

Desarrollo, supervivencia y crecimiento del erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) alimentado con microalgas a dos salinidades y temperaturas diferentes

Development, survival and growth of sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) fed on microalgae at two different salinities and temperatures

Astrid Domínguez¹, Jesús Rosas², Aidé Velásquez¹, Tomas Cabrera¹ y Ernesto Mata²

¹Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente Núcleo de Nueva Esparta, Boca del Río, Estado Nueva Esparta, Venezuela

²Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente Núcleo de Nueva Esparta, Boca del Río, Estado Nueva Esparta, Venezuela
rosas@ne.udo.edu.ve

Abstract. Development, survival and growth of *Lytechinus variegatus* were evaluated until juvenile stage. Thirty two sexually mature specimens were collected in Laguna de Raya (10°89'N, 64°89'O), Venezuela. Sea urchins were induced to spawn by injection of 3 mL of potassium chloride (KCl) 0.5 M. Pluteus larvae were randomly distributed (3 ind mL⁻¹) in 24 plastic containers, containing 18 L of filtered seawater and with continuous aeration. Containers with the larvae were divided into two groups of 12 containers. One group consisting of six containers with larvae was maintained in seawater with a salinity of 30 psu and the other was kept in seawater with a salinity of 40 psu. Six containers of each salinity were maintained at variable temperature (24-28°C) and the other six at constant temperature (21-23°C). Larvae were fed with the microalgae *Chaetoceros gracilis* and *Isochrysis galbana* until they reached the eight arms stage, and additionally, with *Tetraselmis chunii* from the beginning of the premetamorphic larvae stage (20000 to 40000 cel. mL⁻¹ for each microalgae). Larval survival was determined daily from four samples of 1 mL of cultured larvae. Growth was controlled every other day, selecting five larvae per treatment. The juvenile stage was attained after 20 days of culture. The experiment was finished after 24 days of culture. During this study neither morphological differences nor growth (until the 8-arms stage) were detected in larvae between treatments. Survival showed significant differences ($P<0.05$) attaining up to 30% in a combination of *I. galbana* as food, at a water salinity of 30 psu and at constant temperature.

Key words: Growth, diet, *Lytechinus variegatus*, survival

Resumen. Se evaluó el desarrollo, la supervivencia y el crecimiento del erizo *Lytechinus variegatus* hasta el estadio juvenil. Treinta y dos ejemplares sexualmente maduros fueron recolectados en Laguna de Raya (10°89'N, 64°89'O), Venezuela. Los erizos fueron inducidos a desovar por inyección de 3 mL de cloruro de potasio (KCl) 0,5 M. Las larvas pluteus (3 ind mL⁻¹) fueron distribuidas aleatoriamente en 24 envases de plástico, conteniendo 18 L de agua de mar filtrada y con aireación continua. Los recipientes con las larvas se dividieron en dos grupos de 12 recipientes. Un grupo consistente en seis recipientes con larvas fue mantenido con agua de mar con una salinidad de 30 ups y el otro a 40 ups. Seis recipientes de cada grupo de salinidad fueron mantenidos a temperatura variable (24-28°C) y otros seis a temperatura constante (21-23°C). Las larvas fueron alimentadas con las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana* hasta el estadio de ocho brazos y adicionalmente, con *Tetraselmis chunii* a partir de la fase de larvas premetamórficas (20000 a 40000 cél. mL⁻¹ de cada microalga). La supervivencia larval fue cuantificada diariamente en base de cuatro alícuotas de 1 mL de cultivo. El crecimiento fue controlado interdiariamente, seleccionándose cinco larvas por tratamiento. La fase juvenil se alcanzó después de 20 días de cultivo. El experimento finalizó a los 24 días de cultivo. Durante este estudio no se detectaron diferencias ni morfológicas ni en el crecimiento larval (hasta el estadio de ocho brazos) entre los tratamientos. La supervivencia sí mostró diferencias significativas ($P<0,05$), alcanzando hasta un 30%, con una combinación de *I. galbana* como alimento, una salinidad del agua de mar de 30 ups y a temperatura constante.

Palabras clave: Crecimiento, dieta, *Lytechinus variegatus*, supervivencia

Introducción

El erizo verde *Lytechinus variegatus* (Lamarck) se distribuye desde los Estados Unidos de Norteamérica hasta Brasil (Hendler *et al.* 1995), vive principalmente en fondos con praderas de fanerógamas, también en fondos arenosos o fangosos. Puede encontrarse hasta 250 m de profundidad, pero es más común a 20 m. Las espinas son verdes, rojizas, moradas o blancas, con una longitud de hasta 20 mm y un diámetro entre 1 a 2 mm (Gómez 1999).

A pesar de que *L. variegatus* es una especie que no soportaría una pesquería organizada, debido a su baja abundancia (Buitrago & Lodeiros 2005), en las Islas de Margarita, Coche y Cubagua (Estado Nueva Esparta, Venezuela), se realiza su pesquería en forma artesanal para comercializarse en una presentación conocida como "Cazuela" (Gómez 2000). En Venezuela, los estudios referentes a *Lytechinus variegatus*, tratan sobre aspectos ecológicos (Zoppi 1967, Losada & Urich 1977, Rodríguez & Losada 1986) en la bahía de Mochima (Estado Sucre), y en el Estado Nueva Esparta estudios sobre aspectos biológicos (Montealegre 1999), desarrollo larval en condiciones de laboratorio (Gómez 2000, Gómez & Gómez 2005), abundancia (Gómez 2002), relación diámetro-peso y proporción cromática de *L. variegatus* (Gómez 2003), aspectos nutricionales (Buitrago *et al.* 2003), el ciclo reproductivo (Montealegre & Gómez 2005) y producción de larvas y postlarvas en condiciones de laboratorio (Buitrago & Lodeiros 2005).

Debido a la importancia comercial de *Lytechinus variegatus*, que de ocurrir una explotación intensiva se tiene el riesgo de agotar sus bancos naturales, como ha ocurrido en otros países, y debido a que es una especie de rápido crecimiento, que madura sus gónadas en corto periodo de tiempo y por la facilidad de mantenerlos vivos en cautiverio, se considera un candidato potencial como recurso cultivable y se hace necesario realizar estudios sobre su desarrollo, supervivencia y crecimiento hasta juvenil con miras a desarrollar futuras técnicas para el cultivo semicontrolado y/o la repoblación natural.

Materiales y métodos

En febrero 2003 (22,5°C y 38 ups), se recolectaron manualmente 32 organismos sexualmente maduros (55 mm de diámetro y 50 g de peso) de *L. variegatus* en Laguna de Raya (10°89'N 64°89'O), fueron trasladados

al Laboratorio de Cultivo en el Instituto de Investigaciones Científicas (IIC) (10°96'N - 64°42'W) de la Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Venezuela.

Los erizos fueron lavados individualmente con agua de mar filtrada y luego se indujo el desove inyectándoles 3 mL de cloruro de potasio (KCl) 0,5 M (Grosjean *et al.* 1998). Luego del desove, los productos sexuales fueron filtrados por separado a través de un tamiz de 120 µm. Los gametos se diferenciaron según el color. Los óvulos fueron colocados en un recipiente de vidrio de 5 L, con 3 L de agua de mar filtrada y con aireación moderada. Los espermatozoides fueron colocados en un recipiente con características similares al anterior para su activación (Eckert 1998) y posteriormente se agregaron al recipiente con óvulos para fertilizar (100:1 espermatozoides/óvulo) (Grosjean *et al.* 1998).

Después de la fecundación los huevos fueron aclimatados por 24 horas a las salinidades y temperaturas a estudiar. A las 24 horas de aclimatación se obtuvieron larvas pluteus, las cuales se distribuyeron aleatoriamente (3 mL⁻¹) en 24 envases de plástico de 20 L, con 18 L de agua de mar filtrada y aireación continua, divididos en dos grupos de doce recipientes, uno mantenido con agua de mar a 30 ups y el otro a 40 ups. Dentro de cada grupo, seis recipientes con larvas fueron mantenidos a temperatura variable (24-28°C) y seis a temperatura constante (21-23°C). La temperatura constante fue la del laboratorio de cultivo, la cual se mantuvo mediante un aparato acondicionador de aire, mientras que la variable fue la del exterior, la cual fluctuó durante el día con un mínimo de 24°C (mañana y noche) y un máximo de 28°C (mediodía). Los criterios empleados para las combinaciones de temperatura y salinidad fueron: primero, la semejanza con las condiciones del sitio de recolecta de los erizos adultos (25,5°C y 38 ups) y segundo, la disminución de la carga bacteriana presente en los cultivos de larvas que fueron menores a temperatura constante y 30 ups.

Las larvas fueron alimentadas con *C. gracilis* e *I. galbana* (20000 a 40000 cél. mL⁻¹) (Young & George 2000), incrementándose la concentración un 5% a medida que las larvas crecieron (Bustos & Olave 2001) y cuando las larvas eran premetamórficas (Carpizo Ituarte *et al.* 2002). Adicionalmente se suministró *Tetraselmis chuii* (20000 cél. mL⁻¹) debido a su mayor tamaño (10-15 µm) y volumen celular (Velásquez *et al.* 2001) y, a que *T. chuii*, aunque es flagelada tiende a

irse al fondo del recipiente de cultivo lo cual aseguró alimentación a las larvas que estaban en fase de fijación. Se realizaron tres réplicas con *C. gracilis* y tres con *I. galbana* para cada condición de salinidad (30, 40 ups) y temperatura (constante y variable). Diariamente, en todos los recipientes de cultivo se cambió el 75% del volumen total de agua y la materia orgánica depositada en el fondo fue removida. Semanalmente las larvas fueron trasvasiadas a un nuevo recipiente hasta el inicio de la fase premetamórfica.

Para estimar la supervivencia, diariamente se tomaron cuatro alícuotas de 1 mL, de cada réplica de cultivo, cuantificándose las larvas vivas con ayuda de una cámara Bogorov y lupa estereoscópica a 50 X de aumento. Los datos de cada estadio se tomaron en base a un 100%. El crecimiento larval se determinó midiendo la longitud del ápice (μm) al extremo opuesto donde comienza el cuerpo (longitud del cuerpo) de cinco larvas fijadas con formalina al 5% (Eckert 1998).

Las diferencias entre los valores de supervivencia y crecimiento en los diferentes tratamientos se establecieron con un análisis de varianza de factores múltiples (Sokal & Rohlf 1981).

Resultados

Estadio pluteus de dos brazos

Transcurridas 24 horas desde la fecundación se observaron dos brazos, el esqueleto y el estómago. Todas las larvas presentaron coloración marrón claro.

Las larvas cultivadas a 30 y 40 ups, presentaron las mismas características morfológicas, sin diferencias significativas ($P < 0,05$) en el crecimiento en ninguno de los tratamientos.

La supervivencia a 40 ups fue de 50% en las larvas alimentadas con *Isochrysis galbana* y de 27% con *Chaetoceros gracilis*, mostrando diferencias significativas ($F=1,87$; $P < 0,05$), sin embargo, las larvas cultivadas a 30 ups no mostraron diferencias significativas.

Estadio pluteus de cuatro brazos

Al cuarto día después de la fecundación, se observó el desarrollo de un nuevo par de brazos anterolaterales y todas las larvas presentaron coloración rojiza. El crecimiento no presentó diferencias entre los

tratamientos y la supervivencia sólo presentó diferencias ($F=2,42$; $P < 0,05$) a temperatura constante y 30 ups (40% con *C. gracilis* y 23% con *I. galbana*).

Estadio pluteus de seis brazos

Al quinto día después de la fecundación, algunas larvas mantuvieron cuatro brazos posterolaterales a 30 ups y eran casi transparentes a temperatura constante con *C. gracilis*; sin embargo, con *I. galbana* a 40 ups presentaron seis brazos y coloración marrón. A temperatura variable, con *C. gracilis* e *I. galbana* a 30 y 40 ups respectivamente, las larvas tomaron forma cónica, con formación del nuevo par de brazos posterolaterales. El crecimiento no presentó diferencias en ninguno de los tratamientos.

La supervivencia presentó diferencias ($F=2,42$; $P < 0,05$) a temperatura constante solo a 30 ups y a temperatura variable ($F=0,83$; $P < 0,05$) solo a 40 ups, en ambos casos con *I. galbana*.

Estadio de ocho brazos

El séptimo día después de la fecundación, las larvas desarrollaron los ocho brazos, a temperatura constante, mientras que a temperatura variable los ocho brazos aparecieron el noveno día (Tabla 1), a temperatura constante se observó que las larvas alimentadas con *Ch. gracilis* eran casi transparentes mientras que las alimentadas con *I. galbana* eran de color rojo y verde.

El crecimiento promedio a 40 ups y temperatura constante fue de $228 \pm 0,04 \mu\text{m}$ con *C. gracilis*, presentando diferencias ($F=1,74$; $P < 0,05$), mientras que a 30 ups y temperatura constante no hubo diferencias significativas.

La supervivencia a 30 ups y temperatura constante fue de 44% con *I. galbana* produciendo diferencias ($F=1,89$; $P < 0,05$) mientras que a temperatura variable fue 23% con *C. gracilis* mostrando también diferencias ($F=2,42$; $P < 0,05$).

El día 10, a temperatura constante, todas las larvas presentaron esbozo de los pedicelarios en la base del ápice del cuerpo. Tanto el crecimiento ($F=4,79$; $P < 0,05$) con *I. galbana* ($399 \pm 0,05 \mu\text{m}$) como la supervivencia (28% para *I. galbana* y un 10% para *C. gracilis*) presentaron diferencias significativas solo a 30 ups.

Tabla 1

Estadios de *Lytechinus variegatus* alimentadas con *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana* en todos los tratamientosStages of *Lytechinus variegatus* fed on *Chaetoceros gracilis* and *Isochrysis galbana* at all treatments

Temperatura variable (24 - 28°C)					
Dieta	Salinidad (40 ups)		Dieta	Salinidad (30 ups)	
	Estadio	Día		Estadio	Día
<i>C. gracilis</i>	2 brazos	1	<i>C. gracilis</i>	2 brazos	1
	4 brazos	4		4 brazos	4
	6 brazos	5		6 brazos	5
	8 brazos	9		8 brazos	9
	Premetamorfosis	12		Premetamorfosis	12
	Metamorfosis	20		Metamorfosis	20
<i>I. galbana</i>	2 brazos	1	<i>I. galbana</i>	2 brazos	1
	4 brazos	4		4 brazos	4
	6 brazos	5		6 brazos	5
	8 brazos	9		8 brazos	9
	Premetamorfosis	12		Premetamorfosis	12
	Metamorfosis	20		Metamorfosis	20
Temperatura constante (21 - 23°C)					
Dieta	Salinidad (40 ups)		Dieta	Salinidad (30 ups)	
	Estadio	Día		Estadio	Día
<i>C. gracilis</i>	2 brazos	1	<i>C. gracilis</i>	2 brazos	1
	4 brazos	4		4 brazos	4
	6 brazos	5		6 brazos	6
	8 brazos	7		8 brazos	7
	Premetamorfosis	12		Premetamorfosis	12
	Metamorfosis	20		Metamorfosis	20
<i>I. galbana</i>	2 brazos	1	<i>I. galbana</i>	2 brazos	1
	4 brazos	4		4 brazos	4
	6 brazos	5		6 brazos	6
	8 brazos	7		8 brazos	7
	Premetamorfosis	12		Premetamorfosis	12
	Metamorfosis	20		Metamorfosis	20

A temperatura variable los pedicelarios se formaron en la base del cuerpo, produciéndose una expansión en la zona inferior que dio forma globosa a las larvas alimentadas con *C. gracilis* a 40 ups; por otro lado, a

30 ups con *C. gracilis* no hubo desarrollo uniforme de los brazos. La supervivencia presentó diferencias ($F=1,89$; $P<0,05$) solo a 30 ups (44% con *I. galbana* y 24% con *C. gracilis*).

Estado premetamórfico

Tanto a temperatura constante como variable, las larvas alcanzaron el estadio premetamórfico en 12 días, con *I. galbana* manteniendo su pigmentación roja y verde en los extremos de los brazos. En ninguno de los tratamientos hubo diferencias en el crecimiento.

El día 14 apareció el esbozo de los pedicelarios en la base del ápice y los extremos de los brazos eran rojo intenso con *C. gracilis* a 40 ups a temperatura variable, en cambio con *I. galbana*, a la misma salinidad, la coloración en los extremos de los brazos fue marrón, el cuerpo amorfo con pies ambulacrales y se formaron placas calcáreas. El crecimiento presentó diferencias ($F=1,74$; $P<0,05$) solo a 40 ups, con *I. galbana* ($304 \pm 0,07 \mu\text{m}$).

La supervivencia (15% con *C. gracilis* y 30% con *I. galbana*) a temperatura constante mostró diferencias ($F=2,42$; $P<0,05$) solo a 30 ups mientras que a temperatura variable, hubo diferencias ($F=0,83$; $P<0,05$) en la supervivencia solo a 40 ups con *C. gracilis*.

Metamorfosis larval

El día 16, a temperatura constante, las larvas alimentadas con *C. gracilis* e *I. galbana* a 30 ups fueron casi transparentes mientras que a 40 ups el cuerpo fue amorfo, rojo y verde, iniciándose la metamorfosis. A ambas salinidades se observaron pedicelarios y formación de la boca.

A temperatura variable también se inició la metamorfosis con *C. gracilis* a 30 y 40 ups, presentando las larvas coloración rojo oscuro, boca y pies ambulacrales; las larvas alimentadas con *I. galbana* eran verdosas. A partir de este instante, se suministró adicionalmente *Tetraselmis chuii* (20000 cél. mL^{-1}) en los dos tratamientos de temperatura.

A partir del día 20, a ambas temperaturas, se detectaron los primeros juveniles con testa dura y rodeados de espinas calcáreas de color blanco, se observó la linterna de Aristóteles, pedicelarios con movimientos vigorosos, la boca y el ano. El crecimiento fue mayor ($494 \pm 0,05 \mu\text{m}$) con *I. galbana* a 30 ups.

Para el día 21, a temperatura constante, la supervivencia mostró diferencias ($F=1,87$; $P<0,05$) a

40 ups (58% con *C. gracilis* y 17% con *I. galbana*). A temperatura variable, para el día 23 solo hubo diferencias ($F=1,89$; $P<0,05$) en la supervivencia con *I. galbana* a 30 ups.

Discusión

Estadio pluteus de dos brazos

La coloración en este estadio es proporcional a la pigmentación del alimento ingerido (Gómez 2001), presentando además movimientos rotatorios, lo cual también fue observado durante el desarrollo de este experimento. Adicionalmente, presentaron similitud morfológica en su coloración y forma triangular con las larvas de *Echinometra lucunter* (Astudillo 2003) y *Arbacia punctulata* (García 2003).

El crecimiento a 30 ups y temperatura constante, con *I. galbana* fue superior al indicado por Gómez (2001) para larvas de la misma especie ($182 \pm 1 \mu\text{m}$) alimentadas con *T. chuii* e *I. galbana*, por Astudillo (2003) para *E. lucunter* ($182,4 \pm 14,06 \mu\text{m}$) con *I. galbana* y por García (2003) para *A. punctulata* (de 152 a 266 μm), alimentadas con *C. gracilis*, *C. calcitrans*, *I. galbana*, *Nannochloropsis oculata* y *T. chuii*.

La supervivencia de larvas alimentadas con *I. galbana* a 40 ups y temperatura constante (50%) fue similar a la indicada por García (2003) para *A. punctulata* con *I. galbana* (58,53%) y *C. gracilis* (55%) a 40 ups; el contenido nutricional de las microalgas varía dependiendo del medio de cultivo, además de que cada especie de erizo posee su propio requerimiento nutricional, lo cual repercute en su supervivencia (Brown 1991, Silva 1999).

Estadio pluteus de cuatro brazos

La pigmentación rojiza a lo largo del cuerpo de las larvas a ambas temperaturas, también ha sido señalada por Eckert (1998) en *Diadema antillarum* y por Gómez (2001) en *L. variegatus*. La calidad del alimento que resalta la pigmentación en animales que lo ingieren, directa o indirectamente puede ser un reflejo del alto contenido de β caroteno presente en este y por consiguiente, de su valor nutricional (Jong-Westman *et al.* 1995).

La supervivencia (40%) con *C. gracilis* a 30 ups y temperatura constante indicó que fueron las mejores condiciones de cultivo en este estadio. Al respecto,

Rodríguez (2000) señala que *C. gracilis* es la diatomea con mejor tamaño y adaptabilidad a las condiciones de cultivo de organismos marinos de significado económico. Bustos *et al.* (2001) detectaron una supervivencia del 46% en las larvas de *Loxechinus albus*, alimentadas con *C. gracilis*.

Estadio pluteus de seis brazos

El desarrollo de los seis brazos en *L. variegatus* presentó semejanza en la morfología y el tiempo de aparición (5 días) con *A. punctulata* a un rango de temperatura de 27,5 a 30,8°C (García 2003), mientras que la aparición de estos brazos en *E. lucunter* ocurrió a los 6 días a una temperatura de $28 \pm 1^\circ\text{C}$ (Astudillo 2003). Sin embargo, en este estudio a 30 ups, con *C. gracilis* y a temperatura constante, las larvas carecían de brazos posterolaterales y mostraron poca pigmentación, probablemente debido al requerimiento de cierto tipo de ácido graso, vitamina o proteína, así como de una mayor concentración de células fitoplanctónicas, que cubra estos requerimientos (Metaxas & Young 1998a). Además, el factor de salinidad pudo haber influenciado en el desarrollo de algunas estructuras; al respecto, Roller & Stickle (1993) indican que el desarrollo de muchos de los invertebrados marinos está influenciado por las variaciones de la salinidad debido, entre otras cosas, al gasto energético por la actividad osmótica con la finalidad de mantener el equilibrio entre el organismo y el medio. Sin embargo, es importante señalar que durante este estudio no se determinaron tasas de alimentación.

Estadio de ocho brazos

La aparición de los ocho brazos posterodorsales en las larvas ocurrió primero a temperatura constante. Al respecto, Roller & Stickle (1993) demostraron que la temperatura usada en el cultivo de *L. variegatus* (18-23°C) tuvo incidencia en el desarrollo de las larvas. Además, este estadio presentó cierta similitud cronológica con las larvas de *E. lucunter* (Astudillo 2003) e igualmente, a la formación de pedicelarios y a la forma globosa del cuerpo de las larvas de *Arbacia punctulata* al inicio del estado premetamórfico (García 2003).

Las larvas alimentadas con *C. gracilis* a 40 ups y temperatura constante fueron de mayor tamaño que aquellas alimentadas con *I. galbana*, lo que indicó la calidad nutricional de *C. gracilis* para este estadio

(Beddingfield & McClintock 1998). Otra consideración importante fue que la salinidad a 40 ups estuvo muy cercana a la de la zona de muestreo (38 ups). El mayor valor promedio de crecimiento ($399 \pm 0,05 \mu\text{m}$) a 30 ups y temperatura constante se obtuvo con *I. galbana* lo que se atribuye a la reabsorción de los brazos, produciéndose un aumento en el volumen del cuerpo de la larva (Gómez 2001).

Los mejores valores de supervivencia se produjeron a 30 ups con *I. galbana* para ambas temperaturas estudiadas, coincidiendo con Metaxas & Young (1998b) quienes demostraron que salinidades de 24 a 33 ups favorecieron la supervivencia en larvas de *E. lucunter* y de *A. punctulata*. Roller & Stickle (1993) afirman que la salinidad es un factor que puede influir en la supervivencia de *L. variegatus* por ser un periodo crítico en la vida de las larvas, el cual es afectado por los gradientes de salinidad.

Estado premetamórfico

Las larvas premetamórficas aparecieron 12 días después de la fertilización, coincidiendo con Gómez (2001) y Buitrago & Lodeiros (2005) en cultivos de *L. variegatus*. Okasaki (1975) afirma que entre los cambios externos que sufren algunas especies de equinodermos, está la reabsorción de los brazos, con lo cual, se inicia el cambio a juvenil. En erizos de mar se ha referido por Fuentes & Barros (2000) en *Tetrapygus niger*, Young & George (2000) en *Aspidodiadema jacobyi*, Gómez (2001) en *L. variegatus*, Astudillo (2003) en *E. lucunter* y García (2003) en *A. punctulata*.

La diferencia de tamaño entre las larvas premetamórficas alimentadas con *I. galbana* y *C. gracilis* a 30 ups durante este estudio se debió principalmente a la calidad nutricional de las microalgas, el tamaño de las células, así como a la etapa de desarrollo del erizo, factores que son determinantes para el éxito de una larvicultura específica (Flores 1995). Bustos *et al.* (2001) afirman que el tamaño que pueden alcanzar las larvas en los estadios terminales de su desarrollo es independiente de la temperatura del cultivo, lo cual fue comprobado en esta investigación ya que en este estadio no se detectaron diferencias estadísticas en el crecimiento de las larvas entre las temperaturas empleadas.

En este estudio, la supervivencia (30%) de las larvas premetamórficas con *I. galbana*, fue mayor a la obtenida por García (2003) con *I. galbana* a 30 ups

(21,66%) con *A. punctulata* y Astudillo (2003) para *E. lucunter* ($0,50 \pm 0,10\%$). La diferencia en la supervivencia entre las larvas alimentadas con *C. gracilis* a ambas salinidades (30 y 40 ups), también fue observada por Roller & Stickle (1993), quienes refieren una mejor supervivencia en larvas de *L. variegatus* cultivadas a 30 y 35 ups.

Metamorfosis larval

Las larvas que iniciaron su fijación en las paredes y fondo de los envases carecían de simetría, eran de coloración rojo intenso, con pedicelarios o pies ambulacrales, mostrando similitud con *A. punctulata* en cuanto a la pigmentación marcada a lo largo de todo el cuerpo (García 2003).

En relación al crecimiento, con *I. galbana* a 30 ups y temperatura constante presentaron el mayor tamaño, aunque no se determinó diferencias entre los tratamientos. Sheperd & Bromage (1998) afirman que el crecimiento fue influenciado por la calidad de la dieta suministrada, en términos del balance nutritivo y contenido energético requerido por las larvas en esta fase de desarrollo.

La supervivencia a 30 ups con *C. gracilis* (42%) fue similar a la referida por Astudillo (2003) en larvas de *E. lucunter* con *C. gracilis* a 40 ups, pero menor a la obtenida por Buitrago & Lodeiros (2005) con la misma especie (70%), lo cual demostró que la supervivencia de esta especie pueden variar dependiendo de la calidad de agua, tipo y calidad de alimento, resistencia de las larvas y a los parámetros intrínsecos del sistema de cultivo.

El tiempo de aparición de los primeros juveniles (día 20) en este estudio estuvo cercano al obtenido por Gómez (2001) con la misma especie (día 18) pero fue mayor al observado por Astudillo (2003) con *E. lucunter* (12 días), García (2003) con *A. punctulata* (14 días) y Buitrago & Lodeiros (2005) con *L. variegatus* (14 días). Para que las larvas puedan cumplir con todos los procesos de metamorfosis se requiere que las condiciones de calidad de agua (Bustos *et al.* 2001), de la concentración y calidad del alimento (Metaxas & Young 1998b) y del requerimiento nutritivo (Sheperd & Bromage 1998), sean los óptimos, pero además, se debe suministrar el inductor adecuado (microalga bentónica Ej: *Amphora* sp. ó *Navicula* sp.) para garantizar el éxito de la etapa de larvas premetamórficas a juveniles (Gómez 2001). En esta

experiencia no se utilizó inductor, sin embargo se utilizó *T. chuii*, por ser una microalga de mayor volumen celular que las utilizadas en los estadios anteriores, a fin de que las larvas premetamórficas obtuvieran algún tipo de alimento en el fondo de los recipientes de cultivo.

Después de la metamorfosis, en larvas alimentadas con *I. galbana* se observó una disminución brusca del crecimiento a 30 ups y temperatura constante, ocasionando un 24% de mortalidad, posiblemente debido a contaminación bacteriana ocasionada por el exceso de alimento acumulado en el fondo de los recipientes de cultivo, generando proliferación de bacterias o al alto riesgo de mortalidad durante la metamorfosis caracterizada por la interrupción de la ingestión del alimento (Fonseca 2001).

Conclusiones

L. variegatus alcanzó su fase juvenil en 20 días a partir de la fecundación tanto a temperatura constante como variable, no observándose diferencias en la formación de estructuras ni en el crecimiento, hasta el estadio de ocho brazos cuando se produjo un retraso en la aparición de los brazos entre los tratamientos empleados, sin embargo la supervivencia sí mostró diferencias produciéndose los mayores valores con *I. galbana* a 30 ups y temperatura constante.

Agradecimientos

A los evaluadores de tan prestigiosa revista por hacer posible la publicación de este artículo.

Literatura citada

- Astudillo D. 2003. Supervivencia y crecimiento larval del erizo *Echinometra lucunter* alimentado con dos dietas uniales y una dieta mixta a base de microalgas. Tesis de Biología Marina. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela. 75 pp.
- Beddingfield S & J McClintock. 1998. Differential survivorship, reproduction, growth and nutrient allocation in the regular echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck) fed natural diets. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 226: 195-215.

- Brown M. 1991.** The amino-acid and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 145: 79 - 99.
- Buitrago E, C Lodeiros, C Lunar, F Indorf, K Frontado, M Pulido & Z Vásquez. 2003.** Efecto de la densidad larvaria sobre el desarrollo, crecimiento y supervivencia del erizo *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). 31st Scientific meeting of the Association of marine laboratories of the Caribbean, Trinidad & Tobago. 153 pp.
- Buitrago E & C Lodeiros. 2005.** Producción de larvas, postlarvas y juveniles del erizo verde-blanco del Caribe *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Echinodermata) bajo condiciones de cultivo. 28 pp. Fundación La Salle. Caracas, Venezuela.
- Buitrago E & C Lodeiros. 2005.** Producción de larvas y postlarvas del erizo verdiblanco del Caribe *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea) en condiciones de cultivo. *Revista de Biología Tropical* 53: 319-328.
- Bustos E & S Olave. 2001.** Manual: El cultivo del erizo (*Loxechinus albus*). 22 pp. División de acuicultura Instituto de Fomento Pesquero, Chile.
- Bustos E, P Carcomo & S Olave. 2001.** Manual: El cultivo del erizo *Loxechinus albus*. Instituto de Fomento Pesquero de Chile, División de Acuicultura. Proyecto: "Diversificación de acuicultura en la X región". FONDEF D96 I 1101: 1-30. Santiago de Chile, Chile.
- Carpizo-Ituarte E, A Salas-Garza & G Parés-Sierra. 2002.** Inducción de la metamorfosis con KCL en tres especies de erizos de mar y sus implicaciones en la producción de juveniles. *Ciencias Marinas* 28(2): 157-166.
- Eckert G. 1998.** Larval development, growth and morphology of the sea urchin *Diadema antillarum*. *Bulletin of Marine Science* 63: 443-451.
- Flores H. 1995.** Requerimientos nutricionales en peces. En: Silva A. Apuntes curso interamericano de cultivo de peces marinos. 163 pp. Universidad Católica del Norte. Coquimbo, Chile.
- Fonseca MJ. 2001.** Efecto de seis dietas microalgales en el desarrollo larvario, metamorfosis y obtención de juveniles del erizo morado *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). 83 pp. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Baja California, USA.
- Fuentes I & C Barros. 2000.** Larval development and metamorphosis of cultured *Tetrapygus niger* (Echinodermata Echinoidea): An uncommon form of echinoplutei. *Invertebrate Reproduction and Development* 37: 201- 209.
- García M. 2003.** Supervivencia y crecimiento larval del erizo *Arbacia punctulata* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) en condiciones de laboratorio, expuesto a dos salinidades y cinco dietas en base a microalgas. Tesis de Biología Marina. Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela. 74 pp.
- Gómez A. 1999.** Los recursos marinos renovables del Estado Nueva Esparta Venezuela. *Biología y Pesca de Especies Comerciales. Tomo I. Invertebrados y Algas.* 60 pp. Caracas, Venezuela.
- Gómez A. 2000.** Abundancia de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en la isla de Cubagua, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 48: 125-131.
- Gómez O. 2001.** Desarrollo embrionario y larval de *Lytechinus variegatus*, bajo condiciones de laboratorio. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela, 70 pp.
- Gómez A. 2002.** Abundancia de erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck) en la costa Norte, Este y Oeste de la Isla de Margarita (Venezuela). *Acta Científica Venezolana* 53(1): 15-20.
- Gómez A. 2003.** Relación diámetro-peso y proporción cromática del erizo *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en las islas de Margarita y Cubagua, Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 51: 83-86.
- Gómez O & A Gómez. 2005.** Desarrollo embrionario y larval de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en condiciones de laboratorio en la Isla de Margarita-Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 53: 313-318.
- Grosjean P, C Spirlet, P Gosselin, D Vaïtilingon & M Jangoux. 1998.** Land-based, closed-cycle echinoculture of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinoidea: Echinodermata): A long-term experiment at a pilot scale. *Journal of Shellfish Research* 17: 1523-1531.
- Hendler G, J Miller, D Pawson & P Kier. 1995.** Sea stars, sea urchins, and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. 290 pp. Smithsonian Institutions. Washington, USA.
- Jong-Westman M, P Qian, B March & T Carefoot. 1995.** Artificial diets in sea urchin culture: Effects of dietary protein level and other additives on egg quality, larval morphometrics, and larval survival in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Canadian Journal of Zoology* 73: 2080-2090.

- Losada F & J Ulrich. 1977.** Ecological structure of Venezuelan coral communities: Description and comparison. Proceedings of the Association of Marine Laboratories of the Caribbean 12: 22.
- Metaxa A & C Young. 1998a.** Responses of echinoid larvae to food patches of different algal densities. Marine Biology 130: 433-445.
- Metaxas A & C Young. 1998b.** Behaviour of echinoid larvae around sharp haloclines: Effects of the salinity gradient and dietary conditioning. Marine Biology 131 (3): 443-459.
- Montealegre S. 1999.** Aspectos biológicos de erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea: Toxopneustidae) en tres localidades del sur de la Isla de Margarita, Venezuela. Tesis de Biología Marina. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela. 85 pp.
- Montealegre S & A Gómez. 2005.** Ciclo reproductivo de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en el sur de la Isla de Margarita, Venezuela. Revista de Biología Tropical 53: 305-312.
- Okazaki K. 1975.** Normal development to metamorphosis. World Aquaculture Society 7: 177-231.
- Rodríguez J & F Losada. 1986.** Efecto del apareamiento de *Lytechinus variegatus* y *Echinometra lucunter* sobre las comunidades marinas de la Bahía de Mochima, Venezuela. Boletín del Instituto de Oceanografía de Venezuela 25(1-2): 69-84.
- Rodríguez J. 2000.** Valores nutricionales de las microalgas. Boletín del Instituto de Oceanografía de Venezuela 28 (3-4): 234-250.
- Roller R & W Stickle. 1993.** Effects of temperate and salinity acclimation of adults on larval survival, physiology, and early development of *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). Marine Biology 116: 583-591.
- Sheperd J & N Bromage. 1998.** Intensive Fish Farming. 404 pp. BSP Professional Books. Oxford, U.K.
- Silva A. 1999.** Efecto de la microalga *Isochrysis galbana* en el cultivo temprano de larvas de *Paralichthys adspersus*. Ciencias Marinas 25: 267-276.
- Sokal R & F J Rohlf. 1983.** Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. 832 pp. H. Blume, Madrid, España.
- Velásquez A, J Salazar, J Rosas, T Cabrera & J Millán. 2001.** Alimentación con microalgas del copépodo *Apocyclops distans* Kiefer, 1956 (Copepoda, Cyclopoida). Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 33 (3): 317-324.
- Young C & S George 2000.** Larval development of the tropical deep-sea echinoid *Aspidodiadema jacobyi*: Phylogenetic implications. The Biological Bulletin 198: 387-395.
- Zoppi E. 1967.** Contribución al estudio de los equinodermos de Venezuela. Acta Biologica Venezuelica 5: 267-333.

Recibido el 8 de mayo de 2006 y aceptado el 8 de marzo de 2007