

## **Description de las Temperaturas Usadas en el Cultivo de Larvas de *Strombus* spp.**

DALILA ALDANA ARANDA<sup>1</sup>, CÁRDENAS BAQUEIRO<sup>2</sup> and VICTORIA PATIÑO SUÁREZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CINVESTAV IPN Unidad Mérida  
Laboratorio de Biología marina  
Km. 6 antigua Carretera a Progreso  
C.P. 97310 Mérida Yucatán México

<sup>2</sup>CRIP de Campeche-IPN  
Campeche, Mexico

### **RESUMEN**

*Strombus gigas*, *S. costatus*, *S. pugilis*, *S. raninus*, *S. gallus*, and *S. alatus* son especies de importancia comercial en el Caribe. Económicamente *Strombus gigas* es la más importante y consecuentemente la más estudiada. En esta descripción se analizan los efectos de la temperatura en el desarrollo de las etapas de crecimiento de la concha de los veligers, la tasa de metamorfosis, la tasa de establecimiento y la tasa de supervivencia. Por mucho tiempo se ha sugerido que la temperatura como un factor importante en la regulación de la tasa de desarrollo, la duración de la etapa pelágica y de la mortalidad de las larvas de invertebrados marinos béntonicos. Es bien conocido que el establecimiento temprano de las larvas dentro de ciertos límites, se relaciona directamente con la temperatura del agua. El propósito de este artículo es analizar los efectos de la temperatura (24-32 °C) en el desarrollo del veliger hasta metamorfosis. El cual se logra en aproximadamente en 14 días a temperaturas de 29 °C y en 60 días a temperaturas de 27 °C. Por que?

**PALABRAS CLAVE:** Conch, larvas, temperatura

### **Overview of Temperatures Used in Larviculture of *Strombus* spp.**

#### **ABSTRACT**

*Strombus gigas*, *S. costatus*, *S. pugilis*, *S. raninus*, *S. gallus* and *S. alatus* are of commercial importance in the Caribbean. Economically, *S. gigas* is the most important and consequently the most widely studied. In this overview is analyzed the effects of temperatures on the development of shell growth stages of conch veligers, metamorphosis rate, settlement rate and survival rate. Temperature has long been suggested as an important factor regulating the developmental rate, length of pelagic life, and mortality of larvae from benthic marine invertebrate organisms. It is known that the rate of early cleavage, within certain limits, is related directly to water temperature. The purpose of

this paper is to analyze the effects of temperature (24 - 32°C) on the veliger's development until metamorphosis which is attained within 14 days at 29°C to 60 days at 27°C, Why ?

KEY WORDS: Conch, larvae, temperature

### INTRODUCCION

De Jesús (1999) analizo los temas de los artículos científicos publicados sobre *Strombus gigas* (n = 230) y encontró que ha habido una evolución de estos desde los años 1950s en que se escriben los primeros. Así en los años 1960s la mayoría de los artículos fueron sobre la biología genera, en los 1970s el principal tema fue la biología pesquera. Al inicio de los 1980s y como consecuencia de la sobre-explotación del recurso en la mayoría de los países del Caribe, se da una fructifera producción de información sobre el cultivo larvario, producción de juveniles y los primeros ensayos de siembra de éstos en el medio natural con fines de repoblamiento. Posteriormente, en los años 1990s, cuando los trabajos de cultivo no proporcionan los resultados que se habían proyectado, se inicia una novedosa línea de investigación en Ecología de larvas y juveniles con el grupo de trabajo de Stoner y Davis, estudiándose el reclutamiento de la especie (Stoner and Davis 1994, Stoner and Ray 1993, Stoner et al. 1996; Stoner et al. 1998, Stoner and White 1990, Stoner 1990, Ray-Culp et al. 1999).

Los estudios de ecología y biología de larvas son de utilidad para comprender mejor los procesos de reclutamiento en el medio natural, así como la aplicación de esta misma información para mejorar los resultados de las técnicas de acuicultura para la producción de semillas en el laboratorio.

Una utilidad adicional de los experimentos realizados en laboratorio sobre biología y ecología de larvas, es la ayuda que proporcionan para comprender los procesos de asentamiento, desarrollo y sobrevivencia, dado que el seguimiento de los organismos, en particular de larvas en el océano es difícil. Así, la mayor parte de la información disponible acerca de la vida larvaria proviene de estudios en laboratorio.

Davis, et al. (1996), señalan que el comprender los factores que afectan el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia en larvas de invertebrados marinos en el campo, proporciona un conocimiento pertinente para determinar la dispersión larval y el proceso de reclutamiento

Con el objetivo de incrementar el conocimiento científico sobre la biología de larvas y su aplicación a mejorar las técnicas de cultivo y comprender los procesos de reclutamiento, en el presente trabajo se realizó una revisión del efecto de la temperatura en el cultivo larvario que han sido utilizadas para *Strombus gigas*, *Strombus costatus* y *Strombus pugilis*. Se resume también información

de la posible relación entre la temperatura con los resultados de crecimiento, desarrollo, metamorfosis y sobrevivencia.

### **Condiciones de Cultivo y Temperatura para la Crianza de Larvas Velíferas de *Strombus gigas***

*S. gigas* es una de las especies más importantes de especies pescadas en el Caribe, y su cultivo ha sido ampliamente estudiado, en menor grado lo han sido *S. costatus* y *S. pugilis*, incluso las técnicas desarrolladas para la primera especie han sido aplicadas indistintamente para las otras dos.

En la Tabla 1 son resumidas las diferentes condiciones que han sido utilizadas para el cultivo larvario de *S. gigas*, los resultados están expresados en términos de tasa de crecimiento, longitud máxima, duración de la metamorfosis y sobrevivencia.

De la revisión de artículos publicados sobre las condiciones de cultivo larvario de *Strombus gigas*, se observa que solamente 3 trabajos han sido específicamente para estudiar el efecto de la temperatura durante el desarrollo larvario (Aldana Aranda et al. 1987, Corral y Ogawa 1985, Bradshaw-Hawkins 1982). Los demás autores han realizado sus experiencias de cultivo larvario bajo un rango de temperatura variable o pocos de ellos bajo una temperatura constante. Incluso el 30% de los autores citados en la tabla anterior, ni siquiera señalan la temperatura que emplearon para correr su experimento. Mucho menos presentan alguna relación entre la temperatura y el crecimiento, desarrollo o sobrevivencia en la vida larvaria de *S. gigas*.

A partir de la Tabla 1, se observa que en la vida larvaria de los Strombidos, en particular de *S. gigas*, la temperatura es un factor que ha sido poco evaluado su efecto en el proceso de crecimiento, desarrollo y competencia para la metamorfosis.

Respecto al rango de temperatura utilizado para el cultivo larvario *S. gigas* este ha sido entre 23 y 31°C. Del análisis visual de los datos de esta tabla se observa que los mejores resultados en términos de crecimiento y metamorfosis son observados en el rango de temperatura entre 27 y 31°C. En este rango Davis et al. (1993) obtiene la metamorfosis de *S. gigas* a los 21 días. En contraste tres décadas antes, D'Asaro (1965), reporta por primera vez larvas metamorfoseadas de esta especie en 60 días con una temperatura promedio de 25°C. Aldana-Aranda and Torrentera (1987) trabajando con larvas de *S. gigas* (cultivadas a 20 ± 2°C, 24 ± 3°C and, 28°C observaron una mortalidad masiva al quinto día de cultivo para las larvas cultivadas a 20 ± 2°C; y al noveno día para aquellas cultivadas a 24 ± 3°C. Contrariamente, la mortalidad de las larvas cultivadas a 28°C fue observada 10 días después de iniciado su cultivo y la metamorfosis de estas larvas se presento a los 20 días.

**Proceedings of the 52nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

Ahora bien, los mismos valores de la Tabla 1 fueron analizados estadísticamente, para establecer posibles correlaciones entre la temperatura y los siguientes parámetros: tasa promedio de crecimiento, longitud máxima alcanzada al momento de la metamorfosis y tiempo en que alcanzan la metamorfosis. Sólo el tiempo que utilizan las larvas para alcanzar la metamorfosis presentó un coeficiente de correlación por arriba de 0.75, las otras relaciones de la temperatura no presentaron una correlación alta mayor a 0.80. A continuación las curvas que presentaron la mejor correlación y su ecuación.

**Table 1.** Results in growth, maximum length (ML), metamorphosis (M) and survival (S) of *S. gigas* larvae, under different culture conditions. Food is indicated as: a. Enriched natural cultures of phytoplankton, mainly *Nitzschia* spp., *Skeletonema costatum*, and *Chaetoceros* spp., b. *Thalassiosira* spp., c. *Tetraselmis* spp., d. *Isochrysis* spp., e. *Chaetoceros gracilis*, f. *Nanochloris*, g. *Dunaliella tertiolecta*, h. *Platymonas tetraselmis*, i. *Prorocentrum minimum*, j. *Emiliania huxleyi*, k. *Heterocapsa pygmaea*.

T°C	Food	Growth µm/day	ML mm	M Days	S %	Source
24-27	H	-	-	60	-	(1)
24-30	A	82*	2.2	28-33	-	(2)
24-30	A	-	-	27-35	-	(3)
28 ± 1	b, c, d, g	-	1.9	28	-	(4)
29	b, d, f, g,	-	1.9	14-35	-	(5)
26-30	A	-	-	18-21	-	(6)
23-31	c, d	-	-	19-30	mortality	(7)
26 ± 1	d, g, i, j, k	13-93	1.2	-	83-96	(8)
27-29	A	-	-	-	-	(9)
28	c, d, c+d	40	1	20	-	(10)
25-31	d, e, c	-	1.1	21-40	-	(11)
28-30	D	24	0.9	Not reached	59 ± 9	(12)
27	a, d	-	1.3	27 ± 2	-	(13)
27-30	d, e	39	1.2	21	-	(14)
29 ± 1	d, c	5-13	0.7	-	21-52	(15)
28	C	-	-	-	-	(16)
28-32	b, c, d	-	-	-	15-20	(17)
29 ± 1	b, c, d,	24-37	0.8	-	25-82	(18)
28-30	d, e	-	1.3	18-23	-	(19)
26-29	A	-	-	18-30	-	(20)

\*Rate calculated for this table from other data in source.

(1) D'Asaro, 1965; (2) Brownell, 1977; (3) Brownell et al., 1977; (4) Siddall, 1981; (5) Davis and Hesse, 1983; (6) Laughlin and Weil, 1983; (7) Corral and Ogawa, 1985; (8) Pillsbury, 1985; (9) Buitrago, 1985; (10) Aldana-A. and Torrentera, 1987; (11) Davis et al., 1987; (12) Heyman et al., 1989; (13) Boidron-M., 1992; (14) Davis et al., 1993; (15) Domínguez, 1993; (16) Aldana-A. et al, 1994; (17) Baqueiro, 1994; (18) García-S. and Aldana-A.; 1994; (19) Davis, 1994; (20) Weil and Laughlin; 1994.

En la Figura 1 se presenta la correlación entre la temperatura y la tasa de crecimiento diaria, con un ajuste polimodal y un coeficiente de correlación de 0.63. La tendencia de estos puntos muestra que la temperatura a la que se obtiene la mejor tasa de crecimiento es a 27°C (60 um por día), luego una zona subóptima con una tasa de crecimiento de 40 um en el rango de temperatura de 26°C y 28°C. Por último una zona de bajo crecimiento a temperaturas superiores a 29°C e inferior a 26°C.

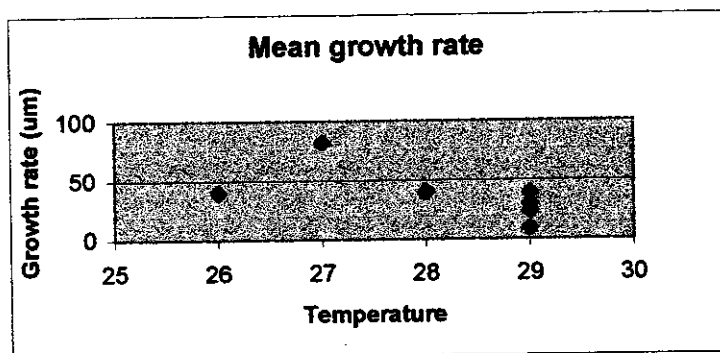
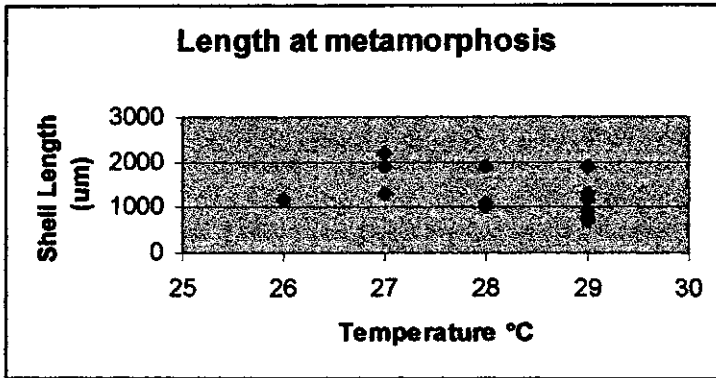


Figura 1. Correlación entre el efecto de la temperatura y la tasa promedio de crecimiento diaria de la longitud de la concha de larvas velíferas de *Strombus gigas*. Los datos para establecer la correlación fueron tomados de los autores citados en la tabla 1. .  $Y = -13.039 x^2 + 709.9x - 9597.2$   
 $r^2 = 0.6313$

La Figura 2 muestra la correlación entre la temperatura y la longitud máxima al momento de la metamorfosis no presento correlación alguna, su mejor ajuste fue el exponencial con un coeficiente de correlación bajo de 0.32.

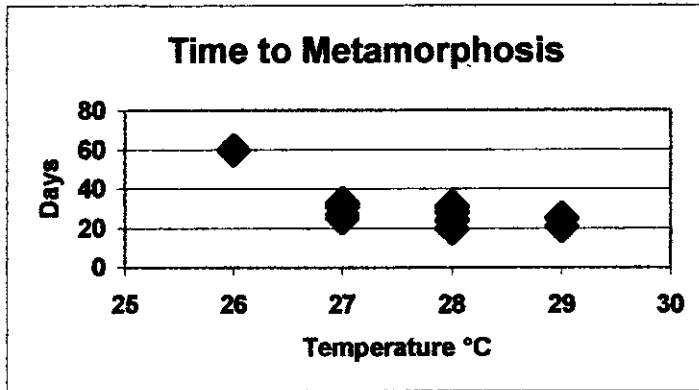
Por último la correlación entre la temperatura y el tiempo en que la larva alcanza la metamorfosis (Figura 3), presento un buen ajuste exponencial con un coeficiente de correlación de 0.80. Los datos muestran una tendencia a disminuir el tiempo de la metamorfosis de 26°C a 29°C, utilizando menos de 25 días a esta última temperatura. De esta misma tendencia se observa que a temperaturas superiores a 30°C, las larvas se salen de su rango óptimo y vuelven a requerir de mayor tiempo para la metamorfosis.



**Figura 2.** Correlación entre el efecto de la temperatura y la longitud máxima de la concha de larvas veligeras de *Strombus gigas*. Los datos para establecer la correlación fueron tomados de los autores citados en la tabla 1. .  $Y = 138.33 x^2 - 8075x + 1189$   $r^2 = 0.3195$

Por otra parte, la información obtenida de los cultivos larvarios y de sus resultados en términos de crecimiento o duración de la metamorfosis, no es relacionada con la época del año de la cual proviene la masa de huevos. El único trabajo que trata de establecer una relación en este sentido es Ogawa y Corral (1985) quienes durante tres años y de manera mensual (1983 - 1985), estudiaron cultivos larvarios hasta la metamorfosis, sugiriendo que la frecuencia de éxito de la cría de larvas hasta la metamorfosis depende de la estación del año en la que se efectúa el cultivo, con mejores resultados de junio a septiembre. Los autores obtienen un mayor número de cultivos que llegan hasta metamorfosis al aumentar la temperatura, pero si esta sigue incrementándose, las pruebas

positivas hasta metamorfosis vuelven a bajar. Estos resultados llevan implícito el concepto de la calidad del huevo de los progenitores que ha sido estudiado ampliamente en *Pecten maximus* por Dorange (1990).



**Figura 3.** Correlación entre el efecto de la temperatura y el tiempo en que alcanzan la metamorfosis las larvas velíferas de *Strombus gigas*. Los datos para establecer la correlación fueron tomados de los autores citados en la tabla 1.  $Y = 8.1548x^2 - 348.86x + 4964.9$ ;  $r^2 = 0.7975$

De Jesús (1999) en un estudio sobre abundancia y distribución de larvas no encontró correlación significativa entre estas y la temperatura, salinidad o el oxígeno. Sólo observó correlación entre estas y la abundancia de juveniles.

Sin embargo, otros autores como Stoner et al. (1992) y Barilé (1994) encuentran correlación entre la abundancia larval y la temperatura y el fotoperiodo. Lo anterior podría estar asociado con la capacidad adaptativa de la larva para acortar el tiempo hacia la metamorfosis, disminuyendo la probabilidad de depredación en el plancton y evitar la competencia con los miembros del fondo (Stoner 1997, Pechenick 1999).

#### DISCUSIÓN

##### **Temperatura, Factor Exógeno y su Efecto en las Larvas de Moluscos**

La temperatura es uno de los factores físicos que son conocidos por afectar el crecimiento de las larvas de moluscos, lo mismo que el alimento (Bayne, 1983) La tasa de crecimiento de las larvas se incrementa al incrementarse la temperatura hasta un óptimo para luego declinar a temperaturas más elevadas.

## Proceedings of the 52nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute

Ursin (1963) describe la relación entre la temperatura y el tiempo de completar una cantidad de crecimiento como una curva catenaria simétrica definida por:

$$Y = y_0 \cosh p (x - x_0)$$

Donde  $y$  es el tiempo,  $x$  es la temperatura,  $x_0$  es la temperatura a la cual el desarrollo es mas rápido,  $y_0$  es el tiempo de desarrollo al tiempo  $x_0$  y  $p$  es el coeficiente de temperatura. Del reciproco de la ecuación anterior  $1/y$ , es la tasa de crecimiento. La simetría alrededor de la temperatura óptima para el crecimiento puede no estar presente, ya que para algunas especies se presenta una transición abrupta desde el optimo hasta una temperatura superior letal (Lucas and Costlow 1979). Loosanoff (1959) para *Mercenaria mercenaria* logra describir una relación lineal entre la temperatura y el número de días desde la fertilización hasta el asentamiento, de la siguiente manera:

$$\text{Días al asentamiento} = 37.9 - T (^\circ\text{C})$$

Sin embargo a  $15^\circ\text{C}$  y  $33^\circ\text{C}$  el crecimiento y desarrollo fueron anormales y la mortalidad fue alta. Ansell (1968) resume datos sobre la tasa de crecimiento de *Mercenaria mercenaria* a través de su rango de distribución geográfica y concluye que la temperatura media optima es de  $20^\circ\text{C}$ ; lo cual contrasta con el crecimiento de la larva, que tiene su optimo cerca de los  $30^\circ\text{C}$ . La explicación de estas observaciones, y su significado ecológico permanece sin explicación. Algo similar se observo en el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo con *S. gigas*; donde a  $26^\circ\text{C}$  se tiene la mejor sobrevivencia, a  $27^\circ\text{C}$  la mejor tasa de crecimiento y a  $29^\circ\text{C}$  el mejor resultado para la metamorfosis.

Una evaluación de los efectos de la temperatura sobre el crecimiento larval no es completa, si no se considera el período durante la cual la larva es competente para alcanzar la metamorfosis. Lutz y Jablonskib (1978) han sugerido que una correlación negativa entre la temperatura y la longitud de la concha a la que alcanzan la metamorfosis, puede ser de utilidad en paleoclimatología.

En el medio natural las larvas pueden estar expuestas a cambios cortos de temperaturas, sin embargo experimentos del efecto de variaciones de temperatura sobre el crecimiento son escasos.

En larvas veligeras de *Nassarius obsoletus*, Scheltema (1967) obtiene una alta tasa de crecimiento a la temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . La temperatura más baja a la cual el desarrollo se completo hasta la metamorfosis fue de  $16$  a  $17^\circ$ . Este autor observo  $46\%$  de inhibición en el crecimiento de las larvas entre la temperatura optima y la mínima a la cual el desarrollo es completado. Estos resultados muestran que a bajas temperaturas ( $< 27^\circ\text{C}$ ) se incrementa la tasa de mortalidad, y



el atraso del desarrollo de las veligeras. Por otra parte a pesar de que la fuente de alimento de larvas *S. gigas* son algas unicelulares, cuyo valor nutritivo depende de la digestibilidad de las células algales, especialmente de la pared celular, y la producción de toxinas (Lucas 1990). Scheltema (1967) puntualiza que algunos dinoflagelados o diatomeas pueden crecer y sobrevivir igual de bien entre 15 and 30°C, sin embargo tanto el número de células como su valor nutritivo puede diferir marcadamente entre estos extremos. Davis y Calabrese (1964) encontraron que *Chlorella* sp. incrementan su valor nutricional en larvas de almejas y ostiones, cuando la temperatura es incrementada por arriba de 20°C. Estos autores han sugerido que las enzimas necesarias para digerir la pared celular pueden estar activas completamente a altas temperaturas.

La temperatura es un factor que controla el metabolismo del organismo e influye en el crecimiento larval y en la sobrevivencia (Pechenik et al., 1990); por lo que mucha mayor atención debe prestarse a este factor. Este autor con larvas de *Mytilus edulis* y de *M. mercenaria* y *C. Virginica*, encuentra una pobre correspondencia entre el efecto de factores ambientales y la tasa de crecimiento y el desarrollo. Lo anterior es similar a lo que se presenta en este estudio para *S. gigas*. En los estudios de Bayne (1965), el incremento de la temperatura acelera la tasa de crecimiento más en relación a la tasa de desarrollo.

En parte por las implicaciones ecológicas que tienen el desarrollo de los moluscos (Pechenik 1990), los biólogos han examinado los efectos de la temperatura, la concentración de alimento y otros factores ambientales sobre su desarrollo larval, su sobrevivencia y su crecimiento; a través de la longitud de la concha o en el mejor de los casos con el peso seco (Pechenik 1987). Por lo que respecta a los efectos de los factores ambientales sobre las tasas de diferenciación permanecen no explorados para los moluscos, a pesar de que existe una buena razón para pensar que las tasas de crecimiento y diferenciación pueden ser afectadas en diferentes grados por cualquier cambio ambiental. En la medida que diferenciación anatómica y fisiológica puede presentarse en ausencia de crecimiento. En este sentido larvas de opistobranquios, presentan substanciales cambios anatómicos y desarrollo de competencia para la metamorfosis, posteriores varios días de haber cesado el crecimiento en longitud de la concha. Existen evidencias marcadas de la independencia entre el proceso de crecimiento con la diferenciación durante el desarrollo larvario. Así larvas de *Crepidula fornicata* desarrollan filamentos branquiales a tallas pequeñas de longitud de la concha cuando se cultivan a bajas temperaturas (Pechenik y Lima 1984). Si el tiempo requerido para desarrollar los filamentos branquiales ha incrementado en la misma proporción que la tasa de crecimiento de la concha ha decrecido, las branquias se deberán desarrollar más tarde, pero a la misma talla; las tasas de crecimiento de la concha aparentemente decrecieron más por las bajas temperaturas en relación a la tasa de diferenciación de las branquias, de manera que las larvas

## Proceedings of the 52nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute

desarrollan branquias a tallas en promedio más chicas. De manera similar larvas de *C. fornicata* cultivadas a altas temperaturas crecen mas rapido y alcanzan la metamorfosis a tallas en promedio más chicas (Pechenik 1984), lo que implica un efecto diferencial de la temperature sobre las tasas de crecimiento y diferenciación. El grado de extensión al cual las tasas de crecimiento larval y diferenciación estan unidas no ha sido específicamente estudiada en moluscos. De manera clara este efecto diferencial se presenta en este análisis realizado del efecto de la temperatura sobre el desarrollo y crecimiento larval de *S. gigas*.

### CONCLUSIÓN

El efecto de la temperatura no ha sido estudiada sobre el desarrollo larvario de los Strombidos, ni en particular sobre *S. gigas*. El conocer el rango optimo de temperatura para el desarrollo y crecimiento de una especie, tiene una aplicación en mejorar las técnicas de cultivo para la obtención de semilla, pero que también tiene aplicación en comprender el papel de este factor físico en el proceso de desarrollo larvario, metamorfosis y asentamiento de nuevos reclutas, con la implicación que tiene en la dinámica de poblaciones de un recurso pesquero.

Al conocer el efecto de la temperatura sobre el desarrollo larval, sirve para predecir el grado de éxito que tendrá el proceso de reclutamiento. Esto esta siendo ya aplicado en peces con el modelo de Appeldoorn, que estima la mortalidad natural de éstos en base a la temperatura ambiente media.

Desde el punto de vista ecológico, la temperatura presenta un papel estratégico en la sobrevivencia larval, ya que a mayor temperatura el crecimiento y desarrollo se acelera, disminuyendo la duracion de la vida larvaria y en consecuencia el tiempo que la larva permanece en el plancton, disminuyéndo el riesgo de mortalidad por predación.

### REFERENCES

- Aldana-Aranda, D., M.V. Patiño-Suárez, and T Brulé. 1994. Ingestion and digestion of eight unicellular algae by *Strombus gigas* larvae (Mollusca gastropode) studied by epifluorescence microscope. *Aquaculture* 126:151-158.
- Aldana-Aranda, D., A. Lucas, T. Brulé, M. Andrade, E. García-Santaella, 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. and B.L Torrentera. 1987. Croissance larvaire de *Strombus gigas* (Mollusque: Gastéropode) en fonction de la nourriture et de la température. *Haliotis* 16:403-411.

- Appeldoorn, R., 1994. Queen conch management and research: status, needs and priorities. Pages 301-319 in: R.S. Appeldoorn and B. Rodríguez (eds.) *Strombus gigas Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.
- Baqueiro, C.E. 1997. The Molluscan fisheries of Mexico. Pages 39-49 in: *The History, present condition and future of the molluscan fisheries of North and Central American and Europe*. NOAA. Tech. Rep. NMFS 129 U.S. Dep. of Commerce.
- Baqueiro, E. 1994. Cultivo de juveniles del caracol reina, *Strombus gigas*, en Quintana Roo, México. Pages 295-300 in: R.S. Appeldoorn and B. Rodríguez (eds.) *Strombus gigas Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.
- Boidron-Metairon, I., 1992. A new approach to comparative studies of *Strombus gigas* larvae at the developmental and nutritional levels. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 41:459-467.
- Brownell, W., and J.M. Stevely. 1981. The biology, fisheries and management of the queen conch *Strombus gigas*. *Mar. Fish. Rev.* 437:1-12.
- 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., C.J. Jr. Berg, and K.C. Haines. 1977. Fisheries and aquaculture of the conch, *Strombus gigas* in the Caribbean. *FAO Fisheries Report* 200:59-69.
- Buitrago, J., 1985. Crias en cautiverio del huevo al adulto del botuto (*Strombus gigas* L.). Estación de Investigaciones Marinas de Margarita. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Margarita, Venezuela, Vol. III, 29-39.
- Corral, J.L. and J. Ogawa. 1985. Cultivo masivas de larvas de caracol *Strombus gigas* en estanques de concreto. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 38:345-351.
- D'Asaro, C.N., 1965. Organogenesis, development and metamorphosis in the Queen Conch, *Strombus gigas*, with notes of breeding habits. *Bull. Mar. Sci.* 15:359-416.
- Davis, H.C. and A. Calabrese. 1964. Combined effects of temperature and salinity on development of eggs and growth of larvae of *Mercenaria mercenaria* and *C. virginica*. *Fish. Bull.* 63:643-655.
- Davis, M. 1994. Short-term competence in larvae of queen conch *Strombus gigas*: shifts in behavior, morphology, and metamorphic response. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 104:101-108.
- Davis, M. and R.C. Hesse. 1983. Third world level conch mariculture in the Turks and Caicos Island. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 35:73-82.

**Proceedings of the 52nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

- Davis, M. and 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., R.C. Hesse, and G. Hodgkins. 1987. Commercial hatchery produced queen conch, *Strombus gigas*, seed for the research and grow-out market. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* **38**:326-335.
- 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.
- Domínguez, T.O., 1993. Alimentación de larvas de Caracol Rosa (*Strombus gigas*), con dos especies de microalgas (*Tetraselmis suecica* e *Isochrysis* aff. *galbana*). Tesis para obtener el grado de Ingeniero Pesquero en Acuicultura. ITMAR, Boca del Río, Veracruz, México, 97 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.
- Heyman, W.D., R.A. Dobbertein, L.A. Urry, and A.M. Heyman. 1989. Pilot hatchery for the queen conch, *Strombus gigas*, shows potential for inexpensive and appropriate technology for larval aquaculture in the Bahamas. *Aquaculture* **77**:277-285.
- Laughlin, R.A., and E. Weil. 1983. Queen conch mariculture and restoration in the Archipelago de Los Roques: preliminary results. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* **35**:64-72.
- Lucas, A., 1990. Feeding and digestion in bivalve larvae. Pages 173-190 in: Morton B. (ed.), Proc of Memorial Symposium in honor of Sir Charles Maurice Yonge. Hong Kong.
- Pillsbury, K.S., 1985. The relative food value and biochemical composition of five phytoplankton diets for queen conch *Strombus gigas* (Linné) larvae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **90**:221-231.
- Pechenik, J. A., L.S. Eyster, J. Widdows, and B.L. Bayne. 1990. The influence of food concentration and temperature on growth and morphological differentiation of blue mussel *Mytilus edulis* L. larvae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **136**:47-46.
- Scheltema, R.S. 1967. The relationship of temperature to the larval development of *Nassarius obsoletus* (gastropoda). *Biol. Bull.* **129**:340-354.
- Siddall, S. E., 1981. Larviculture. Pages 13-23 in: J.C. Berg, Jr. (ed.). Proceedings of the first Queen Conch Fishery and Mariculture Meeting, The Wallace Groves aquaculture Foundation, Freeport, Bahamas.
- Weil, E., Laughlin, R. A., 1994. Laboratory culture of *Strombus gigas* L. in

the Dos Mosquises Marine Station, Los Roques National Park, Venezuela: Final results. Pages 275-294 in: R.S. Appeldoorn and B. Rodríguez (eds.). *Strombus gigas* Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.