

Efectos de la densidad de cultivo sobre la edad de reproducción y producción de quistes del camarón Duende *Streptocephalus mackini**

Culture density effects on the age of reproduction and cysts production of fairy Shrimp *Streptocephalus mackini*

Nemorio García Barrera** Martha Patricia Hernández Vergara** Carlos Iván Pérez Rostro**

Abstract

During the trial nauplii of fairy shrimp (*Streptocephalus mackini*) were cultivated in three fresh-water fish bowls with 200 L of fresh-water, at a density of 100 org. L⁻¹, 25% daily water changes, and semi-controlled conditions of temperature (27 ± 3 °C), pH 7-8.5, photoperiod (12 L: 12 O), dissolved oxygen at saturation, and feeding with a diet based of microalgae *Chorella* sp (1 × 10⁶ cel. mL⁻¹), to evaluate the velocity of growth and determine its equation. Subsequently, the effect of the density of culture on reproductive age (1:1 male: female) and production of cysts of pre-adults of the shrimp were evaluated during 21 days. Four treatments with three replicates were tested: T₁-50 org. L⁻¹, T₂-100 org. L⁻¹, T₃-150 org. L⁻¹ and T₄-200 org. L⁻¹; in 12 containers of 3 L of capacity and semi-controlled environmental conditions. The organisms initiated their reproductive phase, in average, at 10 days after their birth, and continued to the end of the trial. It was found that the maximum theoretical length under prevailing conditions was 26.49 mm, the value of the constant of catabolism was 0.034 mm and size at the time of birth was 0.896 mm. Results indicate that density directly affected the production of cysts and survival. The females that remained in T₁ produced significantly higher number of cysts (178.01 cysts/female) in relation to the remaining treatments (α = 0.05). The survival of the organisms in T₁ and T₂ (74.76 and 71.33%) indicate that the massive production of this species can be economically feasible, under the conditions that were tested.

Key words: *STREPTOCEPHALUS MACKINI*, DENSITY, CYSTS, GROWTH.

Resumen

Durante el estudio se cultivaron nauplios del camarón duende (*Streptocephalus mackini*) en tres peceras con 200 L de agua dulce, a densidad de 100 org. L⁻¹, recambios de agua de 25% diarios, y condiciones semicontroladas de temperatura (27 ± 3 °C), pH 7-8.5, fotoperiodo (12 L: 12 O), oxígeno disuelto a saturación, y alimentación a base de microalga *Chorella* sp (1 × 10⁶ cel. mL⁻¹), para evaluar la velocidad de crecimiento y establecer su ecuación. Posteriormente se determinó el efecto de la densidad de cultivo en la edad reproductiva y producción de quistes de preadultos del camarón (1:1 macho: hembra) durante 21 días. Se probaron cuatro tratamientos con tres réplicas: T₁-50 org. L⁻¹, T₂-100 org. L⁻¹, T₃-150 org. L⁻¹ y T₄-200 org. L⁻¹, en 12 recipientes de 3 L de capacidad y condiciones ambientales semicontroladas. Los organismos iniciaron su etapa reproductiva, en promedio, a los diez días de su nacimiento, y continuó hasta el final del ensayo. Se encontró que la longitud teórica máxima bajo las condiciones prevalecientes fue de 26.49 mm, el valor de la constante de catabolismo fue de 0.034 mm y la talla al tiempo de nacer de 0.896 mm. Los resultados indican que la densidad afectó directamente la producción de quistes y supervivencia. Las hembras que permanecieron en T₁ produjeron un número significativamente superior de quistes (178.01 quistes/hembra) con respecto a los tratamientos restantes (α = 0.05). La supervivencia de los organismos en T₁ y T₂ (74.76% y 71.33%) indican que la producción masiva de la especie puede ser económicamente factible, bajo las condiciones que se probaron.

Palabras clave: *STREPTOCEPHALUS MACKINI*, DENSIDAD, QUISTES, CRECIMIENTO.

Recibido el 28 de agosto de 2006 y aceptado el 10 de febrero de 2007.

*Artículo resultado de tesis de maestría en ciencias en acuicultura del primer autor.

**Instituto Tecnológico de Boca del Río, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Km 12, carretera Veracruz-Córdoba, Apartado Postal 68, CP 94290, Boca del Río, Veracruz, México, Telefax: + 52 229 9860189, ext. 21, correo electrónico: mphv1@yahoo.com.mx

Introduction

Due to the constant growth of the aquaculture activities and demand of food products for fish larvae and crustaceans, there is an overexploitation of resources that are commonly used as live food, mainly *Artemia* sp, that many times is difficult to obtain because of its price and quantities that aquaculturists require; there the need to search and develop culture technology to produce other organisms as live food.¹ Concrete cases are the massive cultures of invertebrates (rotifers, cladocerans and anostracans)^{2,3}

Fairy Shrimp (*Streptocephalus mackini*), can be considered as an alternate live food in aquaculture, due to its morphological characteristics and of similar culture as *Artemia*; besides being an organism that tolerates high density of confinement, presents a short life cycle, easy handling and, in contrast to *Artemia*, it can be produced at low costs.³

Fairy shrimps are organisms that produce embryos inside cysts, which stay latent during long periods, for which they resist extreme climatic variations, as draught seasons, during which they stay inside the cyst until favorable environmental conditions are present to reinitiate their life cycle. The cysts of fairy Shrimps, as well as the ones from *Artemia*, may be stored and be used when required as supplement or food in aquaculture, since they adequately cover the basic nutritional requirements of larvae stage in diverse fish and crustaceans, period when feeding is important.

Even though fairy Shrimp is a species with potential for feeding larvae aquacultures, little information exists in relation with their life cycle, fertility and cyst production. The aim of the present study is to contribute to the biological knowledge of the species through an experimental culture.

Material and methods

The present study was performed in the culture laboratory of native fresh-water crustaceans, of the Technological Institute of Boca del Río, Veracruz, Mexico; as part of the project: Evaluation of the aquaculture potentiality of native crustacean species.

Fairy shrimp cysts that were used in the study were obtained from a F1 lot, the organisms came from Hidalgo, Mexico, cultivated in laboratory.^{4,5}

For the first stage of the study 1 g of *S. mackini* cysts were left to hatch for 48 hours in a cone-shaped plastic container of 2 L capacity with 1 L of fresh-water, under standard laboratory culture conditions; oxygen saturation by means of 1 HP blower was connected to an aquarium hose and diffusion stones, with a temperature of $27 \pm 3^\circ\text{C}$, pH between 7.0 and 8.5 and photo-

Introducción

Debido al constante crecimiento de las actividades acuícolas y a la demanda de productos para la alimentación de larvas de peces y crustáceos, existe una sobreexplotación de los recursos que se utilizan comúnmente como alimento vivo, principalmente de la *Artemia* sp, que muchas veces es difícil de adquirir por su precio y en las cantidades que requieren los acuicultores; de aquí la necesidad de buscar y desarrollar la tecnología de cultivo para producir otros organismos como alimento vivo.¹ Casos concretos son los cultivos masivos de invertebrados (rotíferos, cladóceros y anostracos).^{2,3}

El camarón Duende, *Streptocephalus mackini*, puede considerarse como un alimento vivo alternativo en la acuicultura, debido a sus características morfológicas y de cultivo similares a la *Artemia*; además de que es un organismo que tolera densidades altas de confinamiento, presenta un ciclo de vida corto, fácil manejo y, a diferencia de la *Artemia*, se puede producir a bajos costos.³

Los camarones duende son organismos que producen embriones dentro de quistes, que permanecen latentes durante largos periodos, por lo que resisten variaciones extremas de clima, como temporadas de sequía, durante las cuales permanecen en el quiste hasta que se presentan condiciones ambientales propicias para reiniciar su ciclo de vida. Los quistes del camarón Duende, al igual que los de *Artemia*, se pueden almacenar y usar en el momento que se requieran como complemento o alimento en la acuicultura, debido a que consiguen cubrir adecuadamente los requerimientos nutrimentales básicos de estadios larvarios de diversos peces y crustáceos, periodo en el que la alimentación es importante.

A pesar de que el camarón Duende es una especie con potencial para la alimentación de larvicultivos acuícolas, existe poca información en relación con su ciclo de vida, fertilidad y producción de quistes. Con el presente estudio se pretende contribuir al conocimiento biológico de la especie mediante un cultivo experimental.

Material y métodos

El presente estudio se realizó en el laboratorio de cultivo de crustáceos nativos de agua dulce, del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México; como parte del proyecto: Evaluación del potencial acuícola de especies de crustáceos nativos.

Los quistes de camarón Duende que se usaron en el estudio se obtuvieron de un lote F1, de organismos provenientes de Hidalgo, México, que se cultivaron en el laboratorio.^{4,5}

period of 12 L:120, similar conditions for culture and hatching of *Artemia* sp, with the variable of culture in fresh-water.²

When the cysts hatched, they were collected and transferred to three fish bowls of approximately 200 L with fresh-water and constant aeration, seeded at a density of 100 org L⁻¹. The organisms were fed on a base of microalgae (*Chlorella* sp) at a density of 5 × 10⁵ cel mL⁻¹ from hatch until the sexually mature indicators appeared; subsequently, food concentration was increased to 1 × 10⁶ cel mL⁻¹. Change of 25% of water was performed daily, with the purpose of maintaining favorable conditions of water quality.

Determination of growth velocity and growth equation

Daily and throughout the study, growth of the experimental organisms in function of the increment of total length (mm) was evaluated, that was considered as the measure from the point of the rostrum to the telson.⁶ Sixty organisms from the culture fish bowls were randomly collected with a spoon-shape net; subsequently, they were measured on a sedgewick-Rafter chamber with a mm scale,* with support of a stereoscopic microscope** at a magnification of 5-10X.⁶ The length data, since the moment of hatch and until death of the organisms, were used to establish the equation of the growth curve of the species, by means of the Von Bertalanffy model,⁶ and to determine the maximum growth in length (L_∞), the constant of catabolism or degree of growth (-K), and the theoretical size of the organism at birth (t₀).

$$Lt = L_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Where:

Lt = Length in time t

L_∞ = Maximum theoretical length that the organism reaches

-k = Catabolism constant (degree of growth)

t₀ = Time at which the organism is born.

Age of reproduction

The growth of the experimental organisms and the age at which they developed the first external sexual characters were evaluated from the observation of the external anatomical changes of the individuals, with a stereoscopic microscope. The sexual differentiation was established by the presence of brood sacks in females, and of the development of the first pair of antennae in males. The beginning of the reproductive age was considered from the moment the presence or

Para la primera etapa del estudio se puso a eclosionar durante 48 horas, 1 g de quistes de *S. mackini* en un recipiente cónico de plástico de 2 L de capacidad y 1 L de agua potable, bajo condiciones estándar de cultivo en el laboratorio: saturación de oxígeno mediante un soplador de 1 HP que se conectó a una manguera para acuario y piedras difusoras, con temperatura de 27 ± 3°C, pH entre 7.0 y 8.5 y fotoperiodo de 12 L:12O, condiciones similares a las que se indican para eclosión y cultivo de *Artemia* sp, con la variable de cultivo en agua dulce.²

Cuando los quistes eclosionaron, se recolectaron y transfirieron a tres peceras de aproximadamente 200 L con agua dulce y aireación constante, en donde se sembraron a una densidad de 100 org L⁻¹. Los organismos se alimentaron a base de microalga (*Chorella* sp) a densidad de 5 × 10⁵ cel mL⁻¹ desde la eclosión hasta la aparición de los indicadores de madurez sexual, y posteriormente se incrementó la concentración de alimento a 1 × 10⁶ cel mL⁻¹. Diariamente se realizó recambio de agua del 25%, con el propósito de mantener condiciones adecuadas de calidad del agua.

Determinación de la velocidad de crecimiento y ecuación de crecimiento

Diariamente y a lo largo del estudio, se evaluó el crecimiento de los organismos experimentales en función del incremento de la longitud total (mm), que se consideró como la medición desde la punta del rostrum al telson.⁶ Se recolectaron, al azar, 60 organismos de las peceras de cultivo, con una red de cuchara, luego se les midió sobre una cámara de sedgewick-Rafter con escala en mm,* con apoyo de un microscopio estereoscópico** a un aumento de 5-10X.⁶ Los datos de longitud desde el momento de eclosión y hasta la muerte de los organismos, se usaron para establecer la ecuación de la curva de crecimiento de la especie, mediante el modelo de Von Bertalanffy,⁶ y para determinar el crecimiento máximo en longitud (L_∞), la constante de catabolismo o grado de crecimiento (-K), y el tamaño teórico del organismo al tiempo de nacer (t₀).

$$Lt = L_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Donde:

Lt = Longitud al tiempo t

L_∞ = Longitud máxima teórica que alcanza el organismo

*Aquatic ecosystem, Estados Unidos de América.

**Leica Zoom 2000 mod. Z45V, Estados Unidos de América.

release of the cysts into the brood sack was observed, during culture days.³

Cyst production

To determine the effect of culture density on the number of cysts that an adult female fairy Shrimp produces, three thousand mature organisms coming from the growth fish bowls were used and distributed in four treatments with three replicas: T₁-50 org L⁻¹, T₂-100 org L⁻¹, T₃-150 org L⁻¹ and T₄-200 org L⁻¹, in a gender ratio of 1:1 (males: females). For the experimental system 12 glass recipients of 3 L of capacity were used, where 2 L of fresh-water were added, and were kept under the following culture conditions: temperature 27 ± 3°C, pH 7-8.5, and oxygen saturation by means of individual diffusion stones that were connected to the aeration system of the laboratory. The environmental parameters were weekly evaluated during the study. Temperature was determined with a thermometer,* pH with a potentiometer** and dissolved oxygen with a colorimeter.***

Once a day 1 L of microalgae *Chorella* sp (cultured in Guillard "f/2" medium),⁷ was given as food to the experimental organisms, by experimental unit at 1 × 10⁶ cel mL⁻¹ density. Every day the sediments in the bottom were eliminated from the experimental units with an aquarium hose, and 1 L of water was substituted by 1 L of microalgae at the established density. The sediments from the experimental units were collected and checked to detect the presence of cysts. When the first cysts were observed only the water from the water column was eliminated during the daily changes, and the sediment was weekly collected in a beaker. The sediment was dried in a stove* at 40 °C for 24 h; subsequently, it was sieved with two meshes (400 and 150 µm of calibrated mesh) until the cysts were obtained free of foreign matter. The cysts were stored per treatment in test tubes. At the end of the study, the total number of cysts per treatment was determined by individual count by triplicate in a stereoscopic microscope and manual counter.**

At the end of the reproduction cycle, the survival of the breeders by means of individual counting of organisms per treatment and gender was determined. Likewise, with the final number of females, the number of cysts that were produced by female was established.

Result analysis

The results of the sexual maturity study, number of cysts/female and survival per treatment, were evaluated with a one-way variance analysis (ANOVA) at 95% confidence, as well as a covariance analysis between

-k = Constante de catabolismo (grado de crecimiento)

to = Tiempo al cual el organismo nace.

Edad de reproducción

El crecimiento de los organismos experimentales y la edad a la que se desarrollaron los primeros caracteres sexuales externos se evaluaron a partir de la observación de los cambios anatómicos externos de los individuos, con un microscopio estereoscópico. La diferenciación sexual se estableció mediante la presencia o ausencia de saco ovífero en hembras, y del desarrollo del primer par de antenas en los machos. El inicio de la edad reproductiva se consideró a partir del momento en el que se observó, durante los días de culivo, la presencia o deposición de quistes en los sacos ovíferos.³

Producción de quistes

Para determinar el efecto de la densidad de cultivo en el número de quistes que produce una hembra madura de camarón duende, se usaron tres mil organismos maduros provenientes de las peceras de crecimiento que se distribuyeron en cuatro tratamientos con tres réplicas: T₁-50 org L⁻¹, T₂-100 org L⁻¹, T₃-150 org L⁻¹ y T₄-200 org L⁻¹, en una relación de sexos 1:1 (machos: hembras). Para el sistema experimental se utilizaron 12 recipientes de vidrio de 3 L de capacidad, donde se agregaron 2 L de agua potable, y se mantuvieron bajo las siguientes condiciones de cultivo: temperatura 27 ± 3°C, pH 7-8.5, y saturación de oxígeno mediante piedras difusoras individuales que se conectaron al sistema de aireación del laboratorio. Los parámetros ambientales se evaluaron semanalmente durante el transcurso del estudio. La temperatura se determinó con un termómetro,* el pH con un potenciómetro** y el oxígeno disuelto con un colorímetro.***

A los organismos experimentales se les proporcionó como alimento una vez al día, 1 L de microalga *Chorella* sp (cultivada en medio Guillard "f/2" 7), por unidad experimental, a densidad de 1 × 10⁶ cel mL⁻¹. Diariamente se eliminaron los sedimentos del fondo de las unidades experimentales con una manguera para acuario, y se sustituyó 1 L del agua por 1 L de microalgas a la densidad establecida. Los sedimentos de las unidades experimentales se recolectaron y revisaron para detectar la presencia de quistes. Al

*Brannan, 76 mm de inmersión, Estados Unidos de América.

**Hanna Instruments pH 211, Puerto Rico.

***Smart Lamotte, Aquatic ecosystem, Estados Unidos de América.

densities, the survival and cyst production; meanwhile, the differences between the means were determined from a multiple rank of Tukey test, with the STATISTICA 7.0 program.⁸

Results

The reproductive period was initiated in the experimental organisms at the moment in which sexual characters were detected, that was ten days after hatching, when shrimps presented an average length of 10 mm (Figure 1). Growth in organisms continued along with gonad maturity, and from day 18 of culture the first cysts were observed in all experimental units. At the end of the study, after 37 days of culture, the organisms presented an average length of 19.28 mm for both genders.

By means of Von Bertalanffy model⁶ it was determined that the maximal theoretical length (L_{∞}) that organisms can reach is of 26.49 mm in an approximate time of 270 days, length at time of birth (T_0) of 0.8961 mm and a growth constant ($-K$) equal to 0.034 mm (Figure 2).

Likewise, the results of correlation analysis indicate that the culture density affects female fairy Shrimps' survival ($F = 31.8549$; $P = 0.00021$; $gl = 10$) as well as cysts production ($F = 23.2465$; $P = 0.00070$; $gl = 10$)(Figure 3).

Females that stayed at the experimental units of treatments T_1 and T_2 had superior significant survival (70%) in relation to females of treatments T_3 and T_4 (55% in average). The density effect on the survival of females, caused consequences in the results of cysts total production per treatment and per female. Females T_1 produced significantly greater number of cysts (178.22 cysts per female) in comparison to females of treatments T_2 and T_3 , that did not showed differences among them, but were significantly superior to the results of T_4 . In contrast to females, the density of culture did not affect the survival of the males in the different treatments (Table 1).

The total cyst number at the end of the experiment was not significantly different between treatments, due to the effect on final survival of females, which varied among treatments.

The average environmental parameters that were maintained during the assay were: pH 7.24, temperature 27.8°C, photoperiod of 12 L:12 O and oxygen of 6.12 mg/L, that were within the range that are notified as adequate for this species.

Discussion

With the results of the present study it is considered that the quantity, quality and frequency of the food

observar los primeros quistes se procedió a eliminar únicamente el agua de la columna de agua durante los recambios diarios, y semanalmente se recolectaba el sedimento en un vaso de precipitado. El sedimento se secó en una estufa* a 40°C por 24 horas, y posteriormente se tamizó con dos mallas (400 y 150 μ m de luz de malla) hasta obtener los quistes libres de materiales extraños. Los quistes se almacenaron por tratamiento en tubos de ensaye. Al final del estudio se determinó el número total de quistes por tratamiento mediante el conteo individual por triplicado en un microscopio estereoscópico y un contador manual.**

Al final del ciclo de reproducción, se determinó la supervivencia de los reproductores mediante el conteo individual de organismos por tratamiento y sexo. Asimismo, con el número final de hembras, se estableció el número de quistes que se produjeron por hembra.

Análisis de resultados

Los resultados del estudio de maduración sexual, número de quistes/hembra y supervivencia por tratamientos, se evaluaron con un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) al 95% de confianza, así como un análisis de covarianza entre las densidades, la supervivencia y la producción de quistes; mientras que las diferencias entre las medias se determinaron a partir de una prueba de rangos múltiples de Tukey, con el programa STATISTICA 7.0.⁸

Resultados

El periodo reproductivo se inició en los organismos experimentales en el momento en que se detectaron los caracteres sexuales, que fue diez días después de la eclosión, cuando los camarones presentaban una longitud promedio de 10 mm (Figura 1). El crecimiento en los organismos continuó junto con la maduración gonadal, y a partir del día 18 de cultivo se observaron los primeros quistes en todas las unidades experimentales. Al final del estudio, después de 37 días de cultivo, los organismos presentaron una longitud promedio para ambos sexos, de 19.28 mm.

Mediante el modelo de Von Bertalanffy⁶ se determinó que la longitud máxima teórica (L_{∞}) que pueden alcanzar los organismos es de 26.49 mm en un tiempo aproximado de 270 días, una longitud al tiempo de nacer (T_0) de 0.8961 mm y constante de crecimiento ($-K$) igual a 0.034 mm (Figura 2).

Asimismo, los resultados del análisis de correlación indican que la densidad de cultivo afecta tanto la supervivencia de las hembras del camarón Duende ($F = 31.8549$; $P = 0.00021$; $gl = 10$) como la producción de

*LabLine Instrument INC, Estados Unidos de América.

**Gimex, S. A. TM-4, China.

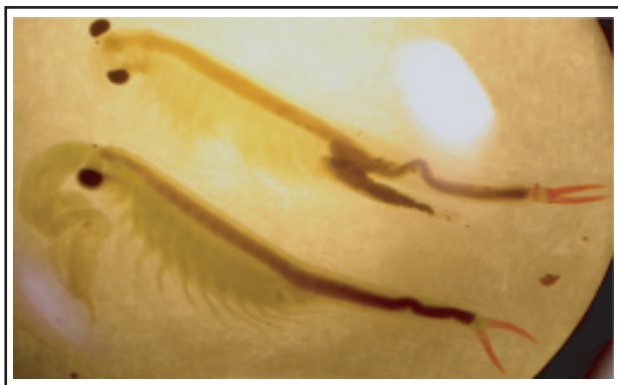


Figura 1: Vista al microscopio estereoscópico de hembra con sacos ovígeros y macho de camarón Duende *Streptocephalus mackini*.

Figure 1: Stereoscopic microscope view of female with brood sacs and fairy Shrimp *Streptocephalus mackini* male.

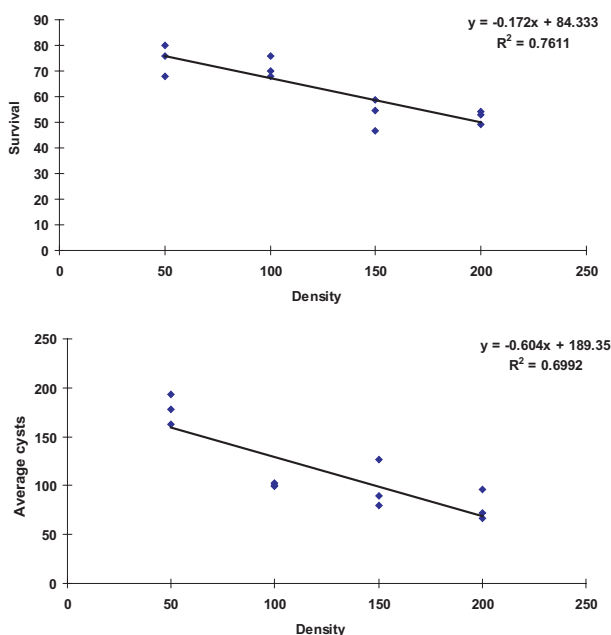


Figura 3: Correlación de la supervivencia y producción de quistes respecto de la densidad de cultivo.

Figure 3: Correlation of survival and production of cysts in regard to density of culture. .

administered to the organisms in study was sufficient to obtain efficient growth and development. Sorgeloos *et al.*² mention that to obtain growth and efficient alimentary conversions during *Artemia* sp culture, it is necessary to maintain a constant density of food, while Castro *et al.*⁹ suggest that during the culture of *Artemia* it should have a minimum quantity of food of 0.5×10^6 cel mL⁻¹ to keep a population of 1-3 org mL⁻¹, they also mention that if a mixture of green and brown microalgae is supplied, superior yield is obtained than with monoalgae diets. Anaya-Soto *et al.*¹⁰ the same as Lopez and Pereira¹¹ indicate that they cultivated fairy shrimps *S. mackini* and *Thamnocephalus vene-*

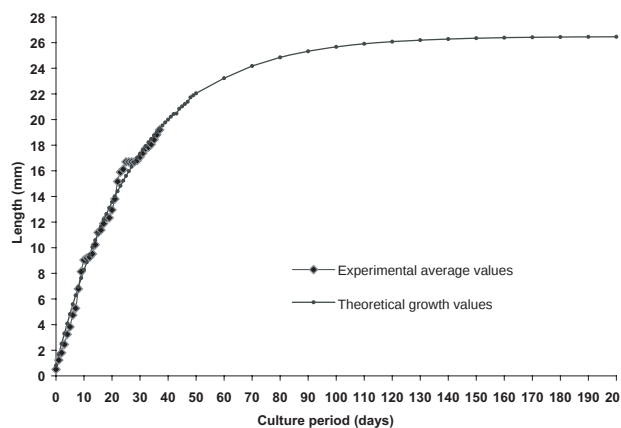


Figura 2: Curva de crecimiento del camarón Duende *Streptocephalus mackini* en el tiempo (días).

Figure 2: Growth curve of fairy Shrimp *Streptocephalus mackini* in time (days).

quistes ($F = 23.2465$; $P = 0.00070$; $gl = 10$)(Figura 3).

Las hembras que permanecieron en las unidades experimentales de los tratamientos T₁ y T₂ tuvieron supervivencias significativamente superiores (70%) con respecto a las hembras de los tratamientos T₃ y T₄ (55% en promedio). El efecto de la densidad sobre la supervivencia de las hembras, ocasionó a su vez consecuencias en los resultados de producción total de quistes por tratamiento y por hembra. Las hembras de T₁ produjeron un número significativamente mayor de quistes (178.22 quistes por hembra) en comparación con las hembras de los tratamientos T₂ y T₃, que no presentaron diferencias entre sí, pero fueron significativamente superiores a los resultados de T₄. A diferencia de las hembras, la densidad de cultivo no afectó la supervivencia de los machos en los diferentes tratamientos (Cuadro 1).

El número de quistes total al final del experimento no fue significativamente diferente entre tratamientos, debido al efecto de la supervivencia final de hembras, que varió entre tratamientos.

Los parámetros ambientales promedio que se mantuvieron durante el ensayo fueron: pH 7.24, temperatura 27.8°C, fotoperiodo de 12 L: 12 O y oxígeno de 6.12 mg/L, que estuvieron dentro de los rangos que se notifican como adecuados para esta especie.

Discusión

Con los resultados del presente estudio se considera que la cantidad, calidad y frecuencia del alimento que se suministró a los organismos en estudio fue suficiente para obtener crecimiento y desarrollo eficientes. Sorgeloos *et al.*² mencionan que para tener crecimientos y conversiones alimentarias eficaces durante el cultivo de *Artemia* sp, es necesario man-

Cuadro 1

RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL EFECTO DE LA DENSIDAD DE CULTIVO EN LA
SUPERVIVENCIA Y PRODUCCIÓN DE QUISTES DEL *Streptocephalus mackini*
RESULTS OF THE STUDY ON EFFECTS OF CULTURE DENSITY ON SURVIVAL AND PRODUCTION
OF *Streptocephalus mackini* CYSTS

Variables	Treatment (Average $\pm$ SD)			
	T_1	T_2	T_3	T_4
Female survival (%)	74.76 $\pm$ 6.11 ^a	71.33 $\pm$ 4.16 ^a	53.33 $\pm$ 6.11 ^b	52 $\pm$ 2.64 ^b
Male survival (%)	63.33 $\pm$ 3.055 ^a	64 $\pm$ 2.64 ^a	56.66 $\pm$ 3.52 ^a	57.33 $\pm$ 5.50 ^a
Survival of both genders (%)	69 $\pm$ 4.58 ^a	67.66 $\pm$ 3.01 ^a	55 $\pm$ 3.52 ^b	54.66 $\pm$ 4.04 ^b
Number of cysts/female	178.01 $\pm$ 14.80 ^a	100.80 $\pm$ 1.58 ^b	98.49 $\pm$ 4.77 ^c	78.12 $\pm$ 15.71 ^d
Number of cysts/treatment at the end of the study	6655.46 $\pm$ 917.19 ^a	7188.60 $\pm$ 354.68 ^a	7729.84 $\pm$ 991.15 ^a	8069.04 $\pm$ 1180.48 ^a

Values per row with the same superscripts denote non significant differences ($P < 0.05$)

zuelensis for a period of 24 to 85 days, at a density of 7 and 12 organisms L⁻¹, respectively, and various foods such as microalgae *Chorella* sp, mixtures of different green microalgae, yeast, mixture of yeast-microalgae and soy flour at concentrations of 0.5×10^6 to 2.8×10^6 cel mL⁻¹. In general they obtained a growth in length between 20 to 30 mm, while the best performances were observed in the organisms that were fed with the diets composed of *Chorella* sp and a mix of different microalgae; similar results as to the ones obtained in the present study, even though the culture densities were different, maybe due to the quantity and quality of the food administered in the study.

The organisms' growth equation of the present study indicates that they obey to a logistic growth curve; similar results obtained by Beladdjal *et al.*¹² for *S. torvicornis* with a constant catabolism of 0.0373, maximum theoretical length of 24.23 in a period of 144 to 325 days of culture, and theoretical size of the nauplii at birth of 0.061. The minimum age of reproduction in the study was considered as the moment that the organisms in culture started to develop sexual characters, which happened days after hatching, while the releasing of cysts initiated from day 18 of life, and continued for a period of 21 days more. The data coincides with what Castrejon *et al.*¹ inform for *S. dichotomus*, and Beladdjal *et al.*¹² for *S. torvicornis*, who observed that the period of reproduction started between three and 19 days after hatching; while the release of the cysts was present eight days after the cysts were stored in the brood sack, and may continue for a period which varies with respect to the species, as well as environmental factors such as: temperature,

tener una densidad constante de alimento, mientras que Castro *et al.*⁹ sugieren que durante el cultivo de la *Artemia* se debe tener una cantidad mínima de alimento de 0.5×10^6 cel mL⁻¹ para conservar una población de 1-3 org mL⁻¹, además señala que si se proporciona una mezcla de microalgas verdes y pardas, se obtienen rendimientos superiores que con dietas monoalgales. Anaya-Soto *et al.*¹⁰ al igual que López y Pereira¹¹ indican que cultivaron camarones *Duende S. mackini* y *Thamnocephalus venezuelensis* por un periodo de 24 a 85 días, a densidad de 7 y 12 organismos L⁻¹, respectivamente, y varios alimentos como microalga *Chorella* sp, mezclas de diferentes microalgas verdes, levadura, mezcla de levadura-microalgas y harina de soya a concentraciones de 0.5×10^6 a 2.8×10^6 cel mL⁻¹. En general obtuvieron crecimiento en longitud entre 20 a 30 mm, mientras que los mejores rendimientos los observaron en los organismos que se alimentaron con las dietas compuestas de *Chorella* sp y mezcla de diferentes microalgas; resultados similares a los del presente estudio, a pesar de que las densidades de cultivo fueron diferentes, debido, quizá, a la cantidad y calidad del alimento que se suministró en la investigación.

La ecuación de crecimiento de los organismos del presente estudio indica que obedecen a una curva de crecimiento logístico; resultados similares a los que obtuvieron Beladdjal *et al.*¹² para *S. torvicornis* con constante de catabolismo 0.0373, longitud máxima teórica de 24.23 en un lapso de 144 a 325 días de cultivo, y tamaño teórico del nauplio al momento de nacer de 0.061. La edad mínima de reproducción en el estudio se consideró como el momento en que los organis-

pH, ammonium, culture density, availability and quantity of food administered, and that may be of 28 to 325 days.^{3,10,11}

In accordance with the results of the present study, it is considered that the culture density is a limiting factor in cyst production of this species, maybe due to a greater density which presents greater competence for space and food. Ali *et al.*¹³ determined that a restrictive factor during reproduction of *S. proboscideus* is the availability, quantity and quality of food, since it produces a significant effect in volume, quantity and size of the cysts, independently from the type of diet administered. Castrejon and Porras³ and Brendonck *et al.*¹⁴ indicate that during cyst obtaining of *S. mackini* and *S. proboscideus*, they used densities of 1 to 10 org L⁻¹ and wide availability of food, with this they promoted superior quantities of cysts (300-1 800 cysts/females) to the ones obtained in this study. This could have been due to the increment in the culture density which caused competence for food and space, which in turn, decreased the possibilities of the females to storage energy for posterior production of cysts, since the quantity of food administered did not vary with the densities proven. Besides the density effect on the cyst production, the results also show a possible consequence in survival, since the organisms that were kept at low densities (T₁ and T₂), had significant superior survival percentages with respect to the shrimps that were kept in high density treatments. Anaya-Soto *et al.*¹⁰ inform that when cultivating fairy shrimp at a density of 2 organisms/L⁻¹ (in gender proportion of 1:1 male: female), obtained survivals superior to 50%, percentages similar to the results in this study, which may be positively attributed to the space and food quality provided.

The massive production of *Artemia* sp cysts generally is done in sophisticated culture systems raceway type (in batteries with high flow), in which temperature, salinity, oxygen, food, population density and culture medium cleanliness were kept under control; therefore, commercial costs are high, besides cyst production is low (0.5 g of cysts in dry weight per 3 000 L of culture volume).^{15,16} In contrast to the last, during the culture of fairy Shrimp *S. mackini* it was proved that the environmental conditions for production are less strict, and the factors that intervene mainly for the success of the activity are the quantity of food, availability and population density, according to the results obtained in this study. Likewise, it was proven that fairy Shrimp resist wide temperature ranges and low oxygen concentrations, additional advantages in this species.¹⁰⁻¹³

mos en cultivo comenzaron a desarrollar caracteres sexuales, lo que sucedió diez días después de la eclosión, mientras que el periodo de deposición de quistes inició a partir del día 18 de vida, y continuó por un periodo de 21 días más. Los datos coinciden con lo que informan Castrejón *et al.*¹ para *S. dichotomus*, y Beladdjal *et al.*¹² para *S. torvicornis*, quienes observaron que el periodo de reproducción inició entre los tres y 19 días después de la eclosión; mientras que la deposición de los quistes se presentó ocho días después de que los quistes se almacenaron en el saco ovífero, y puede continuar por un periodo que varía con respecto a la especie, así como por factores ambientales, como temperatura, pH, amonio, densidad de cultivo, disponibilidad y cantidad de alimento que se suministre, y que puede ser de 28 a 325 días.^{3,10,11}

De acuerdo con los resultados del presente estudio, se considera que la densidad de cultivo es un factor limitante en la producción de quistes en esta especie, debido quizá a que a mayor densidad se presenta competencia por espacio y alimento. Ali *et al.*¹³ determinaron que un factor restrictivo durante la reproducción de *S. proboscideus* es la disponibilidad, cantidad y calidad del alimento, ya que produce un efecto significativo en volumen, cantidad y tamaño de los quistes, independientemente del tipo de dieta que se proporcione. Castrejón y Porras³ y Brendonck *et al.*¹⁴ señalan que durante la obtención de quistes de *S. mackini* y *S. proboscideus*, utilizaron densidades de 1 a 10 org L⁻¹ y amplia disponibilidad de alimento, con lo que promovieron cantidades de quistes superiores (300-1 800 quistes/hembra) a los que se obtuvieron en este estudio. Lo anterior pudo deberse a que en esta investigación, el incremento en la densidad de cultivo provocó competencia por alimento y espacio, lo que disminuyó las posibilidades de las hembras de almacenar energía para la posterior producción de quistes, ya que la cantidad de alimento que se suministró no varió con las densidades que se probaron. Además del efecto de la densidad en la producción de quistes, los resultados indican también una posible consecuencia en la supervivencia, ya que los organismos que se mantuvieron a bajas densidades (T₁ y T₂), tuvieron porcentajes de supervivencia significativamente superiores con respecto a los camarones que se mantuvieron en los tratamientos a altas densidades. Anaya-Soto *et al.*¹⁰ informan que al cultivar camarón Duende a densidad de 2 organismos/L⁻¹ (en proporción de sexos 1:1 hembra:macho), obtuvieron supervivencias superiores a 50%, porcentaje similar a los resultados en este estudio, lo que puede atribuirse positivamente al espacio y a la calidad de alimento que se proporcionó.

La producción masiva de quistes de *Artemia* sp en general se realiza en sistemas sofisticados de cultivo tipo *raceway* (en baterías con corriente rápida), en los

Referencias

1. Castrejón OL, Soriano SM, Soto AE. Biología y aprovechamiento del camarón Duende *Streptocephalus* sp. Puerto Ángel, Oaxaca México: Ed. Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar, 1993.
2. Sorgeloos P, Lavens P, Lé P, Win T, Versichele D. Manual para el cultivo y uso de *Artemia* en acuicultura. Italia: FAO, 1986.
3. Castrejón OL, Porras D. Cultivo de alimento vivo para la acuicultura, Puerto Ángel, Oaxaca, México: Ed. Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar, 1994.
4. Maeda-Martínez A, Obregón B.H. Taxonomía y distribución de los filópodos (Crustacea: Branchiopoda, Anostraca, Notostraca, Spinicaudata y Laevicaudata) de México. La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC, División de Biología Marina, Informe del Proyecto Conabio H068, 1998.
5. Prieto SM. Taxonomía y distribución de los camarones Duende del género *Streptocephalus* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) de México (tesis de licenciatura). Gómez Palacio (Durango) México: Universidad Juárez del Estado de Durango, 1998.
6. Esparre P, Venema C. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Roma, Italia: Documento técnico FAO (1), 1977.
7. Guillard RRL, Rhyter JH. Studies on marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustled and *Detonula confervacea* (Cleve). Gran Can J Microbiol 1962 8: 229-239.
8. StatSoft, Inc. STATISTICA for Windows (Computer program manual), version 6.2. Tulsa, OK: 2300 East 14th Street, Tulsa, 1995.
9. Castro MG, Malpica SA, Castro MJ, Castro BT. Técnicas de cultivo de especies planctónicas e invertebrados útiles para la acuicultura. México DF: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, 2004.
10. Anaya-Soto A, Sarma SS, Nandini S. Longevity of the freshwater anostracan *Streptocephalus mackini* (Crustacean: Anostraca) in relation to food (*Chlorella vulgaris*) concentration. Freshwater Biol: 2003; (48): 432-439.
11. López SB, Pereira G. Efectos de la temperatura y la que se mantiene en control la temperatura, salinidad, oxígeno, alimento, densidad poblacional y limpieza del medio de cultivo, por lo que comercialmente son costosos, pero además la producción de quistes es baja (0.5 g de quistes en peso seco por volumen de 3 000 L de cultivo).^{15,16} A diferencia de lo anterior, durante el cultivo del camarón Duende *S. mackini* se constató que las condiciones ambientales para la producción son menos exigentes, y que los factores que intervienen principalmente en el éxito de la actividad son la cantidad de alimento, disponibilidad y la densidad poblacional, de acuerdo con los resultados que se obtuvieron en este estudio. Asimismo, se comprobó que los camarones duende soportan amplios rangos de temperatura y concentraciones bajas de oxígeno, ventajas adicionales de esta especie.¹⁰⁻¹³
12. Beladdjal L, Peiren N, Vandekerckhove TT, Mertens J. Different life histories of the co-occurring fairy shrimps *Branchipus schaefferi* and *Streptocephalus torvicornis* (Anostraca). J Crustacean Biol 2003; 23: 300-3007.
13. Ali AJ, Sarma SS, Dumont HJ. Cyst production in the fairy Shrimp, *Streptocephalus proboscideus* (Anostraca) in relation to algal and loricated rotifer diet. Crustaceana 1999; 72: 517-530.
14. Brendonck L, Vythersprot, Persoone G. A culture system for fairy Shrimps (Crustacea, Anostraca). Acuacultural Eng 1990; 9:267-238.
15. Versichele D, Sorgeloos P. Controlled production of *Artemia* cysts in batch culture. In: G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers, editors. The brine shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Wetteren, Belgium: Universal Press, 1980: 428.
16. Lavens P, Sorgeloos P. Controlled production of *Artemia* cysts under standard conditions in a recirculating culture system. Aquaculture Eng 1984; 3:221-235.