Estación de Investigaciones Marina*, **1**(11):29-30.
- Corral, J.L. y J. Owaga. 1985. Cultivo masivo de larvas de caracol *Strombus gigas* en estanques de concreto. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, **37**:345-351.
- Davis, M.; C. Hesse and G.T. Hodgkins. 1987. Commercial hatchery produced queen conch, *Strombus gigas*, seed for the research and grow-out market. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, **38**:1-16.
- Davis, M., C. A. bolton and A.W. Stoner. 1993. A comparison of larval development, growth, and shell morphology in three Caribbean *Strombus* species. *The Veliger*, **36**(3):236-244.
- García Santaella, E. 1992. Efecto de la dieta y la ración sobre el crecimiento y desarrollo de las larvas de *Strombus gigas* (Linné, 1756) hasta su asentamiento. Tesis presentada para recibir el grado de M. en C. CINCESTAV, Mérida, Yucatán, 115 pp.
- García Santaella, E. and D. Aldana Aranda. 1994. Effect of algal food and feeding schedule on larval growth and survival rates of the queen conch *Strombus gigas* (Mollusca, Gastropoda), in Mexico. *Aquaculture*, **128**:261-268.

- Guillard, R.R.L. and J.H. Ryther. 1962. Studies on marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve). *Can. J. Microbiol.*, **8**:229-239.
- Hensen R.R., 1983 Queen conch management and culture in the Netherlands Antilles. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, **35**:53-56.
- His E., R.Robert et M.J. Chretiennot-Dinet. 1985. Nouvelle méthode pour étudier la nutrition de jeunes larves de *Crassostrea gigas* (Thunberg) en milieu naturel. Premières données expérimentales. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 300, Ser. III, **8**:318-321.
- His E., D. Maurer et R. Robert. 1986. Observations complémentaires sur les causes possibles des anomalies de la reproduction de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arachon. *Rev. Trav. Inst. Pches Marit.*, **48**(1 et 2): 45-54.
- Karrtvedt S., D. Lorents and J.K. Egge. 1987. Effect of light on the vertical distribution of *Pecten maximus* larvae. *Mar. Ecol. Prog. Serv.*, **40**:195-197.
- Lucas, A. and C. Rangel Dávalos. 1981. Vitesse d'ingestion et de digestion phytoplancton observées au microscope à épifluorescence chez les larves de *Mytilus edulis* (L.) (Bivalvia, Mollusca). *Haliotis*, **11**:171-180.
- Lucas, A. 1986. Feeding and digestion in bi valve larvae. *Unitas Malacologica*. Edimburg.
- Lucas, A. 1990. Feeding and digestion in bivalve larvae. In: *Proc. of Memorial Symposium in Honor of Sir Charles Maurice Yonge*. Brian Morton (Ed) Hong Kong, 173-190.
- Pillsbury, K.S. 1985. The relative food value and biochemical composition of five phytoplankton diets for queen conch, *Strombus gigas* (Linne) larvae. *J. of Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **90**:221-231.
- Polanco Jaime, E.; R. Mimbela Sandoval; L. Beléndez Moreno; O. González Quintanilla; M. Angel Flores; A. Pérez Vázquez; N. Aguilar Ley; R. Pérez Enriquez; R. Calderón Avilés; J.L. Guerra Raya; J. Romo Avila; H. Gómez Angulo, J.J. Mimbela Sandoval; H. Cabrera Muro; M. Diego Peralta; J. García; J.G. Ochoa. 1987. *Pequerias Mexicanas: Estrategia para su administración*. Secretaría de Pesca, México, D.F., 950 p.
- Randall, J.E. 1964. Contribution to the biology of the Queen Conch, *Strombus gigas*. *Bull. Mar. Sci.* **14**(2):246-295.
- Rodríguez Gil, L. 1986. Desarrollo embrionario y metamorfosis del caracol rosado *Strombus gigas* (Linnaeus). Tesis presentada para recibir el grado de M. en C. CINCESTAV, Mérida, Yucatán, 48pp.
- Salaün, M. 1987. Influence des facteurs du milieu sur la nutrition des larves de bivalves en Baie de St-Brieuc. *Haliotis*, **16**:209-220.
- Salaün, M. 1994. La larve de *Pecten maximus*, genese et nutrition. These de Doctorat d'Universite. Universite de Bretagne Occidentale, 242 pp.
- Siddall, S.E. 1983. Biological and economical outlook for hatchery production of juvenile queen conch. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, **35**:46-52.

- Stevely, J.M. 1979. The biology and fishery of the queen conch (*Strombus gigas*): a review. *Sea Grant College Progress*, **101**:203-210.
- Tremblay, M.J. and M.M. Sinclair. 1988. The vertical and horizontal distribution of sea scallop (*Placopecten magellanicus*) larvae in the bay of Fundy in 1984 and 1985. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, **8**:43-53.
- Vance, R.R. 1973. On reproductive strategies in marine benthic invertebrates. *American Naturalist*, **14**(3):403-410.