

Supervivencia y crecimiento larval de *Arbacia punctulata* (Echinodermata: Echinoidea) alimentada con cinco microalgas a dos salinidades

Marina García¹, Jesús Rosas², Iván Hernández¹, Aidé Velásquez¹, Tomas Cabrera¹
& Carlos Maneiro¹

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. Telefáx 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 survival and growth of *Arbacia punctulata* (Echinodermata: Echinoidea) fed with five micro-algae at two salinities. Fertilized eggs from an spontaneously spawn of thirty sexually mature sea urchins (*Arbacia punctulata*) were incubated to complete embryonic development. The echinopluteus larvae (3 ind/ml) were distributed into 50 plastic containers (25 containers at 30 psu and 25 containers at 40 psu) and fed on *Tetraselmis chuii*, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* and *C. calcitrans* under a natural photoperiod. The water of the containers was partially renewed (75%) everyday. Larval anatomic development aspects, daily survival and growth were determined. The growth was determined through postlarval arms and body length measurement, and body diameter of twelve larvae during metamorphosis. During the planktonic larval phase, only the *I. galbana* diet produced similar results for both salinities. The relative growth of larvae was isometric (I) for larvae fed on *I. galbana* at two salinities and positive allometric for those fed on *C. gracilis* and *C. calcitrans* at both salinities. In this study *A. punctulata* started metamorphosis at day 14 and was completed 30 days after fecundation. Significant differences were detected in post-settlement body growth between the two salinities ($F=23.58$, $p<0.05$): growth was better for larvae at 30 psu (final body diameter was 3.14 ± 0.44 mm). The final rate of planktonic larvae was highest with *I. galbana* (58.33%). For juveniles the rate was 6.48% for those fed on *C. gracilis* (40 psu in both larvae and juveniles). We recommend the use of this diet and 40 psu for survival or 30 psu for growth. Rev. Biol. Trop. 53(Suppl. 3): 329-336. Epub 2006 Jan 30.

Key words: *Arbacia punctulata*, Echinoidea, diets, growth, metamorphosis, survival.

Actualmente algunas especies son cultivadas por ser fuentes de divisas producto de la exportación dirigidas a consumidores de elevado nivel de ingresos (Pérez *et al.* 2000). La equinocultura comprende a los pepinos (Holoturoideos) y los erizos de mar (Equinoideos) siendo estos últimos uno de los alimentos marinos más valorados en el mundo, con un costo en Japón de 120 dólares americanos por kilogramo de gónadas frescas y una demanda total de 60 000 toneladas por año, esto sin incluir al resto de los países consumidores entre los que destacan Francia y Estados Unidos (Grosjean *et al.* 1998).

Los erizos son utilizados como provisión de óvulos para investigación y como alimento de otras especies en cultivo (Figueira 2003), por lo que es posible que sus poblaciones naturales no puedan responder a la demanda actual del mercado, siendo el cultivo una alternativa para cubrir la necesidad mundial y evitar la sobre explotación, con base en técnicas de cultivo que garanticen un rendimiento sustentable (Bustos y Olave 2001).

Para adquirir más conocimiento sobre el desarrollo larvario y juvenil de las especies de erizo de mar potencialmente cultivables se han realizado múltiples estudios (Fuentes y Barros

2000, Young y George 2000). Actualmente la equinocultura es una actividad poco desarrollada en Latinoamérica pero el mantenimiento y crianza en laboratorio de erizos de mar de distintas especies se ha logrado exitosamente en muchos países (Bustos y Olave 2001, Otero y Kelly 2002).

En la región nororiental de Venezuela en las Islas Margarita y Coche se pesca artesanalmente *Lytechinus variegatus*, con un costo de un dólar americano por 250 a 450 erizos para el 2001 (Gómez 2000). Aunado a estos esfuerzos se han realizado algunos estudios ecológicos sobre los equinoideos locales (Montealegre 1999, Gómez 2000) y sobre cultivo de larvas (Gómez de Mata 2001, Astudillo 2003, Buitrago *et al.* 2003).

El erizo de mar *Arbacia punctulata* (Lamarck, 1816) pertenece a la familia Arbaciidae, su principal característica es la presencia de cuatro placas triangulares similares entre si que cubren el periprócto. La testa es de color marrón oscuro, púrpura o negra, con espinas largas y puntiagudas de color semejante al de la testa. El área del sistema apical esta desnudo, al igual que las placas ambulacrales superiores de la superficie de la testa, el área del peristóma es blanca o marrón (Hendler *et al.* 1995). Habita en profundidades de 0 a 50 m en praderas de fanerógamas marinas, arrecifes de coral, en zonas rocosas y en zonas arenosas en asociación con conchas marinas. Se alimenta principalmente de algas, aunque su dieta incluye esponjas, pólipos de coral, lochas de mar y organismos de su misma especie (Hendler *et al.* 1995).

En este estudio se pretende demostrar que el crecimiento y supervivencia de las larvas varía según la dieta y por efecto de los diferentes niveles de salinidad. Con base en lo anterior, se planteó como objetivo, determinar la supervivencia, el crecimiento y describir algunos aspectos anatómicos relacionados con el desarrollo larval del erizo *A. punctulata* alimentado con microalgas (*Tetraselmis chuii*, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* y *C. calcitrans*) a sali-

nidades de 30 y 40 psu, cuyos resultados sean útiles para el cultivo de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Treinta erizos sexualmente maduros fueron capturados en la Isla de Cubagua (10°49'40" N, 64°10'40" W) y trasladados al Laboratorio de Cultivo de Zooplancton en el Instituto de Investigaciones Científicas (IIC) de la Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Venezuela. Se identificaron según Zoppi (1967) y Hendler *et al.* (1995). El desove fue espontáneo y los productos sexuales se diferenciaron cualitativamente. Los óvulos de color rojo púrpura, fueron colocados en un recipiente de vidrio, con 3 l de agua de mar filtrada y aireación moderada, los espermas de color blanco para su activación fueron colocados en un recipiente similar al de los óvulos (Eckert 1998). Después de dos minutos los espermas fueron agregados al envase que contenía los óvulos en una proporción de 100:1 espermas/óvulo. Los óvulos fertilizados fueron medidos y observados con un microscopio compuesto provisto de una cámara fotográfica, con la cual se tomaron fotografías de los cambios durante el desarrollo embrionario, el cual se realizó a temperatura ambiente de aproximadamente 30 ± 1°C.

Las larvas equinopluteus (3 ind/ml) se distribuyeron aleatoriamente en 50 envases de plástico de 20 l de capacidad, con 18 l de agua filtrada y aireación continua. 25 de los envases se mantuvieron a 30 psu, los 25 restantes fueron mantenidos a 40 psu. Los cultivos se realizaron bajo fotoperíodo natural y la temperatura del agua se verificó dos veces al día (de 7:00 a 9:00 am y de 12:00 md a 1:00 pm).

Las larvas se alimentaron con cinco dietas monoalgales (*T. chuii* - TBC, *N. oculata* - NOI, *I. galbana* var. *tahitiana* - ITM, *C. gracilis* - CGB y *C. calcitrans* - CHCAL), con cinco replicas en cada caso, las raciones diarias aumentaron en forma progresiva con ambas salinidades entre 20 a 80 x 10³ cel/ml, hasta que se completó la metamorfosis. Cada incremento de la ración fue de 20 x 10³ cel/

ml, justificado por la aparición de una nueva extremidad o estadio hasta equinopluteus con ocho brazos.

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). La tasa de recambio de agua fue del 75%/día, el agua se pasó a través de una malla de 75 μm permitiendo que la materia orgánica se depositara en el fondo de los envases de cultivo para ser removida cada dos días por sifoneo (Eckert 1998). La supervivencia diaria fue cuantificada en una muestra de 4 ml del cultivo utilizando una cámara de Bogorov. Para medir el crecimiento larval, se tomaron entre tres y cinco larvas de cada tratamiento y sus réplicas cada dos días (Eckert 1998) registrándose la longitud del ápice al extremo de uno de los brazos postorales (longitud de los brazos postorales) y la longitud del ápice al extremo opuesto donde comienza el cuerpo de la larva (longitud del cuerpo), durante el proceso de metamorfosis tan solo se consideró el diámetro del cuerpo de grupos de 12 larvas tomadas al azar. La nomenclatura empleada para designar el nombre de los brazos y de otras estructuras del cuerpo de la larva fue la propuesta por Eckert (1998).

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de la varianza de dos factores (Anova dos vías) para detectar diferencias de supervivencia y crecimiento diario en larvas de *A. punctulata* entre las combinaciones de los tratamientos (dieta y salinidad); cuando se encontró diferencias significativas se utilizó la prueba *a posteriori* de Tuckey para determinar los grupos homogéneos (Sokal y Rohlf 1983). Para el cálculo de la tasa de crecimiento y crecimiento relativo de las larvas se utilizó el análisis de regresión simple (Sokal y Rohlf 1983). Todos los supuestos requeridos por las pruebas paramétricas utilizadas fueron evaluados previamente, en todos los casos se utilizó $\alpha=0.05$ (Sokal y Rohlf 1983).

RESULTADOS

Las larvas alimentadas con *T. chunii* alcanzaron solo el estadio pluteus de cuatro brazos a ambas salinidades, produciéndose la mortalidad total de las larvas a los seis días de cultivo a 30 psu y a los ocho días a 40 psu. Las larvas alimentadas con *N. oculata* alcanzaron el estadio pluteus de seis brazos a 30 psu produciéndose la mortalidad total a los ocho días, mientras que a 40 psu alcanzaron el estadio pluteus de ocho brazos produciéndose la mortalidad total a los 17 días de cultivo. Las larvas alimentadas con las otras tres dietas (*I. galbana*, *C. calcitrans* y *C. gracilis*) lograron completar su desarrollo.

La supervivencia final se calculó utilizándose solo los datos provenientes de los cultivos de larvas que completaron su desarrollo, produciéndose diferencias ($F=5.03$, $p<0.05$) entre los tratamientos (tres dietas y dos salinidades) y resultando las combinaciones de *I. galbana* y *C. gracilis* a 40 psu las que presentaron mayor supervivencia (Cuadro 1).

La tasa de crecimiento mostró diferencias entre los tratamientos empleados ($F=23.58$, $p<0.05$). La prueba *a posteriori* mostró que las larvas alimentadas con *C. gracilis* a 40 psu, *I. galbana* en ambas salinidades y *C. calcitrans* a 30 psu fueron el grupo homogéneo que presentó las mayores tasas de crecimiento (Cuadro 1).

Se detectaron diferencias en el crecimiento relativo de los brazos con respecto al cuerpo en las larvas de *A. punctulata* entre los tratamientos ($F=2.74$, $p<0.05$). El crecimiento relativo de las larvas alimentadas con *I. galbana* que completaron su desarrollo fue isométrico (I) a ambas salinidades y alométrico positivo en las alimentadas con *C. gracilis* y *C. calcitrans* a ambas salinidades (Cuadro 1).

El día 14 se observó la primera fijación de las larvas en el fondo de los recipientes de cultivo, el cuerpo es redondo y aplanado con un diámetro de $381.7 \pm 68.4 \mu\text{m}$. El día 15 el diámetro del cuerpo fue de $386.7 \pm 68.8 \mu\text{m}$. El día 18 el diámetro del cuerpo fue de $403.1 \pm$

CUADRO 1

Supervivencia (%), *tasa de crecimiento (µm)* y *crecimiento relativo final de larvas planctónicas (13 días)* de *Arbacia punctulata* alimentadas con cinco dietas a dos salinidades

TABLE 1

Survival (%), *growth rate (µm)* and *final relative growth of planktonic larvae (13 days)* of *Arbacia punctulata* fed on five diets at two salinities

	Salinidad (psu)	<i>I. galbana</i>	<i>C. gracilis</i>	<i>C. calcitrans</i>
Supervivencia (%)	30	23.33	21.66	25.00
	40	58.33	55.00	51.66
Tasa de crecimiento (µm/d)	30	21.08	20.34	22.84
	40	21.96	22.34	15.52
Crecimiento relativo	30	I	A+	A+
	40	I	A+	A+

(µm/d) = micrómetro por día; I = Crecimiento Isodiamétrico; A+ = Crecimiento alométrico positivo
 Nota: *T. chuii* y *N. oculata* no completaron su desarrollo.

157.8 µm. El día 19 se observó el inicio de la metamorfosis de larvas con cinco brazos no consecutivos de color morado, visiblemente más largos y delgados que el resto de los brazos. Para el día 21, el diámetro de las larvas premetamórficas fue de 429.7 ± 100.9 µm. Se observaron diez brazos color morado en lugar de cinco, lo que parece indicar que el crecimiento de los brazos sigue un patrón pentaradial. Los siguientes días no se observaron nuevas características de importancia, hasta el día 30 después de la fecundación cuando se completó la metamorfosis, observándose el cuerpo rodeado por espinas de igual tamaño y coloración.

Se detectaron diferencias ($F=23.58$, $p<0.05$) en el crecimiento del cuerpo después de la fijación de las larvas entre las dos salinidades, la prueba *a posteriori* Tukey indicó que el crecimiento fue mayor para larvas mantenidas a 30 psu, con un diámetro del cuerpo al final del estudio de 3.14 ± 0.44 mm mientras que las mantenidas a 40 psu mostraron un diámetro final de 1.58 ± 0.16 mm. La tasa de crecimiento mostró diferencias entre las dos salinidades ($t=2.61$, $p<0.05$) siendo mayor para las larvas en proceso de metamorfosis mantenidas a 30 psu.

Durante la metamorfosis se detectó una alta mortalidad de las larvas alimentadas con *C. calcitrans* e *I. galbana* a ambas salinidades y solo las larvas alimentadas con *C. gracilis* lograron alcanzar una supervivencia final de 4.98% (30 psu) y 6.48% (40 psu) a los 49 días de cultivo.

DISCUSIÓN

Las larvas alimentadas con *N. oculata* y *T. chuii* a 30 y 40 psu no sobrevivieron, debido a que ambas microalgas presentaron bajo contenido en ácidos grasos poliinsaturados (Volkman *et al.* 1989), especialmente *N. oculata* es deficiente en el grupo de los omega-3 con abundancia de carbohidratos, los cuales no cumplen una función importante en la alimentación de las larvas (Ben-Amotz *et al.* 1987). La mayor supervivencia de las larvas planctónicas fue con *C. gracilis*, *C. calcitrans* e *I. galbana* a 40 psu, a este respecto, Ben-Amotz *et al.* (1987) y Volkman *et al.* (1989) señalan que *C. gracilis*, *C. calcitrans* e *I. galbana* poseen altas cantidades de ácidos grasos. Por otra parte es conveniente mencionar que los erizos

utilizados provenían de una zona con 37.7 psu de salinidad, presentándose una diferencia de 7.7 psu con la salinidad más baja (30 psu) y 2.3 psu (40 psu) con la salinidad más alta utilizada durante este estudio; con relación a esto Kinne (1977) señala que el contacto entre los tejidos y el ambiente marino en los equinodermos es directo e inmediato, por tanto la mayoría responde sensiblemente e inmediatamente a cambios en la calidad del agua y exhiben una limitada tolerancia a los cambios de salinidad.

En otro sentido, Metaxa y Young (1998), Beddingfield y McClintock (1998), concluyen que una dieta pobre en nutrientes altera el comportamiento de las larvas, el crecimiento y la forma del cuerpo, lo que disminuye la flotabilidad y termina influyendo en su supervivencia. Lo que puede explicar el hecho de que las larvas alimentadas con *N. oculata* y *T. chuii* (Cuadro 3) no culminaron su desarrollo debido a su bajo contenido de lípidos según McEdward y Herrera (1999) aunque posiblemente con *N. oculata* la cantidad de alimento fue deficiente.

Zamora y Stotz (1994) señalan que *I. galbana* y *C. gracilis* a 40 psu mostraron los mejores resultados en la supervivencia de larvas de *A. punctulata*, pero *I. galbana* (Iso T) produjo mejor supervivencia que *C. gracilis* en la alimentación de *Loxechinus albus*. Cabrera (1993) señala a *C. calcitrans* como una microalga con alto contenido de ácidos grasos, sin embargo Renaud *et al.* (1999) reportan a *I. galbana* con mayores valores de lípidos que *C. calcitrans* y Silva (1999) recomienda el uso de *I. galbana* como fuente de alimento para mejorar significativamente el rendimiento del cultivo en términos de supervivencia, crecimiento, desarrollo y calidad de las larvas.

Astudillo (2003) observó diferencias en la supervivencia entre los tratamientos del cultivo de larvas de *Echinometra lucunter*, obteniendo los mayores valores con *C. gracilis* y los menores con *I. galbana*. Silva (1999) señala que el contenido nutritivo de las microalgas varía dependiendo del medio de cultivo en el que se desarrollan, lo que podría explicar la diferencia en relación a los resultados obtenidos en esta investigación.

Roller y Stickle (1993) señalan que en los cultivos donde se utilizan salinidades superiores o inferiores al medio en el que se encuentran normalmente los organismos, producen mayor cantidad de larvas con malformaciones, sin embargo en el presente trabajo, se observó un 5% de larvas siamesas solo a 40 psu durante el desarrollo embrionario.

Otro elemento influyente en la supervivencia larval fue los pocos recambios de agua y altas densidades, caracterizado por el lento desarrollo de las larvas (McEdward y Herrera 1999). A este respecto, Buitrago *et al.* (2003) no obtuvieron diferencias en el tiempo de desarrollo, supervivencia, ni en el crecimiento al emplear tres densidades de cultivo para el erizo blanco *Lytechinus variegatus* y por el contrario recomiendan el cultivo a altas densidades. A pesar de que la densidad larvaria, no fue considerada como un factor determinante dentro de esta investigación, fue la más alta (3 ind/ml) con respecto a las usadas por otros autores, lo que pudo tener repercusiones importantes en la supervivencia.

Durante la metamorfosis se detectó alta mortalidad a ambas salinidades, evidente al verificar el fondo de los recipientes. Aunque el método de muestreo no fue el más adecuado para detectar la cantidad de individuos pre-metamórficos, la alteración de la metodología hubiese causado mayor estrés a las larvas, pudiendo así aumentar su mortalidad ya que implicaba periodos de exposición al aire. Kinne (1977) señala que los erizos jóvenes de *A. punctulata* tienden a fijarse en cualquier sustrato sólido, lo que dificulta la transferencia de los jóvenes sin el desgarramiento de sus tubos de alimentación.

La mayoría de los investigadores reportan gran mortalidad durante el proceso de metamorfosis, aparentemente debido a la alta actividad metabólica y pronunciada reorganización funcional y estructural interna, lo cual implica que los requerimientos ambientales y nutricionales de los individuos alcancen un máximo grado de especificidad, combinado con una mínima capacidad de tolerancia al estrés ambiental, la cual es menor en los invertebrados marinos

(Grosjean *et al.* 1998). Los valores de supervivencia final para los jóvenes de *A. punctulata* obtenidos en este trabajo (4.98% a 30 psu y de 6.48% a 40 psu) transcurridos 49 días de cultivo, fueron similares al valor reportado (5%) por Grosjean *et al.* (1998) después de la fase endotrófica.

Las microalgas *T. chuii* y *N. oculata* no suplen los requerimientos nutricios de las larvas *A. punctulata* (Beddingfield y McClintock 1998). La calidad de una dieta esta determinada por los nutrientes, la energía contenida en la misma y la eficiencia con la cual es ingerida, absorbida y asimilada, incluso algunos alimentos pueden ser inhibidores del crecimiento en echinoideos; sin embargo estas son ampliamente recomendadas para otras especies en cultivo (Volkman *et al.* 1989). A diferencia de *I. galbana*, *C. gracilis* y *C. calcitrans* las cuales poseen altas cantidades de lípidos (Volkman *et al.* 1989, Cabrera 1993) necesarias para las larvas de cualquier organismos en cultivo.

Boidron-Metairon (1988) señalan que el crecimiento del cuerpo de las larvas se ve influenciado directamente por la cantidad de alimento disponible en el medio donde se desarrollan. Sin embargo, los resultados demuestran que para *A. punctulata* el desarrollo del cuerpo se encuentra condicionado por la calidad del alimento y no por la concentración de alimento, ya que para las dietas a base de *I. galbana*, *C. gracilis* y *C. calcitrans* las tasas de crecimiento obtenidas fueron muy similares aunque el peso orgánico de las microalgas fue diferente.

Lamare y Barker (1999) observaron que existe una correlación positiva entre la tasa de desarrollo larval y la concentración del alimento influenciando su morfología. Se relaciona a las larvas de brazos largos para incrementar su superficie de alimentación con bajas concentraciones de alimento (McEdward y Herrera 1999), lo que produce el incremento en talla del cuerpo o cambios en la forma larval, también llamado plasticidad morfológica (Young y George 2000), en este estudio el crecimiento relativo isodiamétrico con *I. galbana* indicó que esta dieta permitió que el cuerpo y brazos de las larvas crecieran en igual proporción

mientras que con las dietas *C. gracilis* y *C. calcitrans* el cuerpo tuvo mayor crecimiento que los brazos corroborándose que las larvas de *A. punctulata* respondieron a la calidad y no a la cantidad del alimento suministrado.

Grosjean *et al.* (1998) señalan que por lo general siempre ocurre una disparidad de diámetro en la obtención de jóvenes en equinocultura. El crecimiento de las larvas planctónicas al igual que el de los jóvenes en este trabajo fue mayor a 30 psu, lo que indicó el efecto importante que tiene la salinidad sobre el crecimiento de estos organismos.

Los resultados sugieren la utilización de *I. galbana*, *C. gracilis* y *C. calcitrans* para el levantamiento de larvas de *A. punctulata* a salinidades de 40 psu para mayor supervivencia y de 30 psu para mayor crecimiento.

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

Huevos fertilizados obtenidos de un desove espontáneo de 30 erizos *Arbacia punctulata* capturados en la Isla de Cubagua (10°49'40" N, 64°10'40" W) fueron incubados hasta el final de su desarrollo embrionario. Las larvas equinopluteus (3 ind/ml) fueron distribuidas en 50 envases de plástico (25 envases a 30 psu y los otros 25 a 40 psu) y se alimentaron con *Tetraselmis chuii*, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* y *C. calcitrans* en fotoperíodo natural. Se realizó un recambio de agua diario del 75% del total del volumen. Se determinaron aspectos anatómicos del desarrollo larval, supervivencia diaria y crecimiento midiendo la longitud de los brazos postorales, longitud del cuerpo; y durante el proceso de metamorfosis el diámetro del cuerpo. Durante la fase planctónica de las larvas, solo la dieta a base de *I. galbana* dio resultados similares con las dos salinidades. El crecimiento relativo de las larvas fue isométrico (I) para las larvas alimentadas con *I. galbana* a ambas salinidades y alométrico positivo en las alimentadas con *C. gracilis* y *C. calcitrans* a ambas

salinidades. Las larvas de *A. punctulata* iniciaron su metamorfosis a los 14 días completándola 30 días después de la fecundación. Se detectaron diferencias ($F=23.58$, $p<0.05$) en el crecimiento del cuerpo después de la fijación de las larvas entre las dos salinidades, indicando que el crecimiento fue mayor para las larvas a 30 psu, con un diámetro del cuerpo al final de la experiencia de 3.14 ± 0.44 mm. El porcentaje de la supervivencia final de las larvas planctónicas fue mayor con *I. galbana* (58.33%) y para los jóvenes fue de 6.48% con *C. gracilis* en ambos casos a 40 psu. Se sugiere el uso de *I. galbana*, *C. gracilis* y *C. calcitrans* para el levantamiento de larvas de *A. punctulata* a salinidades de 40 psu para mayor supervivencia y 30 psu para mayor crecimiento.

Palabras claves: *Arbacia punctulata*, Echinoidea, dieta, crecimiento, metamorfosis, 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.
- Astudillo, D. 2003. Supervivencia y crecimiento larval del erizo *Echinometra lucunter* alimentado con dos dietas unialgales y una dieta mixta a base de microalgas. Tesis de pregrado, Universidad de Oriente Boca del Río, Nueva Esparta, Venezuela. 75 p.
- Beddingfield, S. & J. McClintock. 1998. Differential survivorship, reproduction, growth and nutrient allocation in the regular echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck) fed natural diets. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 226: 195-215.
- Ben Amotz, A., R. Fishler & A. Schneller. 1987. Chemical composition of dietary species of marine unicellular algae and rotifers with emphasis on fatty acids. *Mar. Biol.* 95: 31- 36.
- Boidron-Metairon, I. 1988. Morphological plasticity in laboratory – reared equinoplutei of *Dendraster excentricus* (Eschscholtz) and *Lytechinus variegatus* (Lamarck) in response to food conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 119: 31-41.
- 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 p.
- Bustos, E. & S. Olave. 2001. Manual: El cultivo del erizo (*Loxechinus albus*). División de acuicultura Instituto de Fomento Pesquero, Chile. 22 p.
- Cabrera, T. 1993. The nutritional value of live feeds and egg quality on the larval growth and survival of flounder (*Paralichthys olivaceus* Temminck et Schlegel). PhD dissertation, Pusan University, Korea. 194 p.
- Eckert, G. 1998. Larval development, growth and morphology of the sea urchin *Diadema antillarum*. *Bull. Mar. Sci.* 63: 443 - 451.
- Figueira, L. 2003. Crecimiento y sobrevivencia de larvas del camarón *Litopenaeus vannamei* (BOONE 1931) alimentadas con *Brachiomus plicatilis*, *Artemia* y larvas de *Lytechinus variegatus*. Tesis de pregrado, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela. 146 p.
- Fuentes, I. & C. Barros. 2000. Larval development and metamorphosis of cultured *Tetrapygyus niger* (Echinodermata Echinoidea): An uncommon form of echinoplutei. *Invert. reprod. Develop.* 37: 201- 209.
- Gómez, A. 2000. Abundancia de *Lytechinus variegatus* (Echinoidea: Toxopneustidae) en la isla de Cubagua, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 48: 125-131.
- Gómez de Mata, O. 2001. Desarrollo embrionario y larval de *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea: Toxopneustidae) bajo condiciones de Laboratorio. Trabajo de Ascenso, Universidad de Oriente, Venezuela. 55 p.
- Grosjean, P, C. Spirlet, P. Gosselin, D. Vaitilingon & M. Jangoux. 1998. Land-based, closed-cycle echinoculture of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinoidea: Echinodermata): A long-term experiment at a pilot scale. *J. Shellfish Res.* 17: 1523-1531.
- 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.
- Kinne, O. 1977. Echinodermata, p. 936 - 967. In O. Kinne (ed.) *Marine Biology*. Wiley, Toronto.
- Lamare, M. & M. Barker. 1999. *In situ* estimates of larval development and mortality in the New Zeland sea urchin *Evechinus chloroticus* (Echinodermata: Echinoidea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 180: 197-211.
- McEdward, L. 1986. Comparative morphometrics of echinoderm larvae. I. Some relationships between egg size and initial larval form in echinoids. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 96: 251-265.

- McEdward, L. & J. Herrera. 1999. Body form and skeletal morphometrics during larval development of the sea urchin *Lytechinus variegatus* Lamarck. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 232: 151-176.
- Metaxa, A. & C. Young. 1998. Responses of echinoid larvae to food patches of different algal densities. Mar. Biol. 130: 433-445.
- 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 pregrado, Universidad de Oriente, Venezuela. 85 p.
- Otero, M. & M. Kelly. 2002. Sea urchin cultivation: Controlling energy flow between somatic and gonadal growth. World Aqua. 33: 43-45.
- Renaud, S, L. Thin, & D. Parry. 1999. The gross chemical composition and fatty acid composition of 18 species of tropical Australian microalgae for possible use in mariculture. Aquaculture 170: 147-159.
- Pérez, J, M. Nirchio, & J. Gómez. 2000. Aquaculture: part of the problem, not a solution. Nature 408: 514.
- 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). Mar. Biol. 116: 583-591.
- Silva, A. 1999. Efecto de la microalga *Isochrysis galbana* en el cultivo temprano de larvas de *Paralichthys adspersus*. Cienc. Mar. 25: 267-276.
- Sokal, R. & F. J. Rohlf. 1983. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume, Madrid. 832 p.
- Volkman, J, S. Jeffrey, P. Nichols, G. Rogers, & C. Garland. 1989. Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used in mariculture. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 128: 219-240.
- Young, C. & S. George. 2000. Larval development of the tropical deep-sea echinoid *Aspidodiadema jacobyi*: Phylogenetic implications. Biol. Bull. 198: 387-395.
- Zamora, S. & W. Stotz. 1994. Cultivo masivo en laboratorio de Juveniles de erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782), (Echinodermata: Echinoidea). Inv. Pesq. 38: 37-54.
- Zoppi, E. 1967. Contribución al estudio de los equinodermos de Venezuela. Acta Biol. Venez. 5: 267-333.