

## Crecimiento y supervivencia de larvas de *Echinometra lucunter* (Echinoidea: Echinometridae) alimentadas con las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana*

David Astudillo<sup>1</sup>, Jesús Rosas<sup>2</sup>, Aidé Velásquez<sup>1</sup>, Tomas Cabrera<sup>1</sup> & Carlos Maneiro<sup>1</sup>

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

2 Instituto de Investigaciones Científicas. Universidad de Oriente Núcleo de Nueva Esparta, Boca del Río, Estado Nueva Esparta, Venezuela. Telefax 02952911350; rosas@ne.udo.edu.ve, avelasquez@ne.udo.edu.ve, tom3171@telcel.net.ve

Recibido 14-VI-2004. Corregido 09-XII-2004. Aceptado 17-V-2005.

**Abstract: Larval growth and survival of *Echinometra lucunter* (Echinoidea: Echinometridae) fed with microalgae *Chaetoceros gracilis* and *Isochrysis galbana*.** Thirty sexually mature sea urchins (*Echinometra lucunter*; diameter  $45.8 \pm 17.5$  mm) were collected at Macanao, Margarita Island, Venezuela ( $11^{\circ}48'29''$  N /  $64^{\circ}13'10''$  W). They were injected potassium chloride (50 M) directly into the celomic cavity. After two minutes 90% spawned (17 females and 10 males), the others never spawned. Fertilization was  $87.0 \pm 12.6\%$  (1:100 oocytes/sperm) at  $29 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . The fertile eggs were placed in three treatment groups with nine containers (18 liters; 2 eggs/ml) each, all with bottom aeration. Treatments were: *Chaetoceros gracilis*; *Isochrysis galbana*, and a mixture of both microalgae (respectively: 20 000 and 60 000 cell/ml for each microalgae, 1:1 for the mixture). Salinity, pH, temperature and larval survival were determined daily. The study ended when the post-metamorphic phase was completed. The embryonic development time was  $16.3 \pm 0.2$  h until the prism stage at pH 8.4  $\pm 0.1$ ;  $38 \pm 1$  psu and  $28 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ . The two-arms larval stage was reached at 24 h: 33 min, with a total length of  $190 \pm 16.3$   $\mu\text{m}$  fed on *C. gracilis*,  $152 \pm 19.0$   $\mu\text{m}$  with *I. galbana* and  $182.4 \pm 14.1$   $\mu\text{m}$  with the mixture. The larvae next to metamorphosis reabsorbed the arms and had the characteristic shape of juvenile urchins at 12 days with  $670.2 \pm 22.2$   $\mu\text{m}$  fed on *C. gracilis*,  $665 \pm 12.1$   $\mu\text{m}$  fed on *I. galbana* and  $670 \pm 14.1$   $\mu\text{m}$  fed on the mixture. The accumulated survival to the juvenile stage was  $14.7 \pm 3.8\%$  when fed on *C. gracilis*, higher than the other treatments ( $5.4 \pm 1.2$ ;  $14.0 \pm 2.6$ ). *E. lucunter* is an excellent prospect to be commercially cultured because of its short embryonic (16 hours) and larval development time (12 days) and good survival rate when fed on monoculture (*C. gracilis* and *I. galbana*) or mixed diet (we recommend *C. gracilis*). Rev. Biol. Trop. 53(Suppl. 3): 337-344. Epub 2006 Jan 30.

**Key words:** Feeding, growth, embryonic development, *Echinometra lucunter*, survival.

El estudio de los equinoideos ha estado relacionado con la genética, distribución, comportamiento, fisiología y bioquímica (Hinegardner 1969). En la década de los 1980 se estudiaron aspectos de reproducción (Cameron 1986), crecimiento (Ebert 1980), alimentación (Klinger 1982) ecología (Himmelman 1986) y más recientemente se iniciaron trabajos relacionados con su desarrollo larval y cultivo (Kelly *et al.* 2000, Bustos *et al.* 2001, Gómez 2001, Lawrence 2001, Mangatierra y Silva 2001).

En Venezuela existen tres especies (*Lytechinus variegatus*, *Echinometra lucunter* y *Tripneustes ventricosus*) con potencial de cultivo por su rápido crecimiento, buena adaptación al cautiverio y cantidad de gónadas producidas en corto tiempo (Lawrence y Balzhin 1998). Sin embargo, existen pocos estudios acerca de su ecología y desarrollo larval (Montealegre 1999, Gómez 2000, 2001). La crisis económica en Venezuela plantea a corto plazo la explotación artesanal o industrial

de estos recursos, como ha ocurrido en Chile, Estados Unidos, Japón, Francia y Australia. Lo cual pudiera poner en riesgo el recurso debido a un posible agotamiento de los bancos naturales (Kissing y Hall 1998). Por lo antes expuesto es necesario realizar estudios sobre la producción y el cultivo de larvas de estas especies en condiciones controladas (Hendler *et al.* 1995, Gómez 2001).

El objetivo de este trabajo fue determinar el tiempo del desarrollo embrionario, crecimiento y supervivencia larval del erizo *E. lucunter* alimentado con las microalgas *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* y la mezcla de ambas, como una contribución al conocimiento del recurso erizo en Venezuela que pudieran ser utilizado en su cultivo con fines de repoblamiento o comercialización directa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Obtención y selección de productos sexuales:** Se recolectaron 30 reproductores de *E. lucunter* con talla promedio de  $45.8 \pm 17.5$  mm, en la Península de Macanao, Isla de Margarita, Venezuela ( $11^{\circ}48'29''$  N y  $64^{\circ}13'10''$  O). En el laboratorio los animales se lavaron para eliminar epibiontes y restos de materia orgánica adherida a sus espinas. Fueron pesados por separado a fin de calcular el volumen de cloruro de potasio (50 M) a inyectarse en cada erizo directamente a la cavidad celómica vía membrana peristomal (Bustos *et al.* 2001) y colocarlos en posición abollar sobre vasos transparentes para la recolecta de los productos sexuales. Las hembras produjeron óvulos esféricos de color amarillo-naranja y el esperma resultó blanquecino y con una alta movilidad. Los óvulos se colocaron en un tamiz con  $30 \mu\text{m}$  de luz de malla y se lavaron con agua de mar filtrada y esterilizada y fueron seleccionados con base en su esfericidad, tamaño ( $80 - 100 \mu\text{m}$  de diámetro), abundancia de vitelo, membrana sin rugosidades y ausencia de protozoos. La selección de los espermatozoides se basó en su mayor movilidad. Los óvulos fueron contados en una cámara Bogorov, para poder

establecer la relación con los espermatozoides de 1:100 óvulos/espermatozoides, la fertilización se realizó a  $29 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en recipientes plásticos de 18 l.

**Cultivo larval:** Los huevos fertilizados (dos huevos/ml) se incubaron en 27 envases de plástico de 18 l de capacidad, con un sistema de aireación de fondo. Las larvas contenidas en nueve recipientes se alimentaron con *C. gracilis* - CGB, nueve con *I. galbana* var. *tahitiana* - ITM, y nueve con la mezcla en partes iguales de ambas. Transcurridas las 18 horas de la fertilización, se inició el suministro de alimento, empleando una concentración entre 20 000 y 60 000 cel/ml.

Las microalgas fueron donadas por el banco de cepas del EDIMAR de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela. Cada cepa fue cultivada según la metodología descrita por Alfonso y Leal (1998).

Diariamente se determinaron el pH, la salinidad y la temperatura; la supervivencia, el crecimiento y el desarrollo de las larvas se evaluaron en 10 ml por triplicado de cada recipiente. La longitud total se tomó considerando los brazos en diez larvas por tratamiento (Zamora y Stotz 1994). El estudio concluyó cuando se completó la fase post-metamórfica, procediéndose al conteo de los individuos viables y estableciéndose la tasa de supervivencia. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un ANOVA simple (Sokal y Rohlf 1981).

## RESULTADOS

El cloruro de potasio (50 M) inyectado produjo 90% de éxito en un tiempo de activación de los espermatozoides menor a los dos minutos y el porcentaje de fertilización fue de  $87.0 \pm 12.6\%$ .

**Descripción embrionaria y larval:** Los óvulos fertilizados de *E. lucunter* son esféricos de  $98.1 \pm 14.0 \mu\text{m}$  cubiertos por una capa gelatinosa transparente de  $30 \mu\text{m}$  de espesor, con el mismo índice refractario de luz en el agua de mar, haciéndola invisible para microscopios comunes.

El tiempo del desarrollo embrionario se presenta en el Cuadro 1, el estadio prisma se alcanzó en  $16.3 \pm 0.2$  horas a un pH de  $8.4 \pm 0.1$ ;  $30 \pm 1$  psu, y  $28 \pm 1.4^\circ\text{C}$ .

**Estadio larval de dos brazos:** El estadio larval de dos brazos, se alcanzó en 24 h: 33 min, con una longitud de  $190 \pm 16.3 \mu\text{m}$  para las larvas alimentadas con *C. gracilis*,  $152 \pm 19.0 \mu\text{m}$  para las alimentadas con *I. galbana* y  $182.4 \pm 14.1 \mu\text{m}$  con la mezcla (Cuadro 2). La larva plúteus temprana tiene forma triangular y nada con los brazos hacia adelante y el cuerpo hacia atrás, utilizando los cilios que cubren uniformemente toda la superficie del cuerpo. Se observaron pigmentos rojos distribuidos por todo el cuerpo, pero con mayor concentración hacia los brazos larvales. El tracto digestivo es en forma de "J", la boca se ubicó en el lado dorsal y el intestino termina en un ano entre los dos brazos en el lado ventral.

**Estadio de cuatro brazos:** La longitud total del cuerpo fue de  $307.8 \pm 22.3 \mu\text{m}$  para las larvas alimentadas con *C. gracilis*, de  $282.3$

$\pm 20.1 \mu\text{m}$  con *I. galbana* y  $307.1 \pm 25.1 \mu\text{m}$  para la mezcla (Cuadro 2). El segundo par de brazos comenzó a sobresalir desde el lóbulo oral, notándose un par de protuberancias a cada lado de la parte final inferior de la larva, lo que representa el estado temprano del tercer par de brazos, con abundante pigmentación roja.

**Estadio de seis brazos:** Al sexto día se detectaron las larvas de seis brazos con una longitud total de  $380 \pm 32.3 \mu\text{m}$  alimentadas con *C. gracilis*, de  $334.4 \pm 20.1 \mu\text{m}$  con *I. galbana* y  $371.8 \pm 19.9 \mu\text{m}$  con la mezcla de ambas (Cuadro 2).

**Estadio de ocho brazos :** Al octavo día, la larvas alimentadas con *C. gracilis* alcanzaron la longitud total de  $524.4 \pm 16.1 \mu\text{m}$ , de  $524.4 \pm 14.1 \mu\text{m}$  con *I. galbana* y  $570 \pm 19.2 \mu\text{m}$  con la mezcla (Cuadro 2); es de destacar que a medida que avanzó el desarrollo larval, se incrementó la concentración de alimento, hasta  $60\ 000$  cel/ml, con lo cual se garantizó una adecuada alimentación, revisando el alimento restante en cada caso. En este estadio aparecieron dos protuberancias y dos nuevas espículas trirradiadas, formadas entre los brazos anales y posterodorsales a ambos lados en la región superior del lóbulo oral, el borde de cada una de las espículas comenzó a elongarse y desarrollarse dentro de las protuberancias que forman el cuarto par de brazos larvales

**Estadio premetamórfico:** Las larvas próximas a la metamorfosis reabsorbieron los brazos y comenzaron a tomar la forma característica de un erizo juvenil. Presentando un tamaño de  $670.2 \pm 22.2 \mu\text{m}$  para los alimentados con *C. gracilis*, de  $665 \pm 12.1 \mu\text{m}$  con *I. galbana* y de  $670 \pm 14.2 \mu\text{m}$  para la mezcla (Cuadro 2). En este estadio, los cambios externos fueron el incremento de las bandas de cilios y los internos el desarrollo del hidrocele cuando la vesícula celómica del lado izquierdo se constriñe y la pared del ectodermo opuesta al hidrocele forma una depresión, la invaginación amniótica, la combinación del hidrocele y de la invaginación amniótica

CUADRO 1

*Tiempo del desarrollo embrionario del erizo negro*

*E. lucunter a  $28.1 \pm 1.4^\circ\text{C}$ , pH de  $8.4 \pm 0.1$  y  $38 \pm 1$  psu*

TABLE 1

*Embryonic development time of the black urchin*

*E. lucunter at  $28.1 \pm 1.4^\circ\text{C}$ , pH  $8.4 \pm 0.1$  and  $38 \pm 1$  psu*

Estadio de Desarrollo	Tiempo (h: min)
2 células	1: 39
4 células	1: 16
8 células	1: 50
16 células	2: 20
32 células	2: 45
64 células	3: 39
Blástula	4: 58
Gástrula	11: 34
Prisma	16: 25
Plúteus	24: 33

CUADRO 2  
*Longitud total promedio ( $\mu\text{m}$ ) y desviación estándar ( $\pm$ ) de las larvas del erizo negro E. lucunter alimentadas con C. gracilis, I. galbana y la mezcla de ambas microalgas*

TABLE 2  
*Total length average ( $\mu\text{m}$ ) and standard deviation ( $\pm$ ) of black urchin E. lucunter larvae fed on C. gracilis, I. galbana and mixture of both microalgae*

Estadio larval	<i>C. gracilis</i> ( $\mu\text{m}$ )	<i>I. galbana</i> ( $\mu\text{m}$ )	Mezcla ( $\mu\text{m}$ )
2 Brazos	190 $\pm$ 16.5	152 $\pm$ 19.0	182.4 $\pm$ 14.1
4 Brazos	307.8 $\pm$ 25.1	282.3 $\pm$ 20.1	307.1 $\pm$ 25.1
6 Brazos	380 $\pm$ 32.3	334.4 $\pm$ 20.1	371.8 $\pm$ 20.0
8 Brazos	524.4 $\pm$ 16.1	524.4 $\pm$ 14.1	570 $\pm$ 19.2
Premetamórfico	670.2 $\pm$ 22.2	665 $\pm$ 12.1	670 $\pm$ 14.2

CUADRO 3  
*Número de larvas, supervivencia (%) y asentamiento de juveniles del erizo negro E. lucunter alimentadas con C. gracilis, I. galbana y la mezcla de ambas microalgas*

TABLE 3  
*Larvae number, survival (%) and settlement of black urchin E. lucunter juveniles fed on C. gracilis, I. galbana and the mixture of both microalgae*

	<i>C. gracilis</i>		<i>I. galbana</i>		Mezcla*	
	Número	%	Número	%	Número	%
Inicio (Larvas sembradas)	32 000	100 $\pm$ 00	32 000	100 $\pm$ 00	32 000	100 $\pm$ 00
Día 1 (Larvas)	17 065	53.33 $\pm$ 1.9	11 200	35.0 $\pm$ 2.0	20 256	63.33 $\pm$ 0.9
Día 11 (Larvas premetamórficas)	4 698	14.7 $\pm$ 3.8	1 924	5.4 $\pm$ 1.2	4 384	14.0 $\pm$ 2.6
Día 12 (Juveniles Fijados)	3 88	1.3 $\pm$ 2.2	962	3.0 $\pm$ 0.8	2 117	6.6 $\pm$ 1.5

\*Mezcla: *C. gracilis* e *I. galbana*.

estructuran el rudimento equiniano, en el cual la boca del adulto, la linterna y el anillo de nervios son formados.

Cuando la larva llegó al fondo de los recipientes de cultivo, se abrió la cavidad amniótica y la cara oral quedó expuesta al exterior, dando paso a un individuo juvenil con espinas débiles. El período postmetamórfico comenzó con un corto estadio endotrófico, durante este período, los individuos postmetamórficos,

reorganizaron su tracto digestivo y pueden llamarse postlarvas; cuando los equinoideos se convierten en juveniles exotróficos, la boca y el ano aún no están abiertos.

**Supervivencia larval:** El porcentaje de supervivencia durante todo el proceso de alimentación con las dos especies de microalgas y la mezcla de ambas se muestra en el Cuadro 3. La mayor supervivencia acumulada hasta la

obtención de juveniles fue  $14.7 \pm 3.8\%$  con *C. gracilis* y la menor fue de  $5.4 \pm 1.2\%$  con *I. galbana*. En este estudio las concentraciones de microalgas suministradas se incrementaron desde 20 000 cel/ml (día 2) hasta 60 000 cel/ml (día 12), cuando se observó juveniles fijados en las paredes y el fondo de los recipientes. El análisis de varianza no mostró diferencia ( $F=1.02$ ,  $p > 0.05$ ) entre los tratamientos.

## DISCUSIÓN

La selección de erizos adultos (progenitores), se realizó en concordancia con lo establecido por el Instituto de Fomento Pesquero de Chile, garantizándose la calidad de los gametos (Bustos *et al.* 2001). El estado de madurez sexual junto con el inductor (cloruro de potasio) hizo posible que el 90% de los erizos desovaran, produciéndose un  $87.0 \pm 12.6\%$  de fertilización, estableciéndose una relación de 1:100 óvulo/espermas. (Bustos 1998) refiere un 44.7 a 97.6% de fertilización en *Loxechinus albus*, Chia (1974) menciona que el éxito en la fertilización de los invertebrados marinos es un paso crítico en la historia de vida de las especies particularmente en aquellos de reproducción libre. Como lo establecen Kelly *et al.* (2000) las posibilidades de que las células gaméticas lleguen a fusionarse son mayores cuando la proporción de gametos es la adecuada, lo que sugiere que debe existir una concentración óptima como probabilidad máxima, disminuyendo cuando la concentración de espermas aumenta, debido a que el exceso de estos impide el movimiento normal, ocurriendo colisiones entre sí, en lugar de hacerlo con el óvulo (Gómez 2001). Penington (1985) refiere entre 30-40 espermas/huevo, como suficientes para que se produzcan altos porcentajes de fertilización e indica que los límites de dilución del esperma son determinados por la longevidad (tiempo transcurrido a partir del desove). Bustos *et al.* (2001) recomienda que para asegurar el éxito de la inducción la longevidad debe ser menor a dos horas.

El desarrollo larval de *E. lucunter* es morfológicamente similar al de algunos

equinoideos regulares como *L. variegatus* (Gómez 2001); *L. albus* (Zamora y Stotz 1994, Bustos *et al.* 2001) y *Psammechinus miliaris* (Kelly *et al.* 2000).

**Alimentación de larvas:** Metaxas y Young (1998) han establecido que la adecuada concentración de la microalga suministrada es necesaria para la exitosa progresión a través de los diversos estadios de desarrollo en los erizos y consideran la metamorfosis como un proceso importante en su ciclo de vida, la cual se caracteriza por los cambios morfológicos de la larva planctónica a una vida bentónica a partir de su fase juvenil (Gómez 2001).

Hagen (1996) señala a *C. gracilis* como la microalga más empleada como alimento en laboratorios comerciales dedicados a la producción de erizos. Kitamura *et al.* (1993) la refieren como alimento de *Pseudocentrotus depressus* y *Anthocidaris crassispina*. Zamora y Stotz (1994) establecen que con *C. gracilis* se ha logrado los mejores resultados en la alimentación larval de *L. albus*, debido a su tipo, tamaño y calidad nutricional. Es importante señalar que durante este estudio no se emplearon inductores en la metamorfosis, lo que pudo afectar la supervivencia larval (Cuadro 3). Bustos *et al.* (2001) señalan la necesidad de un buen inductor de policarbonato de silicio preparado con al menos tres meses de anticipación para tales fines.

La temperatura utilizada estuvo dentro de los niveles establecidos por Sewell y Young (1999) para el desarrollo larval de *E. lucunter* ( $27-37^{\circ}\text{C}$ ). Gómez (2000) señala un rango óptimo de  $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$  para el erizo blanco *L. variegatus*. Amemiya y Emler (1992) refieren  $20^{\circ}\text{C}$  para el erizo de desarrollo directo *Asthenosoma ijima*. Eckert (1998) indica valores de  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$  para el desarrollo larval de *Diadema antillarum* y  $18^{\circ}\text{C}$  en *L. albus* (Bustos *et al.* 2001).

Eckert (1998) y Bustos (1998) destacan que estos resultados se mejoran significativamente cuando se incorpora *Chaetoceros* sp. a la dieta (Bustos *et al.* 2001, Gómez 2001). Sin embargo, Metaxas y Young (1998) refieren el uso de *I. galbana* en larvas de *E. lucunter* y

mencionan que su efecto depende de la cantidad de raciones que se suministran y además señalan que esta microalga afecta el desarrollo larval normal no solo en la velocidad sino también en el desarrollo mismo, debido a que más del 50% de las larvas desarrollaron cuatro brazos en la zonas de bajas raciones (0 y 2 500 cel/ml), con lo cual se confirmó que la concentración del alimento es necesaria para la exitosa progresión a través de ciertos estadios del desarrollo en *E. lucunter* y que la cantidad de alimento no afecta significativamente al estadio de dos brazos pero es crucial para el paso de éste al siguiente estadio de cuatro brazos. Efectos positivos similares del incremento gradual de la cantidad de alimento en la tasa de desarrollo larval han sido observados en un gran número de equinodermos (Basch 1996, Basch y Pearse 1996).

Una dieta deficiente en larvas de equinoideos puede afectar la forma larval a través de la elongación o alargamiento de los brazos (Hart y Strathmann 1994), la densidad larval a través de cambios de composición químicos (Thompson y Harrison 1992) y la actividad locomotora a través de cambios en los movimientos ciliares (Strathmann 1987). En este estudio las larvas de los diferentes tratamientos dietéticos exhibieron una actividad natatoria controlada, lo que sugiere que ni las dietas monoespecíficas de *C. gracilis* e *I. galbana* ni la dieta mixta produjeron deficiencias nutricionales, debido a la calidad y cantidad de alimento suministrado.

En la presente investigación con el uso de la mezcla de microalgas, bajo las mismas condiciones de cultivo, se logró una supervivencia de  $13.8 \pm 5.1\%$ , inferior al resultado obtenido con las dietas monoespecíficas (Cuadro 3). Zamora y Stotz (1994) señalan 58.7% de supervivencia para *L. albus*, usando las mismas especies que en este trabajo. Bustos *et al.* (2001) no refieren valores de supervivencia con *I. galbana*, pero la recomiendan para cultivos comerciales de *L. albus* en las costas chilenas. Zamora y Stotz (1994) establecieron para el erizo chileno *L. albus* que la calidad de las especies de microalgas empleadas como alimento, inciden en el

crecimiento y mortalidad larval al no reunir todos los requerimientos nutricionales. Sin embargo González *et al.* (1987) consideran el uso de dieta mixta de pequeñas microalgas flageladas en combinación con un aumento de la temperatura como elemento incidente en un mayor porcentaje de supervivencia larval y fijación de juveniles del erizo *L. albus*.

Al finalizar el estudio (día 12) con la fijación de los juveniles, el análisis de varianza no mostró diferencias entre los tratamientos. Metaxas y Young (1998) encontraron que el desarrollo larval de *E. lucunter* fue más rápido cuando se suministraron dietas mixtas basadas en *I. galbana*, *Dunaliella tertiolecta* y *Thalassiosira* sp. en comparación con una dieta monoespecífica de *I. galbana*. Otros estudios muestran esa tendencia de crecimiento y asentamiento más rápido cuando se han utilizado mezclas para alimentar erizos y estrellas marinas (Basch 1996).

Se concluye que el erizo *E. lucunter* es un excelente candidato para ser cultivado comercialmente debido a su corto tiempo de desarrollo embrionario (16 horas) y larval (12 días) a  $28 \pm 1.4^\circ\text{C}$ ; pH de  $8.4 \pm 0.1$  y  $38 \pm 1$  psu, aceptable porcentaje de supervivencia con dietas tanto monoespecíficas (*C. gracilis* e *I. galbana*) como mixta, recomendándose según los resultados obtenidos en esta investigación, el uso de *C. gracilis* como mejor dieta.

## AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a Esperanza Buitrago y Kenia Frontado, a cargo del Banco de cepas del EDIMAR de la Fundación la Salle de Punta de Piedras, Isla de Margarita, Venezuela, por la donación de las cepas de microalgas utilizadas durante esta Investigación.

## RESUMEN

Se recolectaron 30 reproductores de *Echinometra lucunter* con talla promedio de  $45.8 \pm 17.5$  mm, en Macanao, Isla de Margarita, Venezuela ( $11^\circ 48' 29''$  N y  $64^\circ 13' 10''$  O). Los erizos fueron inyectados individualmente con  $50 \mu\text{l/g}$

de cloruro de potasio (50 M) directamente a la cavidad celómica. A los dos minutos se observó el desove del 90% (17 hembras y 10 machos) el 10% (3) restante nunca desovó. La fertilización fue de  $87.0 \pm 12.6\%$  (1:100 óvulos/espermas) a  $29 \pm 2^\circ\text{C}$ . Los huevos fértiles se colocaron en 27 envases plásticos de 18 l de capacidad (2 huevos/ml), con aireación de fondo. A nueve envases se les suministró *Chaetoceros gracilis*, a otros nueve *Isochrysis galbana* y a los nueve restantes la mezcla de ambas microalgas (20 000 y 60 000 cel/ml, relación 1:1 para la mezcla). Diariamente, se determinó pH, salinidad, temperatura y la supervivencia larvaria. El estudio concluyó cuando se completó la fase post-metamórfica. El tiempo del desarrollo embrionario fue de  $16.3 \pm 0.2$  horas, hasta el estadio de prisma a pH  $8.4 \pm 0.1$ ;  $38 \pm 1$  psu, y  $28 \pm 1.4^\circ\text{C}$ . El estadio larval de dos brazos, se alcanzó en 24 h: 33 min, con una longitud total de  $190 \pm 16.3$   $\mu\text{m}$  para las alimentadas con *C. gracilis*;  $152 \pm 19.0$   $\mu\text{m}$  con *I. galbana* y  $182.4 \pm 14.1$   $\mu\text{m}$  con la mezcla. Las larvas próximas a la metamorfosis reabsorbieron los brazos tomando la forma característica de un erizo juvenil en 12 días, con un tamaño de  $670.2 \pm 22.2$   $\mu\text{m}$  con *C. gracilis*;  $665 \pm 12.1$   $\mu\text{m}$  con *I. galbana* y de  $670 \pm 14.1$   $\mu\text{m}$  para la mezcla. La supervivencia acumulada hasta la obtención de juveniles fue de  $14.7 \pm 3.8\%$  con *C. gracilis* más alta que las observadas con las dos dietas restantes ( $5.4 \pm 1.2$ ;  $14.0 \pm 2.6$ ). Se concluye que el erizo *E. lucunter* es un excelente candidato para ser cultivado comercialmente debido a su corto tiempo de desarrollo embrionario (16 horas), larval (12 días) y buen porcentaje de supervivencia con dietas tanto monoespecíficas (*C. gracilis* e *I. galbana*) como mixta, siendo recomendable en este caso en particular el uso de *C. gracilis*.

**Palabras claves:** alimentación, crecimiento, desarrollo embrionario, *Echinometra lucunter*, supervivencia.

## REFERENCIAS

- Alfonso, E. & S. Leal. 1998. Creación y mantenimiento de un cepario de microalgas. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de la Habana, La Habana, Cuba. 21 p.
- Amemiya, S. & R.B. Emlet. 1992. The development and larval form of an Echinothuroid echinoid, *Asthenosoma ijimai* revisited. Biol. Bull. 182: 15-30.
- Basch, L.V. 1996. Effects of algal and larval densities on development and survival of asteroid larvae. Mar. Biol. 126: 693-701.
- Basch, L.V. & J.S. Pearse. 1996. Consequences of larval feeding environment for settlement and metamorphosis of a temperate echinoderm. Oceanol. Act. 19: 273-285.
- Bustos, F. 1998. Redoblamiento y cultivo de recursos bentónicos, una alternativa de desarrollo para el sector pesquero artesanal. Invest. Pesq. 35: 5-8
- Bustos, R.E., P. Carcamo & S. Olave. 2001. Manual: El cultivo del erizo *Loxechinus albus*. Instituto de Fomento Pesquero de Chile, División de Acuicultura, Santiago. Proyecto: "Diversificación de acuicultura en la X Región". FONDEF D96 I 1101: 1-30.
- Cameron, R.A. 1986. Reproduction, larval occurrence and recruitment in Caribbean sea urchins. Bull. Mar. Sci. 34: 322-332.
- Chia, F.S. 1974. Classification and adaptive significance of developmental patterns in marine invertebrates. Thalassia Jugosl. 10: 321- 339.
- Ebert, T.A. 1980. Relative growth of the sea urchin jaws: an example of plastic resource of allocation. Bull. Mar. Sci. 30: 467-474.
- Eckert, G. 1998. Larval development, growth and morphology of the sea urchin *Diadema antillarum*. Bull. Mar. Sci. 63: 443-451.
- Gómez, A. 2000. Abundancia relativa de erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck) en la costa sur de la Isla de Margarita, Venezuela. Rev. Cien. Fun. Mus. Mar. 2: 18-30.
- Gómez, O. 2001. Desarrollo embrionario y larval de *Lytechinus variegatus*, bajo condiciones de laboratorio. Trabajo de ascenso profesoral. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 70 p.
- González, L., J. Castilla & C. Guisado. 1987. Effect of larval diet and rearing temperature on metamorphosis and juvenile survival of the sea urchin *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea). J. Shellf. Res. 6: 109-115.
- Hagen, N.T. 1996. Echinoculture: from fishery enhancement to closed cycle, cultivation. World Aqua. 18: 6-19.
- Hart, M.W. & R.R. Strathmann. 1994. Functional consequences of phenotypic plasticity in echinoids larvae. Mar. Biol. 117: 615-622.
- Hendler, G, J. Miller, D. Pawson & P. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins, and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institutions, Washington & London, 290 p.
- Hinegardner, R.T. 1969. Growth and development of the laboratory cultured sea urchin. Biol. Bull. 137: 465-475.
- Himmelman, J.H. 1986. Population biology of green sea urchin on rocky barrens. Mar. Ecol. Prog. Ser. 3: 295-306.

- Kelly, M., A. Hunter, C. Scholz & J. Mckenzie. 2000. Morphology and survivorship of larval *Psammechinus miliaris* (Gmelin) (Echinodermata: Echinoidea) in response to varying food quantity and quality. *Aquaculture* 183: 223-240.
- Kissing, J. & K. Hall. 1998. Review of harvest and status of world sea urchin, fisheries points to opportunities for aquaculture. *J. Shellf. Res.* 17: 1597-1604.
- Kitamura, H., S. Kitahara & H.B. Koh. 1993. The induction of larval settlement and metamorphosis of two sea urchins, *Pseudocentrotus depressus* and *Anthocidaris crassispina*, by free fatty acids extracted the coral-line red alga *Corallina pilulifera*. *Mar. Biol.* 115: 387-392.
- Klinger, T.S. 1982. Feeding rates of *Lytechinus variegatus* (Lamarck) on differing Physionomies of an artificial food of uniform composition, pp 29 - 32. In J.M. Lawrence. (ed). *Echinoderms: Proceedings of the international Conference, Tampa Bay. A. A Balkema, Rotterdam.*
- Lawrence, J. & A. Balzhin. 1998. Life-history strategies and the potential of sea urchins for aquaculture. *J. Shellf. Res.* 17: 1515-1522.
- Lawrence, J.M. 2001. *Edible sea urchin: Biology and ecology.* Elsevier Science B. V, Amsterdam. 413 p.
- Mangatierra, M. & J. Silva. 2001. Induced inflammatory process in the sea urchin *Lytechinus variegatus*. *Inv. Biol.* 120: 178-184.
- Metaxas, A. & C.M. Young. 1998. Behavior of echinoids larvae around sharp haloclines: effects of the salinity gradient and dietary conditioning. *Mar. Biol.* 131: 291-305.
- Montealegre, S. 1999. Aspectos biológicos del erizo *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea: Toxoneusptidae) en tres localidades del sur de la Isla de Margarita. Venezuela. Trabajo de grado para optar al Título de Licenciado en Biología Marina. Universidad de Oriente. Boca de Río. Venezuela. 125 p.
- Penington, J. 1985. The ecology of fertilization of echinoid eggs: the consequences of sperm dilution, adult aggregation, and synchronous spawning. *Biol. Bull.* 169: 417-430
- Sewell, M. & C. Young. 1999. Temperature limits to fertilization and early development in the tropical sea urchin *Echinometra lucunter*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 236: 291-305.
- Strathmann, M.F. 1987. *Reproduction and development of marine invertebrates of the Pacific coast.* Univ. Washington, Seattle. 670 p.
- Sokal, R. & F.J. Rohlf. 1981. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica.* H. Blume, Madrid. 832 p.
- Thompson, P.A. & P.C. Harrison. 1992. Effects of mono-specific algal diets of varying biochemical composition on the growth and survival of pacific oyster (*Crassostrea gigas*) Larva. *Mar. Biol.* 113: 645-54.
- Zamora, S. & W. Stoltz. 1994. Cultivo masivo en laboratorio de juveniles de erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782) (Echinodermata: Echinoidea). *Invest. Pesq.* 38: 37-34.