

Un Recorrido por el Cultivo del Caracol Rosado *Strombus gigas*

A Record of the Cultivation of Pink Conch *Strombus gigas*

Un Dossier de la Culture de la Lambi *Strombus gigas*

NANCY BRITO-MANZANO^{1*} y DALILA ALDANA-ARANDA²

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Km 25 carretera Villahermosa-Teapa, R/a La Huasteca 2ª. Sección, Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86280. *nancybrito@gmail.com.

²CINVESTAV IPN Unidad Mérida, Km 6 Antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, México. C.P. 97310.

RESUMEN

Las investigaciones sobre el caracol rosa, *Strombus gigas* han seguido la evolución de los volúmenes de captura de esta pesquería. Los primeros trabajos se relacionaron con la biología general de la especie (Randall 1964, D'Asaro 1965), posteriormente se dirigieron a la evaluación pesquera (Brownell 1977, Brownell et al. 1977, Barnett 1980, Ballantine and Appeldoorn 1983). Posteriormente, ante los efectos de la sobre pesca, iniciaron los estudios para su cultivo a partir de masas de huevos colectadas en el medio natural y acciones dirigidas a la recuperación de poblaciones sobre-explotadas. Sin embargo el desarrollo de las técnicas para su cultivo, ha sido solamente exitoso para algunas fases de su ciclo de vida. Otras alternativas citadas en la literatura para recuperar las poblaciones sobre explotadas de *S. gigas* han sido los trabajos de rehabilitación de la especie en áreas marinas protegidas. A partir del 2000, se incursiona en el desarrollo de técnicas orientadas a la producción de juveniles en laboratorio con dietas formuladas o su engorde en encierros. En este trabajo se analiza en paralelo la situación pesquera y la contribución científica de esa época, analizando la sincronía o no entre producción pesquera, acuícola e investigación. Se resume además el conocimiento biológico y ecológico que se tiene de la especie para sus diferentes etapas de vida como la clave para domesticar una especie. Se analizan las fases críticas de la especie. Se detectan los cuellos de botella a resolver para su cultivo, se plantean los logros, se discute y analiza las razones de cambios en la investigación de esta especie y el panorama para el cultivo a futuro de esta especie.

PALABRAS CLAVE: *Strombus gigas*, cultivo, historia

INTRODUCCIÓN

El caracol *Strombus gigas*, llamado comúnmente caracol reina, caracol rosa, caracol de pala, botuto, en los países del Caribe, ha tenido una importancia relevante desde épocas prehispanicas, tanto por su valor comercial como cultural. Los hallazgos realizados en las costas Caribe de Colombia y de los países vecinos (insulares o continentales) permiten comprobar que el recurso era usado intensamente por las poblaciones nativas, bien como alimento o como parte importante de su acervo cultural y mitológico. El caracol *S. gigas* es uno de los gasterópodos de interés tanto artesanal como comercial en varios países del Caribe. En 1994, Appeldoorn reporta que el volumen total de captura estimado en esta zona fue de 4000 toneladas, equivalente a 40 millones de dólares. Sin embargo, el comercio internacional está encaminado a satisfacer la demanda de carne y en menor medida existen mercados para sus conchas y perlas naturales. En muchas islas, a pesar de que la especie habita aguas profundas, se está accediendo a éstas, con el fin de poder seguir con su acelerado comercio. La conjugación de la pesquería excesiva y la alteración de los hábitats son las dos causas que pueden estar atentando contra la estabilidad de las poblaciones.

De tal forma que el inadecuado manejo de las poblaciones, la falta de normas sobre las condiciones de acceso a los recursos y la presión económica que sobre éstos se ejerce, dado el carácter de mercado internacional que tienen sus partes y productos, han originado estados de sobre explotación y tienen a algunas poblaciones en franco proceso de extinción. Estas situaciones determinaron que en junio de 1991 y 1992, las poblaciones de *S. gigas* fueran consideradas en peligro y que el Programa de las Naciones Unidas, a través del Convenio de Cartagena (Protocolo Especial para Áreas Protegidas y Vida Silvestre - SPAW), y la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES -, lo incluyeran en los apéndices III y II de las respectivas Convenciones, lo que en la práctica significó que las pesquerías entraran a ser reguladas (Creswell 1994, Stoner and Davis 1997). Ante la problemática de encontrar poblaciones casi extintas, el conocimiento científico, se ha centrado en restablecer las poblaciones naturales afectadas, lo cual ha generado el desarrollo de laboratorios de producción de este gasterópodo (Iversen and Jory 1997).

Las investigaciones sobre éste recurso, han seguido la evolución de los volúmenes de captura. Los primeros trabajos se relacionaron con la biología general de la especie (Randall 1964; D'Asaro 1965), posteriormente se dirigieron a la evaluación pesquera (Brownell 1977, Brownell et al. 1977, Barnett 1980, Ballantine and Appeldoorn 1983). Ante los efectos de la sobre pesca, iniciaron los estudios para su cultivo a partir de masas de huevos colectadas en el medio natural, así como acciones dirigidas a la recuperación de poblaciones sobre-explotadas. A partir del 2000, se incursiona en el desarrollo de técnicas orientadas a la producción de juveniles en laboratorio con dietas formuladas o su engorde en encierros.

SISTEMAS DE CULTIVO EMPLEADOS

Los cultivos larvarios a nivel experimental, han sido realizados principalmente en siete sistemas de cultivo:

- i) Estático a pequeña escala sin aireación,
- ii) Estático a pequeña escala con aireación,
- iii) Estático a mediana escala (500 litros) sin aireación,
- iv) Estático a mediana escala (500 litros) con aireación,
- v) Estático a gran escala (1 000 litros) con aireación,
- vi) Con flujo continuo de agua, a pequeña escala (10 litros) sin aireación
- vii) Con flujo continuo de agua, a gran escala (1 000 litros) con aireación.

CUÁL ES EL MEJOR SISTEMA DE CULTIVO

Para realizar el análisis sobre los sistemas de cultivo empleados y definir cuál es el mejor, nos basamos en los resultados encontrados en términos del tiempo que tardan las larvas en sufrir la metamorfosis, ya que es la variable en donde más resultados hay reportados.

En este sentido de los diferentes sistemas empleados para cultivar larvas de *S. gigas* en condiciones experimentales, los mejores son los estáticos a gran escala con aireación, fabricados con fibra de vidrio y los sistemas fabricados con fibra de vidrio a pequeña y gran escala que emplean un flujo continuo de agua, en virtud de que los resultados demuestran que en éstos tipos de sistemas, las larvas alcanzan la metamorfosis en menor tiempo que en los demás sistemas.

En el primer sistema (estático a gran escala con aireación, fabricado con fibra de vidrio), la metamorfosis es alcanzada entre los 12 y los 23 días de cultivo. En los otros sistemas (sistemas fabricados con fibra de vidrio a pequeña y gran escala que emplean un flujo continuo de agua), las larvas sufren la metamorfosis entre los 15 y los 21 días de cultivo.

TEMPERATURA

En la Tabla 1 se observa que se ha trabajado con 20 diferentes temperaturas para realizar los cultivos (D'Asaro 1965, Brownell 1977, Brownell et al. 1977, Siddall 1981, Hensen 1983, Laughlin y Weil 1983, Davis y Hesse 1983, Corral y Ogawa 1985, Buitrago 1985, Pillsbury 1985, Aldana Aranda y Torrentera Blanco 1987, Davis et al. 1987, Heyman et al. 1989, Boidron-Metairon 1992, Davis et al. 1993, Domínguez Tec 1993, García Santaella y Aldana Aranda 1994, Aldana Aranda et al. 1994, Baqueiro Cárdenas 1994, Davis 1994a, Davis y Stoner 1994, Weil y Laughlin 1994, Aldana Aranda et al. 1997, Aldana Aranda y Patiño 1998, Glazer y Quintero 1998, Góngora et al. 1998, Davis 2000). Como se aprecia en la tabla, las temperaturas empleadas para realizar los cultivos larvarios de *S. gigas*, a nivel experimental van de 20 a 32°C.

Al realizar un análisis de los resultados encontrados por los diferentes autores, se agruparon dichas temperatu-

ras en seis rangos, para poder hacer comparaciones, las cuales son presentadas en la Figura 1. En la figura se puede observar que los rangos comprenden un intervalo de un grado centígrado.

En la gráfica se observa que los rangos de temperatura más empleados fueron los de 27 a 28°C (34%) y el de 29 a 30°C (38%). Los rangos de 23 a 24, 25 a 26 y 31 a 32°C, han sido utilizados en el mismo porcentaje (8%), mientras que el rango comprendido de 20 a 22°C, solamente ha sido empleado en un 2%.

En el rango de temperatura de 23 a 24°C, las larvas tardan más tiempo en alcanzar la metamorfosis (36 días), mientras que en los rangos de temperatura más empleados (27 a 28 y de 29 a 30°C), las larvas tardan entre 24 y 32 días en alcanzar la metamorfosis. En el rango de 25 a 26°C, es en donde las larvas tardan menos tiempo en lograr la metamorfosis, ya que en éste rango tardan 22 días.

Las mayores tallas a la metamorfosis, son alcanzadas en los rangos de 23 a 24°C (2.10 mm) y de 29 a 30°C (1.3 mm). La menor talla es alcanzada por las larvas cultivadas en rangos de temperatura de 20 a 22°C, en los cuales miden 1.0 mm de longitud sifonal.

INFORMACIÓN QUE EMPLEAN LOS AUTORES PARA DEFINIR METAMORFOSIS

A continuación se enlistan los términos que emplean los autores para definir la metamorfosis, cabe resaltar que solamente son presentados aquellos autores que dentro de su trabajo definen qué es para ellos la metamorfosis.

D'Asaro, 1965 — desarrollo de la masa bucal, total migración de los ojos, tentáculos oculares de la misma longitud y pigmentación verde oscura del pie.

Brownell, 1977 — Desarrollo de la probóscis, total migración de los ojos y desaparición de los lóbulos del velum.

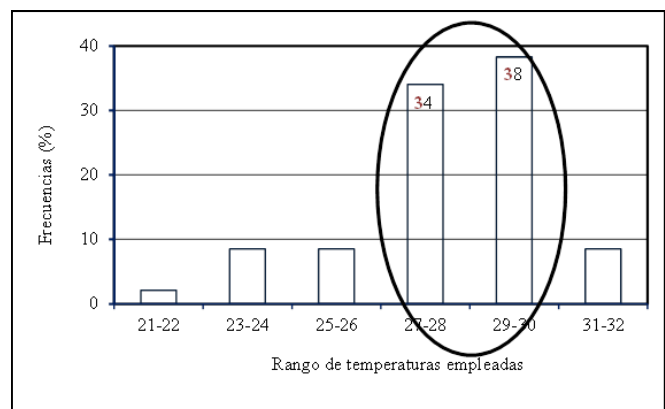


Figura 1. Porcentaje de frecuencias de los rangos de temperatura empleados para realizar los cultivos larvarios de *S. gigas*.

Tabla 1. Investigaciones realizadas bajo condiciones experimentales con larvas de *Strombus gigas*.

Densidad (larva/litro)	T°C	Alimento	[células10 ³ /ml]	Crecimiento (µm/día)	Metamorfosis (mm)	Metamorfosis (días)	Mortalidad (%)	Autor
10 a 100	24 a 27	1	20	-----	-----	60	-----	a
1	26.5	2	-----	-----	-----	-----	-----	b
10	24 a 30	3	100	82	2.2	28-33	-----	c
10	24 a 30	3	100	-----	-----	27-35	-----	d
-----	-----	4,5,6,7	10 000	-----	1.2	22-24	-----	e
100	-----	8,9,10	-----	50	14	0.9	-----	f
38 a 3 100	28 ± 1	8,9,10,11	100 a 250	-----	1.9	28	-----	g
100	-----	8,9,10	1700	-----	-----	15	-----	h
100	-----	8,9,10	-----	53	1.8	12-22	-----	i
3 500	27 ± 1	8,10,11	-----	-----	1.9	33	-----	j
150 a 500	26 a 29	3	5 a 30	-----	-----	18-21	-----	k
250 a 300	29	10,11,12,13	-----	-----	1.9	14-35	-----	l
-----	-----	10,11,12	1 a 30	-----	2.0	20-25	-----	m
8 a 10	23 a 31	8,10	0.1-10	-----	-----	19-30	-----	n
5	27 a 29	10	-----	-----	-----	-----	-----	o
-----	26 ± 1	10,11,14,15,16	-----	13-93	1.2	-----	4-13	p
200	28	8,17	0.4-3.2	40	1.0	-----	-----	q
100 a 150	25 a 31	18,19,20	-----	-----	1.1	21-40	-----	r
500 a 670	28 a 30	17	7-40	24	0.93	-----	41 ± 9	s
20 a 30	-----	18,21	8.5-15	-----	1.1	21-40	40	t
20 a 30	-----	18,20,21	-----	-----	1.2	21 ± 2	-----	u
25	27	3,10	-----	-----	1.3	27 ± 2	-----	v
100 a 200	27 a 30	18,19,20	3 000 a 7 000	39	1.2	21	-----	w
60	29 ± 1	18,22	0.12 x 10 ³	5-13	0.73	-----	48-79	x
275	29 ± 1	9,18,22	0.138 a 11 000	25-37	0.8	-----	18-75	y
100	29 ± 1	22	6.8 x 10 ³	-----	-----	-----	-----	z
200 a 300	28 a 32	8,9,10	0.1-1.5	100	-----	-----	75-80	aa
100 a 200	28 a 30	18,21	8.8 x 10 ⁶ -5.3 x 10 ⁷	-----	1.3	18-23	-----	ab
20 a 60	-----	18,21	20	-----	1.2	21	-----	ac
20	27 a 30	18,21	-----	-----	-----	18-21	-----	ad
400	26 a 29	3	5-25	-----	-----	18-30	-----	ae
200	28 ± 1	8	5-20	97.7-310.8	0.96-1.04	24	-----	af
100	29 ± 1	9,23	-----	-----	-----	-----	-----	ag
0.5 a 20	28 a 30	18,21	8.8 x 10 ⁶ -5.3 x 10 ⁷	-----	-----	-----	-----	ah
100	29 ± 1	8,9,11,17,19,22,23	-----	-----	-----	-----	-----	ai
40 a 200	28 a 29	18,21	0.5 - 7.5	-----	-----	24	-----	aj
12 a 125	20 a 32	18,21	5-10	26-31	1.0	24-26	10	ak
-----	28 a 30	10,18,21	0.5-2	-----	-----	-----	-----	al

Donde:

a. D'Asaro, 1965
b. Berg, 1976
c. Brownell, 1977
d. Brownell et al. 1977
e. Barnett, 1980
f. Ballantine, 1981
g. Sidall, 1981
h. Ballantine y Appeldoorn, 1982
i. Ballantine y Appeldoorn, 1983
j. Hensen, 1983
k. Laughlin y Weil, 1983
l. Davis y Hesse, 1983
m. Sidall, 1983
n. Corral y Ogawa, 1985
o. Buitrago, 1985
p. Pillsbury, 1985
q. Aldana Aranda y Torrentera Blanco, 1987

r. Davis *et al.* 1987
s. Heyman *et al.* 1989
t. Ray y Davis, 1989
u. Davis *et al.* 1990
v. Boidron-Metairon, 1992
w. Davis *et al.* 1993
x. Domínguez Tec, 1993
y. García Santaella y Aldana Aranda, 1994
z. Aldana Aranda *et al.* 1994
aa. Baqueiro Cárdenas, 1994
ab. Davis, 1994a
ac. Davis, 1994b
Ad. Davis y Stoner, 1994
ae. Weil y Laughlin, 1994
af. Aldana Aranda *et al.*

1996
ag. Aldana Aranda *et al.* 1997
ah. Glazer y Quintero, 1998
ai. Aldana Aranda y Patiño, 1998
aj. Góngora *et al.* 1998
ak. Davis, 2000
al. Glazer, com. Pers.
1. *Platymonas tetraselmis*
2. *Cladophora sp.*
3. Fitoplancton natural enriquecido
4. *Platymonas sp.*
5. *Isochrysis sp.*
6. *Monochrysis sp.*
7. *Rhodomonas*
8. *Tetraselmis chuii*,
9. *Thalassiosira fluviatilis*

10. *Isochrysis* (Tahiti)
11. *Dunaliella tertiolecta*
12. *Nanocloris*
13. *T. weissflogii*
14. *P. minimum*
15. *E. huxleyi*
16. *H. pygmaea*
17. *Isochrysis aff galbana*
18. *Isochrysis* Caicos
19. *Chaetoceros sp.*
20. *Tetraselmis sp.*
21. *Chaetoceros gracilis*
22. *T. suecica*
23. *Chlamydomonas coccoides*

Ballantine y Appeldoorn 1983 — sin lóbulos del velum.

Davis et al. 1987 — desarrollo de la masa bucal, total migración de los ojos, tentáculos oculares de la misma longitud y pigmentación verde oscura del pie.

Davis et al. 1990 — total migración de los ojos, tentáculos de igual longitud, los pigmentos del pie cambian de color naranja a verde oscuro, ctenidium funcional y la masa bucal se ha desarrollado.

Davis, 1994 a, b — total migración de los ojos, tentáculos de igual longitud, los pigmentos del pie cambian de color naranja a verde oscuro, ctenidium funcional y la masa bucal se ha desarrollado.

Davis y Stoner 1994 — desaparición de los lóbulos del velum, alimentación con la probóscis, cambio en la pigmentación del pie, de naranja a verde oscuro y desplazamiento con el propodium.

Góngora et al. 1998 — total migración de los ojos, tentáculos de igual tamaño, las manchas del pie cambian de color naranja a verde oscuro, la boca se desarrolla y el opérculo del pie es visible claramente al microscopio.

Davis 2000 — total migración de los ojos, tentáculos de igual longitud, los pigmentos del pie cambian de color naranja a verde oscuro, ctenidium funcional y la masa bucal se ha desarrollado.

Brito-Manzano y Aldana-Aranda 2004 — total migración de los ojos, tentáculos de igual longitud, los pigmentos del pie cambian de color naranja a verde oscuro, ctenidium funcional, el opérculo adulto es visible al microscopio, el velum ha sido reabsorbido totalmente y el organismo se desplaza con el pie.

DENSIDAD

Las densidades larvales empleadas para cultivar a *S. gigas*, van desde 0.5 larvas/litro hasta 670 larvas/litro (Tabla 1). Con la más alta densidad larval utilizada, se reportan mortalidades entre 42% y 64%. Sin embargo, con la menor densidad empleada, no se dan resultados de mortalidad. En la Figura 2, se presentan las frecuencias de las densidades larvales empleadas para realizar los cultivos.

Como se observa en la figura, la densidad más empleada al realizar los cultivos larvarios, ha estado entre el rango de 0 a 50 larvas por litro, densidad con la cual se han realizado cerca del 40% de las investigaciones. Le siguen en porcentaje las densidades entre 51 y 100 larvas por litro y las de 151 a 200 larvas por litro con 25% y 12%, respectivamente. Sin embargo, existen densidades a las cuales no han sido realizado trabajos (301 - 350, 410 - 450 y de 501 - 550 larvas por litro).

Con relación al tiempo en que las larvas alcanzan la metamorfosis de acuerdo a la densidad larvaria empleada al realizar el cultivo, la metamorfosis es alcanzada a los 40

días de vida larvaria, empleando densidades entre 551 y 600 larvas por litro. Empleando las densidades más utilizadas, las larvas alcanzan la metamorfosis entre 23 días (51 - 100 larvas por litro) y 28 días (0 a 50 larvas litro). Empleando una densidad de 451 a 500 larvas por litro, la metamorfosis se logra en menor tiempo que con las otras densidades utilizadas, a ésta densidad la metamorfosis se lleva a cabo a los 19 días de vida larvaria.

Los resultados en términos de la talla que presentan las larvas al llevar a cabo la metamorfosis, empleando diferentes densidades larvales, en la cual se puede observar que las mayores tallas a la metamorfosis, son obtenidas en las densidades larvales más empleadas para realizar los cultivos, es decir, en el rango de 0 - 50 larvas por litro se logró una talla en longitud sifonal de 1.4 mm, en el rango de 51 - 100 larvas por litro, se registró una talla de 1.2 mm y en el rango de 151 - 200 larvas por litro se alcanzó una talla de 1.1 mm. La menor talla es alcanzada en densidades entre 251 y 300 larvas por litro, las cuales presentaron una talla de 0.8 mm.

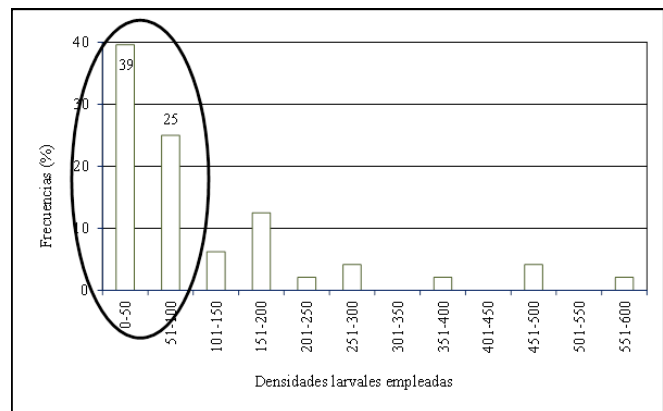


Figura 2. Porcentaje de frecuencias de los rangos de densidades empleados para realizar los cultivos larvarios de *S. gigas*.

MICROALGAS

Se ha trabajado con 23 diferentes microalgas empleadas como alimento en los cultivos larvarios (Tabla 1). Cuyas concentraciones estuvieron comprendidas entre 0.1 y 11 000 células 10^3 /mL. Las más empleadas fueron *Isochrysis* Tahití, *Isochrysis* Caicos, *Chaetoceros gracilis* y *Thalassiosira fluviatilis* las cuales representan en total cerca del 40% de las investigaciones. También con *Thalassiosira fluviatilis* han sido realizados numerosos trabajos, los cuales constituyen el 9.8% del total. Existieron 11 microalgas, con las cuales solamente se realizó el 1% de las investigaciones (Figura 3).

Con relación al tiempo en que las larvas alcanzan la metamorfosis alimentadas con las diferentes microalgas empleadas, el menor tiempo en lograr la metamorfosis, lo presentan las microalgas alimentadas con *Isochrysis* Tahití, así como también al ser alimentadas con *Isochrysis* Caicos y *Chaetoceros gracilis*, las larvas alcanzan la metamorfosis

en menor tiempo. Con la primera microalga, la metamorfosis es alcanzada en 21 días después de la eclosión y con la segunda y tercera microalgas, la metamorfosis se lleva a cabo en los días 22 y 23, respectivamente. También se puede apreciar, que al alimentar a las larvas con la microalga *Platymonas*, éstas sufren la metamorfosis hasta los 60 días (tres veces el tiempo en el que lo logran las larvas alimentadas con *Isochrysis* Tahití). De igual manera, existen microalgas, con las que no existen reportes sobre el tiempo en que se alcanza la metamorfosis.

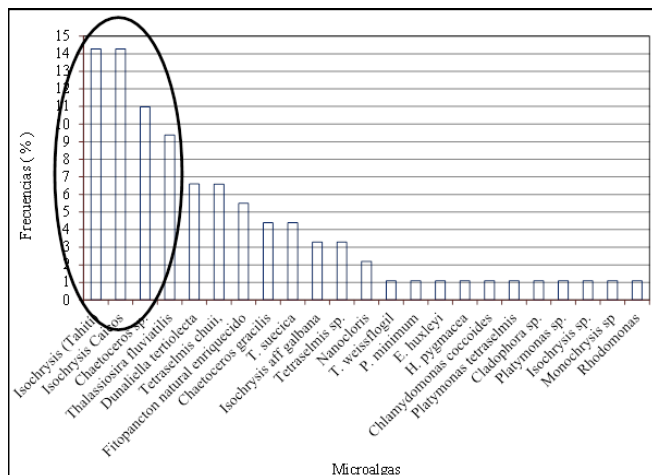


Figura 3. Porcentaje de frecuencias de diferentes microalgas empleadas como alimento para las larvas de *S. gigas*

Como resultado de evaluar los trabajos llevados a cabo en los últimos 50 años sobre los cultivos realizados con *Strombus gigas*, se concluye que:

- i) Los mejores resultados en términos de metamorfosis (tanto en tiempo en el que la alcanzan como en la talla al momento de la metamorfosis), se obtuvo con la temperatura de 28°C, sin embargo también a temperaturas de 29°C, se obtuvieron buenos resultados sobre todo en términos de los días en el que logran la metamorfosis (Figura 1).
- ii) Las densidades larvales más empleadas están comprendidas en los rangos de 0 - 50, 51 - 100 y de 151 - 200 larvas por litro, sin embargo en términos tiempo en el que las larvas alcanzan la metamorfosis como en la talla al momento de la misma, los mejores resultados se obtienen al trabajar a densidades de 51 - 100 larvas por litro (Figura 2).
- iii) Los mejores resultados en términos de sobrevivencia son encontrados al emplear densidades larvales entre 12 y 125 larvas/litro.
- iv) Los mejores resultados en términos de metamorfosis y sobrevivencia, son reportados al emplear principalmente tres microalgas: *Isochrysis* (Caicos y Tahití) y *Chaetoceros gracilis* (Figura 3).

- v) Los mejores resultados en términos de sobrevivencia, son reportados al emplear una mezcla de dos microalgas: *Isochrysis* (Caicos) y *Chaetoceros gracilis*.
- vi) Los mejores resultados en términos de metamorfosis son encontrados al utilizar concentraciones de alimento entre 500 y 1.7×10^5 células/mL.
- vii) Los mejores resultados en términos de sobrevivencia, son encontrados al utilizar concentraciones de alimento entre 5 000 a 10 000 células/mL.

Como conclusión general se puede decir, que para mejorar la biotecnología existente para el cultivo larvario de *Strombus gigas*, las condiciones óptimas son:

- i) Temperatura de $28 \pm 1^\circ\text{C}$,
- ii) Densidad de 51-100 larvas por litro,
- iii) Alimentación con *Isochrysis* (Caicos y Tahití) y *Chaetoceros gracilis*, y
- iv) Concentración del alimento de 500 a 5 000 células por mililitro

LITERATURA CITADA

- Aldana Aranda, D. et L. Torrentera Blanco. 1987. Croissance larvaire de *Strombus gigas* (Mollusque: Gasterópode) en fonction de la nourriture et de la température. *Haliotis* **16**:403-411.
- Aldana Aranda, D., V. Patiño Suárez, and T. Brulé. 1997. Nutritional potentialities of *Chlamydomonas coxcooides* and *Thalassiosira fluviatilis*, as measured by their ingestion and digestion rates by the queen conch larvae (*Strombus gigas*). *Aquaculture* **156**:9-20.
- Aldana-Aranda, D. and V. Patiño Suárez. 1998. Overview of diets used in larviculture of three Caribbean conchs: queen conch *Strombus gigas*, milk conch *Strombus costatus* and fighting conch *Strombus pugilis*. *Aquaculture* **167**:163-178.
- 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.
- Ballantine, D.L. and R.S. Appeldoorn. 1983. Queen conch culture and future prospects in Puerto Rico. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **35**:57-63.
- Barnett, P. 1980. Preliminary research a Pride Foundation report on the handling techniques used in the mariculture of *Strombus gigas* veliger larvae at Pine Cay in 1980. Foundation for Pride, Miami, Florida USA. 9 pp.
- Baqueiro Cárdenas, 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.
- Boiron-Metairon, I. 1992. A new approach to comparative studies of *Strombus gigas* larvae at the developmental and nutritional levels. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. **41**:459-467.
- Brito-Manzano, N. and D. Aldana-Aranda. 2004. Development, growth and survival of the larvae of queen conch *Strombus gigas* under laboratory conditions. *Aquaculture* **242**:479-487.
- Brownell, W.N. 1977. Reproduction, laboratory culture and growth of *Strombus gigas*, *Strombus costatus* and *Strombus pugilis* in Los Roques, Venezuela. *Bulletin of Marine Science* **27**:668-680.
- Brownell, W.N., C.J. Berg, Jr., and K.C. Haines. 1977. Fisheries and aquaculture of the conch, *Strombus gigas* in the Caribbean. *FAO Fisheries Report* **200**:59-69.

- Brownell, W.N. and J.M. Stevely. 1981. The biology, fisheries and management of the queen conch *Strombus gigas*. *Marine Fisheries Review* **43**:1 – 12.
- Corral, J.L. y J. Ogawa. 1985. Cultivo masivo de larvas de caracol *Strombus gigas* en estanques de concreto. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **38**:345-351
- Creswell, R.L. 1994. An historical overview of queen conch mariculture. Pages 223-230 in: R.S. Appeldoorn and B. Rodríguez (eds.) *Strombus gigas Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.
- D'Asaro, C.N. 1965. Organogenesis, development, and metamorphosis in the queen conch, *Strombus gigas*, with notes on breeding habits. *Bulletin of Marine Science* **15**:359-415.
- Davis, M., R.C. Hesse, and G. Hodgkins. 1987. Commercial hatchery produced queen conch, *Strombus gigas*, seed for the research and grow-out market. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **38**:326–335.
- Davis, M. 1994a. Short-term competence in larvae of queen conch *Strombus gigas*: shifts in behavior, morphology and metamorphic response. *Marine Ecology Progress Series* **104**:101-108.
- Davis, M. 1994b. Mariculture techniques for Queen Conch (*Strombus gigas* L.): egg mass to juvenile stage. Pages 231-252 in: R.S. Appeldoorn and B. Rodríguez (eds.) *Strombus gigas Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.
- Davis, M. and A.W. Stoner. 1994. Trophic cues induce metamorphosis of queen conch larvae (*Strombus gigas* Linnaeus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **180**:83-102.
- Davis, M. 2000. Queen conch (*Strombus gigas*) culture techniques for research, stock enhancement and growout markets. Pages 127-159 in: M. Fingerman and R. Nagabhushanam (eds.) *Recent Advances in Marine Biotechnology*. Science Publishers, Inc. Enfield, New Jersey USA.
- 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.
- Hensen, R.R. 1983. Queen conch management and culture in the Netherlands Antilles. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **35**:53-56.
- 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.
- Iversen, E.S. and D.E. Jory. 1997. Mariculture and enhancement of wild populations of Queen Conch (*Strombus gigas*) in the Western Atlantic. *Bulletin of Marine Science* **60**(3):929-941.
- Laughlin, R.A. and E. Weil. 1983. Queen conch mariculture and restoration in the Archipelago de Los Roques. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **35**:64-72.
- Pillsbury, K.S. 1985. The relative food value and biochemical composition of five phytoplankton diets for Queen conch *Strombus gigas* (Linné) larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **90**:221-234
- Randall, J.E. 1964. Contribution to the biology of the queen conch, *Strombus gigas*. *Bulletin of Marine science of the Gulf and Caribbean* **14**:246-295.
- Siddall, S.E. 1981. Larviculture. Pages 13-23 in: C.J. Berg, Jr. (ed.) *Proceedings of the 1st Queen conch Fisheries and Mariculture Meeting*. The Wallace Groves Aquaculture Foundation, Freeport, Bahamas.
- Stoner, A.W. and M. Davis. 1997. Abundance and distribution of Queen Conch veligers (*Strombus gigas*) in the central Bahamas I. Horizontal patterns in relation to reproductive and nursery grounds. *Journal Shellfish Research* **16**(1):7-18.
- Weil, E. and R.A. Laughlin. 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.