

CULTIVO DE LARVAS DEL GRUÑÓN *Leuresthes tenuis* (AYRES) HASTA LA METAMORFOSIS, EN EL LABORATORIO

CULTURE OF GRUNION *Leuresthes tenuis* (AYRES) LARVAE TO METAMORPHOSIS, IN THE LABORATORY

L. Vásquez-Yeomans*
E. Sosa-Cordero*

Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada
Apartado Postal 843
Ensenada, Baja California, México

Recibido en octubre de 1990; aceptado en julio de 1991

RESUMEN

Un total de 800 larvas del gruñón *Leuresthes tenuis*, obtenidas mediante fertilización e incubación artificial, fueron cultivadas en condiciones de laboratorio. Se describe el método de incubación de huevecillos. Las larvas fueron cultivadas hasta la metamorfosis, 40 días después de la eclosión, en acuarios rectangulares con 20 litros de agua de mar y densidad de siembra de 10 larvas.l⁻¹. Las larvas fueron alimentadas con nauplios de *Artemia* sp. recién eclosionados, a una concentración de 500 nauplios.l⁻¹ los primeros 20 días y a 1,000 nauplios.l⁻¹ los 20 días restantes; al medio de cultivo se le añadió el nanoflagelado *Tetraselmis suecica*. A lo largo del período de cultivo se registraron el crecimiento, la supervivencia y el factor de condición (altura corporal/longitud estándar). Las larvas a los 40 días después de la eclosión alcanzaron una longitud estándar promedio de 15.1 mm, el crecimiento larval fue lineal y se representó por la ecuación $L = 7.40 + 0.19 t$ ($n = 14$, $r^2 = 0.99$, $p < 0.0001$). La supervivencia promedio final fue del 76.6%. Las larvas del gruñón *L. tenuis* son fáciles de cultivar en laboratorio y requieren relativamente menos alimento que larvas con características similares, por lo que representan una buena alternativa para cultivos experimentales.

ABSTRACT

A total of 800 larvae of the grunion *Leuresthes tenuis*, obtained by means of fertilization and artificial incubation, were cultured under laboratory conditions. The method used to incubate the eggs is described. The larvae were cultured to metamorphosis, 40 days after hatching, in rectangular tanks with 20 litres of seawater and stocking density of 10 larvae.l⁻¹. The larvae were fed with recently hatched *Artemia* nauplii, at a concentration of 500 nauplii.l⁻¹ the first 20 days and 1,000 nauplii.l⁻¹ the next 20 days. The nanoflagellate *Tetraselmis suecica* was added to the culture medium. Growth, survival and condition factor (body height/standard length) were recorded throughout the culture period. Forty days after hatching, the average standard length of the larvae was 15.1 mm, larval growth was linear and represented by the equation $L = 7.40 + 0.19 t$ ($n = 14$, $r^2 = 0.99$, $p < 0.0001$). Final average survival was 76.6%. The larvae of the grunion *L. tenuis* are easy to culture in the laboratory and require relatively less food than larvae with similar characteristics. Therefore, they are a good alternative for experimental cultures.

*Dirección actual: Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), Departamento de Ecología Acuática, Apartado Postal 424, Chetumal, Quintana Roo, México.

INTRODUCCION

El ciclo de vida de la mayoría de los peces está constituido por cuatro estadios: huevo, larva, juvenil y adulto. Durante los dos primeros ocurren las mortalidades más altas (Dahlberg, 1979); por lo que desde principios de siglo se ha considerado que en los estadios larvales, particularmente al inicio de la alimentación exógena, se determina el reclutamiento (Hjort, 1914, 1926; May, 1974). Lo anterior ha sido recientemente modificado al reconocer que también las variaciones en la mortalidad de estadios larvales más avanzados y juveniles pueden influir significativamente en la fuerza de la clase anual (Smith, 1985). Del estudio de la ecología de los juveniles, se espera esclarecer procesos clave de la dinámica poblacional de los peces (Bakun *et al.*, 1982).

Aunque se ha dado un fuerte impulso a los estudios de laboratorio para evaluar los procesos de crecimiento y supervivencia de larvas de peces (Hunter, 1976), son relativamente pocas las especies de peces marinos que se han cultivado exitosamente hasta la metamorfosis (Jones, 1973; Hunter, 1976; Jones *et al.*, 1981; Barkman *et al.*, 1981). El cultivo de estadios larvales enfrenta diversas dificultades técnicas (May, 1971); en contraste, el gruíón *Leuresthes tenuis* es una especie relativamente fácil de cultivar, pero sobre la cual no existían datos cuantitativos sobre su crecimiento y supervivencia hasta la metamorfosis.

El gruíón *Leuresthes tenuis* es un pez atherínido de las aguas costeras del sur de California; se presenta desde Bahía Monterey, California, EUA, hasta Bahía Magdalena, Baja California Sur, México (Moffatt y Thomson, 1975). Esta especie tiene valor recreacional debido a su peculiar comportamiento reproductivo que tiene lugar fuera del agua (Walker, 1952). Aunque carece de importancia comercial destaca como presa de peces económicamente importantes (Schultze, 1983).

La temporada de desove masivo del gruíón abarca desde febrero hasta finales de agosto, con periodicidad semilunar. Los huevecillos se incuban en la arena por un período de dos semanas y eclosionan cuando la arena es agitada por la siguiente serie de mareas altas (Walker, 1949, 1952). Las larvas eclosionan de gran tamaño (6.7-8.9 mm), con un alto nivel de actividad y grado de desarrollo (Hubbs, 1965; May, 1971).

INTRODUCTION

The life cycle of most fishes consists of four stages: egg, larva, juvenile and adult. Highest mortalities occur during the first two (Dahlberg, 1979), and since the beginning of the century it has been considered that recruitment is determined during the larval stages, especially when exogenous feeding begins (Hjort, 1914, 1926; May, 1974). Recently, it has been recognized that variations in the mortality of more advanced larval stages and juveniles can significantly influence year-class strength (Smith, 1985). The ecological study of juveniles should clarify key processes in the dynamics of fish populations (Bakun *et al.*, 1982).

Despite the impulse given to laboratory studies to evaluate growth and survival of fish larvae (Hunter, 1976), only a few species of marine fishes have been successfully cultured to metamorphosis (Jones, 1973; Hunter, 1976; Jones *et al.*, 1981; Barkman *et al.*, 1981). The culture of larval stages faces several technical difficulties (May, 1971). However, the culture of the grunion *Leuresthes tenuis* is relatively easy, yet there were no quantitative data on their growth and survival to metamorphosis.

The grunion *Leuresthes tenuis* is an atherinid fish of southern California coastal waters. It occurs from Monterey Bay, California, USA, to Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico (Moffatt and Thomson, 1975). This species has recreational value due to its peculiar reproductive behaviour that takes place outside of the water (Walker, 1952). Even though it lacks commercial importance, it plays a significant role as prey of economically important fishes (Schultze, 1983).

Massive spawning of the grunion occurs from February to the end of August, with semilunar periodicity. The eggs are incubated in the sand for two weeks and hatch when the sand is stirred by the next series of high tides (Walker, 1949, 1952). On hatching, the larvae are big (6.7-8.9 mm), highly developed and very active (Hubbs, 1965; May, 1971).

Several laboratory studies have been carried out with grunion larvae, most dealing with the effect of abiotic factors and toxic substances on the larvae (Ehrlich and Farris, 1971; Reynolds *et al.*, 1976, 1977; Ehrlich and Muszynski, 1982; Borthwick *et al.*, 1985; Rosales-Casián, 1986). May (1971) cultured *L. tenuis* larvae for 20 days and reported their

Se han realizado varios estudios de laboratorio con las larvas del grunión, la mayoría referentes al efecto de factores abióticos y sustancias tóxicas sobre las larvas (Ehrlich y Farris, 1971; Reynolds *et al.*, 1976, 1977; Ehrlich y Muszynski, 1982; Borthwick *et al.*, 1985; Rosales-Casián, 1986). May (1971) cultivó larvas de *L. tenuis* por un período de 20 días y reportó su alta resistencia a la inanición. Se ha determinado, para los primeros 14 días de vida larval, el papel del nanoflagelado *Tetraselmis suecica* como fuente de alimento única o complementaria (Vásquez-Yeomans *et al.*, 1990) y el efecto de la densidad de siembra y el nivel de alimento (Sosa-Cordero, 1987).

El objetivo de este trabajo fue describir el crecimiento, la supervivencia y el factor de condición de larvas del grunión *Leuresthes tenuis* durante los 40 días posteriores a la eclosión, hasta la metamorfosis, bajo condiciones de laboratorio consideradas como óptimas. Las técnicas de incubación y cultivo larval utilizadas se proponen como estándar para esta especie. La información puede considerarse como punto de referencia para comparar el desempeño de estas larvas en condiciones lejanas al óptimo, o bajo el efecto de diversos factores. En este sentido, en la discusión se comparan los resultados obtenidos para la misma especie por Sosa-Cordero (1987).

MATERIALES Y METODOS

Colecta

Los adultos del grunión *Leuresthes tenuis* (Ayres) fueron colectados el 26 de abril de 1986 en la playa arenosa de Playitas, Ensenada, Baja California. Los huevecillos de seis hembras fueron colocados en un frasco de vidrio con agua de mar y fertilizados con el esperma de tres machos. Después de 15 minutos, los huevos fertilizados fueron lavados varias veces con agua de mar.

Método de incubación

Los huevecillos fueron colocados en una botella de vidrio con 350 ml de agua de mar filtrada a 3 μ . Se suministró un flujo moderado de aire de modo constante a fin de que los huevecillos estuvieran suspendidos. Las botellas de incubación fueron cubiertas con papel aluminio para proteger a los huevecillos de la

high resistance to inanition. The role of the nanoflagellate *Tetraselmis suecica* as the only or complementary source of food (Vásquez-Yeomans *et al.*, 1990) and the effects of stocking density and food level (Sosa-Cordero, 1987) have been determined for the first 14 days of larval life.

The objective of this study was to describe the growth, survival and condition factor of grunion *Leuresthes tenuis* larvae during the 40 days after hatching until metamorphosis, under optimum laboratory conditions. The incubation and larval rearing techniques used are proposed as standard for this species. The information can be used as referenceto compare the development of these larvae under far from optimum conditions or under the effect of several factors. The results obtained by Sosa-Cordero (1987) for the same species are compared in the discussion.

MATERIAL AND METHODS

Collection

Adults of the grunion *Leuresthes tenuis* (Ayres) were collected on 26 April, 1986 from Playitas Beach, Ensenada, Baja California (Mexico). The eggs of six females were placed in glass flasks with seawater and fertilized with the sperm of three males. After 15 minutes, the fertilized eggs were rinsed several times with seawater.

Incubation method

The eggs were placed in a glass bottle with 350 ml of filtered (3 μ) seawater. Sufficient aeration was supplied to maintain the eggs in suspension. The incubation bottles were covered with foil paper to protect the eggs from the light (May, 1971). Mean incubation temperature was 17.8°C. After 10 days of incubation, hatching of the larvae was provoked with a slight but sudden increase in aeration. The recently hatched larvae were carefully transferred to rearing tanks and 30 larvae were selected at random to measure initial length.

Culture conditions

The larvae were cultured in rectangular glass tanks with 20 litres of filtered (3 μ) seawater. Stocking density was 10 larvae.l⁻¹.

luz (May, 1971). La temperatura media de incubación fue 17.8°C. Después de 10 días de incubación, se provocó la eclosión de las larvas con un ligero aumento, pero abrupto, en la aireación. Las larvas recién eclosionadas fueron transferidas cuidadosamente a los recipientes de cultivo y al azar se seleccionó una muestra de 30 larvas para medir la longitud inicial.

Condición de cultivo

Las larvas fueron cultivadas en acuarios rectangulares de vidrio con 20 litros de agua de mar filtrada (3 μ). La densidad de siembra fue de 10 larvas.l⁻¹. La temperatura promedio del agua fue de 18.3 \pm 0.5°C y la salinidad de 32.9 \pm 1‰. La iluminación fue proporcionada por lámparas fluorescentes de luz blanca fría (75 watts) colocadas 40 cm arriba de los acuarios; el fotoperíodo fue de 14 horas de luz y 10 horas de oscuridad.

Un día antes de iniciar el cultivo larval, se agregó al agua de mar de los acuarios el nanoflagelado *Tetraselmis suecica* para establecer una concentración de 5,000 cel.ml⁻¹ y, a partir del día 4 después de la eclosión, se les proporcionó a las larvas como alimento nauplios de *Artemia* recién eclosionados. Durante los primeros 20 días de cultivo se ofreció una concentración de alimento de 500 nauplios.l⁻¹ y los 20 días restantes de 1,000 nauplios.l⁻¹. Los nauplios de *Artemia* fueron obtenidos mediante metodología estándar (Sorgeloos y Persoone, 1975). Las concentraciones de *T. suecica* y de nauplios de *Artemia* fluctuaron a lo largo del experimento, pero diariamente fueron revisadas y controladas por lo que se mantuvieron relativamente cerca (\pm 10-20%) a las designadas; en los casos pertinentes, las concentraciones fueron ajustadas (Vásquez-Yeomans *et al.*, 1990). Las concentraciones de *T. suecica* de cada acuario fueron revisadas dos veces al día (se contaron con el hematócitómetro Fuch-Rosenthal). Las concentraciones de los nauplios de *Artemia* fueron estimadas tres veces al día, a partir de alícuotas de 60 ml (Vásquez-Yeomans, 1987).

Mediciones

La temperatura y salinidad fueron medidas dos veces al día. Todas las larvas muertas de gruñón eran extraídas de los

Average water temperature was 18.3 \pm 0.5°C and salinity 32.9 \pm 1‰. Illumination was provided by cold white-light fluorescent lamps (75 watts) placed 40 cm above the tanks, with a 14-h-light and 10-h-dark photoperiod.

One day before beginning the larval culture, the nanoflagellate *Tetraselmis suecica* was added to the tanks to establish a concentration of 5,000 cells.ml⁻¹. From day 4 after hatching the larvae were fed with recently hatched *Artemia* nauplii, at a concentration of 500 nauplii.l⁻¹ the first 20 days and 1,000 nauplii.l⁻¹ the next 20 days. The *Artemia* nauplii were obtained using standard methods (Sorgeloos and Persoone, 1975). The concentrations of *T. suecica* and *Artemia* nauplii varied throughout the experiment but were checked and controlled daily and consequently were kept relatively close (\pm 10-20%) to those designated. When necessary, the concentrations were adjusted (Vásquez-Yeomans *et al.*, 1990). The concentrations of *T. suecica* in each tank were checked twice daily (counted with a Fuch-Rosenthal hemacytometer). The concentrations of *Artemia* nauplii were estimated three times daily from 60 ml aliquots (Vásquez-Yeomans, 1987).

Measurements

Temperature and salinity were measured twice daily. All the dead grunion larvae were removed from the tanks twice daily (morning and afternoon) and this helped to determine daily survival. These values were corrected to consider fishing mortality caused by the removal of live larvae for size measurements, according to Quiñónez-Velázquez (1985). During the experiment, three live larvae were randomly removed from each tank on day 4 after hatching and subsequently every three days. The larvae were anesthetized with MS-222 and measured from the tip of the maxilla to the end of the notochord and, after flexion of the notochord, to the tip of the hypural plates (standard length; May, 1971). Body height corresponded to the widest transversal segment behind the stomach (Houde, 1975). The measurements were made with an ocular micrometer on a dissecting microscope. Finally, at the end of the experiment, all live larvae were counted and the final length was established with a random sample of 10 larvae from each tank.

acuarios dos veces al día (am y pm); su número sirvió para determinar la supervivencia diaria. Estos valores fueron corregidos para considerar la mortalidad por pesca ocasionada por la extracción de larvas vivas para mediciones de talla, siguiendo el planteamiento de Quiñónez-Velázquez (1985). Durante el experimento se extrajeron de cada acuario al azar, tres larvas vivas el día 4 después de la eclosión y posteriormente cada tres días. Las larvas fueron anestesiadas con MS-222 y medidas desde el extremo más anterior de la maxila hasta el final del notocordio y después de la flexión del notocordio se midieron hasta el límite posterior de los elementos hipurales (longitud estándar; May, 1971). La altura corporal correspondió al segmento transversal más ancho posterior a la región estomacal (Houde, 1975). Las medidas fueron hechas con un microscopio de disección equipado con un micrómetro ocular. Finalmente, al término del experimento todas las larvas vivas fueron contadas y con una muestra al azar de 10 larvas de cada acuario se estableció la longitud final.

Análisis y procesamiento de datos

Las mediciones sucesivas de talla promedio ($n \geq 12$) de las larvas a lo largo del experimento fueron ajustadas, como una primera aproximación, a un modelo de regresión lineal con respecto al tiempo. Se efectuaron las pruebas de significancia de la regresión, normalidad y homogeneidad de varianza de residuos (Sokal y Rohlf, 1981; Steele y Torrie, 1985).

Para comparar los datos obtenidos en el presente trabajo con los observados en condiciones de cultivo similares pero a menores concentraciones de alimento (50, 100, 250 y 500 nauplios de *Artemia*.l⁻¹), se aplicó un ANOVA de una vía con repeticiones; previamente se efectuaron las pruebas de normalidad de residuos y homogeneidad de varianzas. Finalmente, se procedió con la prueba de comparación de medias *a posteriori* Tukey-Kramer (Sokal y Rohlf, 1981).

RESULTADOS

Crecimiento

Las tallas promedio, calculadas a partir de muestras integradas por las larvas de

Data processing and analysis

The successive measurements of average size ($n \geq 12$) of the larvae throughout the experiment were fitted, as a first approximation, to a linear regression model relative to time. Significance tests of regression, normality and homogeneity of variance of residuals (Sokal and Rohlf, 1981; Steele and Torrie, 1985) were carried out.

To compare the data obtained in the present work with those observed in similar culture conditions but at lower concentrations of food (50, 100, 250 and 500 *Artemia* nauplii.l⁻¹), a one-way ANOVA with replications was applied. First, normality of residuals and homogeneity of variance tests were done. Finally, the Tukey-Kramer *a posteriori* comparison of means test (Sokal and Rohlf, 1981) was carried out.

RESULTS

Growth

Average sizes, calculated from samples made up of *Leuresthes tenuis* larvae from the four tanks ($n \geq 12$), increased with time from 7.4 ± 0.02 mm ($X \pm$ standard error) on hatching to 15.1 ± 0.12 mm on day 40 after hatching (Fig. 1). Average sizes (L) were fitted to a linear regression model relative to time (t), in days after hatching, expressed by the equation: $L = 7.40 + 0.19 t$ ($n = 14$, $r^2 = 0.99$).

According to the analysis of variance of regression, the fit was statistically significant ($F_s = 1451.4$, $p < 0.001$) with a slope different than zero ($t_{obs} = 38.09$, $p < 0.001$). The coefficient of determination $r^2 = 0.99$, indicates that 99% of the variation of the size is explained by the variation of the time variable. The residuals of regression followed a normal distribution ($D_{max} = 0.0236$, $p > 0.20$) and did not show a defined tendency with respect to time, mean sizes observed and those predicted.

Even though the larval growth of the grunion *L. tenuis* to metamorphosis (40 days after hatching) was represented by a simple linear model, statistically satisfactory, it should be recognized that biologically this relation could be more complex. Thus, a detailed examination of the growth curve of *L. tenuis* allows at least four consecutive growth

Leuresthes tenuis procedentes de los cuatro acuarios ($n = 12$), aumentaron con el tiempo, de una talla de eclosión de 7.4 ± 0.02 mm ($X \pm$ error estándar) hasta 15.1 ± 0.12 mm al día 40 después de la eclosión (dde) (Fig. 1). Las tallas promedio (L) fueron ajustadas a un modelo de regresión lineal respecto al tiempo (t), en días dde, expresado por la ecuación: $L = 7.40 + 0.19 t$ ($n = 14$, $r^2 = 0.99$).

De acuerdo con el análisis de varianza de la regresión, el ajuste resultó estadísticamente significativo ($F_s = 1451.4$, $p < 0.001$) con una pendiente diferente de cero ($t_{obs} = 38.09$, $p < 0.001$). El coeficiente de determinación $r^2 = 0.99$, indica que el 99% de la variación de la talla es explicada por la variación de la variable tiempo. Los residuos de la regresión siguieron una distribución normal ($D_{max} = 0.0236$, $p > 0.20$), y no mostraron tendencia definida alguna con respecto al tiempo, las tallas medias observadas y las predichas.

No obstante que el crecimiento larval del grunón *L. tenuis* hasta la metamorfosis (40 días dde) haya sido representado por un modelo lineal sencillo, estadísticamente satisfactorio, debe reconocerse que biológicamente tal relación puede ser más compleja. Así, un examen más detenido de la curva de crecimiento de *L. tenuis* permite apreciar al menos cuatro ciclos de crecimiento sucesivos en los primeros 40 días de vida larval: (1) de la eclosión al día 16; (2) del día 16 al 25; (3) del día 25 al 31; (4) del día 31 al 40 (Fig. 2).

A su vez, dentro de cada uno de los ciclos pueden distinguirse dos etapas: (a) etapa de crecimiento casi nulo (comportamiento asintótico), que siempre fue de aproximadamente tres días, y (b) etapa de crecimiento moderado, de duración variable con 13 días para el primer ciclo, seis días para los ciclos segundo y cuarto, y de tres días para el tercero (Fig. 2).

Ante estas observaciones, se intentó el ajuste de modelos más elaborados para representar el crecimiento larval, tales como el modelo logarítmico (Kramer y Zweifel, 1970) o el polinomial de tercer grado (Quiñónez-Velázquez y Gómez-Muñoz, 1986), con los cuales no se obtuvieron resultados estadísticos satisfactorios.

Con base en la aproximación lineal del crecimiento de *L. tenuis* durante los pri-

cycles to be observed in the first 40 days of larval life: (1) from hatching to day 16, (2) from day 16 to 25, (3) from day 25 to 31, (4) from day 31 to 40 (Fig. 2).

Two stages can be distinguished in each cycle: (a) nearly null growth stage (asymptotic behaviour), which was always of approximately three days, and (b) moderate growth stage, of variable duration with 13 days for the first cycle, six days for the second and fourth cycles and three days for the third cycle (Fig. 2).

More elaborate models were fitted to represent larval growth, such as the logarithmic model (Kramer and Zweifel, 1970) or the third degree polynomial model (Quiñónez-Velázquez and Gómez-Muñoz, 1986). However, satisfactory statistical results were not obtained.

Based on the linear approximation of the growth of *L. tenuis* during the first 40 days of life, it can be considered that the linear slope of regression represents the rate of growth during that period, with a value of 0.195 ± 0.005 mm.d⁻¹ ($b \pm$ standard error). The estimation of the mean growth rate using the relation $(L_f - L_o)/(t_f - t_o)$, where L_f = final length, L_o = initial length, t_f = time at the end of the experiment and t_o = initial time, gives a value of 0.192 mm.d⁻¹, similar to that obtained with the first method.

The mean growth rates of this study, at 500 n.L⁻¹, were compared to those reported for food levels of 50, 100, 250 and 500 n.L⁻¹ in subsequent experiments carried out under identical conditions (Sosa-Cordero, 1987). Previously, the mean growth rates at days 13 and 16 after hatching of this study were found to be the same ($t_g = -0.926$, $p = 0.390$), therefore the data of both days can represent those of day 14.

According to the one-way parametric ANOVA, there are highly significant differences in the mean growth rates on day 14 obtained at different food levels ($F_s = 27.60$, $p < 0.001$; Table 1). The residuals of the ANOVA followed a normal distribution ($D_{max} = 0.163$, $p = 0.99$) and the variances were homogeneous ($X^2 = 4.38$, $p > 0.10$).

The Tukey-Kramer *a posteriori* comparison of means test (Sokal and Rohlf, 1981), indicates that the mean growth rate obtained in this work at 500 n.L⁻¹ is statistically similar to that reported for 250 n.L⁻¹ (Sosa-Cordero, 1987) (Table 1).

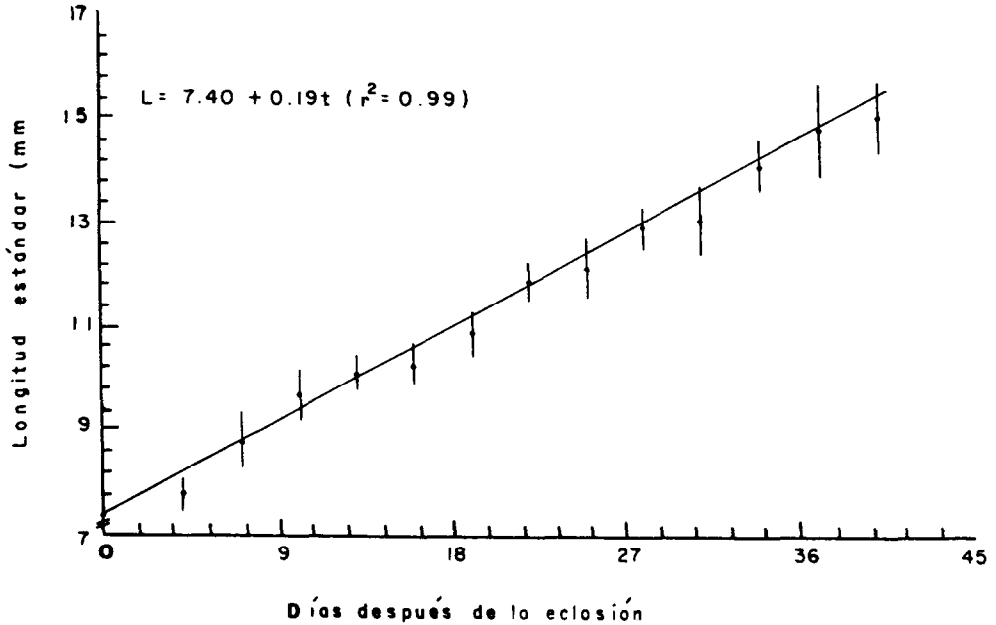


Figura 1. Relación entre longitud estándar y tiempo, en días después de la eclosión, de larvas del grujón *Leuresthes tenuis* cultivadas bajo condiciones de laboratorio.

Figure 1. Relationship between standard length and time, in days after hatching, of grunion *Leuresthes tenuis* larvae cultured under laboratory conditions.

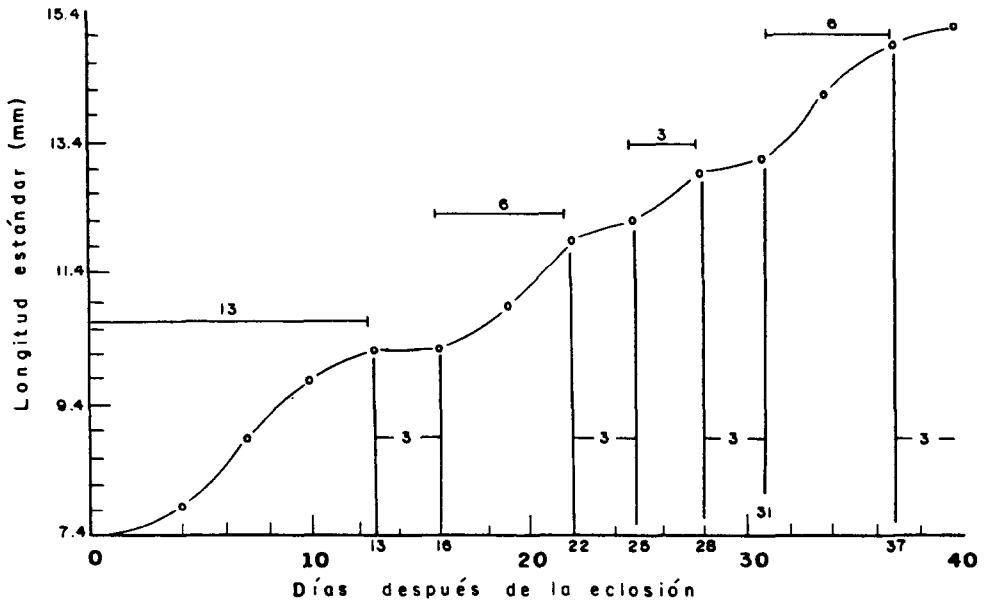


Figura 2. Curva de crecimiento de larvas del grujón *Leuresthes tenuis*, donde se muestran los cuatro ciclos de crecimiento, desde la eclosión hasta la metamorfosis.

Figure 2. Growth curve of larvae of the grunion *Leuresthes tenuis*, showing the four growth cycles from hatching to metamorphosis.

Tabla 1. Datos comparativos de supervivencia, tasa media de crecimiento y factor de condición A/L, de larvas del grunión *Leuresthes tenuis* cultivadas 14 días después de la eclosión a diferentes niveles de alimento y densidad de siembra de 10 larvas.l⁻¹. Las letras identifican a medias iguales, según prueba Tukey-Kramer (Sokal y Rohlf, 1981).

Table 1. Comparative data of survival, mean growth rate and condition factor H/L of larvae of the grunion *Leuresthes tenuis* cultured 14 days after hatching at different food levels and stocking density of 10 larvae.l⁻¹. The letters identify equal means, according to the Tukey-Kramer test (Sokal and Rohlf, 1981).

Variables	Niveles de alimento (n.L ⁻¹)					
	50	100	250	500 ^a	500 ^b	
Tasa media de crecimiento ^c	0.04	0.12	0.21	0.26	0.19	0.20
	0.12	0.14	0.25	0.28	0.21	0.20
					0.19	0.21
					0.20	0.20
	A	A	B-C	C	B	
Supervivencia ^d	53.7	68.8	52.3	84.7	86.8	90.4
	50.5	76.8	72.5	87.3	91.8	91.9
	A	A-B-C	A-B	C	C	
Razón A/L ^e	0.0739	0.0763	0.0996	0.0923	0.0847	0.0891
	0.0753	0.0776	0.0885	0.0940	0.0851	0.0882
					0.0868	0.0958
					0.0891	0.0908
		A	A-B	C	C	A-B-C

(a) Los datos para este nivel y los inferiores se tomaron de Sosa-Cordero (1987).

(b) Datos originales procedentes de cuatro acuarios.

(c) ANOVA paramétrico de una vía, diferencias significativas debidas a los diferentes niveles de alimento ($F_S = 27.60, p < 0.001$).

(d) ANOVA paramétrico de una vía, diferencias significativas debidas a los diferentes niveles de alimento ($F_S = 16.99, p < 0.001$).

(e) ANOVA paramétrico de una vía, diferencias significativas debidas a los diferentes niveles de alimento ($F_S = 12.70, p < 0.0004$).

meros 40 días de vida, puede considerarse que la pendiente de la recta de regresión representa la tasa de crecimiento durante tal período, con un valor de $0.195 \pm 0.005 \text{ mm.d}^{-1}$ ($b \pm \text{error estándar}$). La estimación de la tasa media de crecimiento mediante la relación $(L_f - L_0)/(t_f - t_0)$, donde L_f = longitud final, L_0 = longitud inicial, t_f = tiempo al final del experimento y t_0 = tiempo inicial, arroja un valor de 0.192 mm.d^{-1} , muy similar al obtenido por el primer método.

Survival

The daily survival curves for the four tanks were similar, characterized by a very slight, nearly linear, decrease in survival throughout the first 40 days of life of the grunion *L. tenuis* (Fig. 3). A day by day correction was applied to these curves to compensate for fishing mortality due to the removal of three live larvae from each tank on 12 predetermined days. This represents 36 live

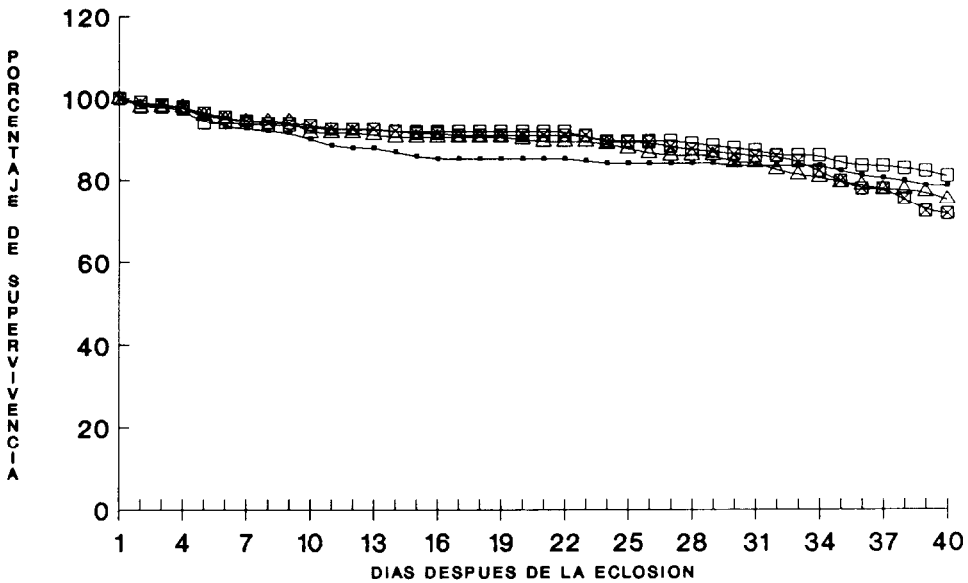


Figura 3. Curvas de supervivencia de larvas del gruíón *Leuresthes tenuis* cultivadas en el laboratorio hasta la metamorfosis. La flecha indica el día de absorción del vitelo.
Figure 3. Survival curves of larvae of the grunion *Leuresthes tenuis* cultured in the laboratory to metamorphosis. The arrow indicates the day of absorption of the vitellus.

Se compararon las tasas medias de crecimiento del presente trabajo, a 500 n.L⁻¹, con respecto a las reportadas para niveles de alimento de 50, 100, 250 y 500 n.L⁻¹ en experimentos efectuados posteriormente bajo idénticas condiciones (Sosa-Cordero, 1987). Previamente se encontró que las tasas medias de crecimiento a los días 13 y 16 dde del presente trabajo fueron iguales ($t_6 = -0.926$, $p = 0.390$), de modo que los datos de ambos días pueden representar los del día 14.

De acuerdo al ANOVA paramétrico de una vía, existen diferencias altamente significativas en las tasas medias de crecimiento al día 14 obtenidas a diferentes niveles de alimento ($F_s = 27.60$, $p < 0.001$; Tabla 1). Los residuos del ANOVA siguieron una distribución normal ($D_{max} = 0.163$, $p = 0.99$) y sus varianzas fueron homogéneas ($X^2 = 4.38$, $p > 0.10$).

La prueba de Tukey-Kramer (Sokal y Rohlf, 1981) para comparar las medias *a posteriori*, indica que la tasa media de crecimiento obtenida en el presente trabajo a

larvae per tank making a total of 144 larvae, 18% of the initial number of larvae.

The values of final corrected survival of the grunion *L. tenuis* at day 40 after hatching under laboratory conditions were: 78.6, 80.9, 75.2 and 71.7%, with an average of $76.62 \pm 2.01\%$.

The values of survival at day 14 after hatching obtained in this study were compared to those recorded at different food levels and cultured under similar laboratory conditions (Sosa-Cordero, 1987). According to the one-way parametric ANOVA, there were highly significant differences in larval survival at day 14 due to the different food levels ($F_s = 16.99$, $p = 0.001$ (Table 1). The residuals of the ANOVA had a normal distribution ($D_{max} = 0.092$, $p > 0.20$) and the variances were homogeneous ($X^2 = 6.30$, $p > 0.10$).

With the Tukey-Kramer *a posteriori* comparison of means test (Sokal and Rohlf, 1981), the survival obtained in this work on day 14 at 500 n.L⁻¹ was found to be statisti-

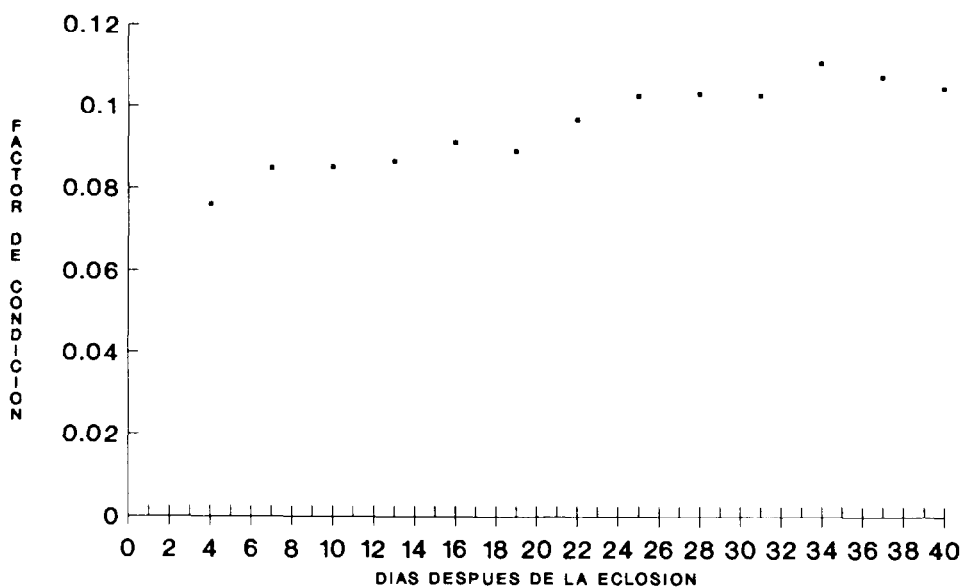


Figura 4. Factor de condición (A/L) de larvas del grunión *Leuresthes tenuis* cultivadas en el laboratorio hasta la metamorfosis. Cada punto representa los valores promedio ($n \geq 12$).

Figure 4. Condition factor (H/L) of larvae of the grunion *Leuresthes tenuis* cultured in the laboratory to metamorphosis. Each point represents the mean values ($n \geq 12$).

500 n.L⁻¹ resultó estadísticamente similar a la reportada para 250 n.L⁻¹ (Sosa-Cordero, 1987) (Tabla 1).

cally similar to that reported for 100 n.L⁻¹ (Sosa-Cordero, 1987) (Table 1).

Supervivencia

Las curvas de supervivencia diaria de los cuatro acuarios fueron muy similares; estuvieron caracterizadas por una disminución muy ligera, casi lineal, de la supervivencia a lo largo de los primeros 40 días de vida del grunión *L. tenuis* (Fig. 3). A estas curvas se les aplicó una corrección, día por día, para compensar la mortalidad por pesca ejercida al extraer tres larvas vivas por acuario en 12 días predeterminados. Lo anterior representa 36 larvas vivas por acuario lo que hace un total de 144 larvas, el 18% del número inicial de larvas.

Los valores de la supervivencia final corregida del grunión *L. tenuis* a 40 días de bajo condiciones de laboratorio fueron: 78.6, 80.9, 75.2 y 71.7%, con un promedio de $76.62 \pm 2.01\%$.

Condition factor

The average values of the condition factor H/L, estimated from samples made up of larvae from the four tanks ($n \geq 12$), increased steadily throughout the first 40 days of life of the grunion *L. tenuis*. The larvae had a H/L ratio of 0.076 ± 0.0021 on day 4 after hatching and of 0.105 ± 0.0017 on day 40 after hatching (Fig. 4). The average values of the H/L ratio corresponding to day 14 after hatching were represented by days 13 and 16, since they were statistically the same ($t_g = -2.31$, $p = 0.06$) at 5% significance level. These H/L values for day 14 were compared to those obtained at different food levels, from 50 to 500 n.L⁻¹, reported by Sosa-Cordero (1987). According to the one-way parametric ANOVA, significant differences were detected in the condition factor H/L due to the different food levels ($F_s = 12.70$, $p = 0.0004$;

Se compararon las supervivencias al día 14 dde obtenidas en el presente trabajo, con las registradas a diferentes niveles de alimento y cultivadas en condiciones de laboratorio similares (Sosa-Cordero, 1987). De acuerdo con el ANOVA paramétrico de una vía, hubieron diferencias altamente significativas en la supervivencia larval al día 14, debidas a los diferentes niveles de alimento ($F_s = 16.99$, $p = 0.001$) (Tabla 1). Los residuos del ANOVA tuvieron distribución normal ($D_{\max} = 0.092$, $p > 0.20$) y homogeneidad de varianza ($X^2 = 6.30$, $p > 0.10$).

Mediante la comparación de medias *a posteriori* prueba Tukey-Kramer (Sokal y Rohlf, 1981), se encontró que la supervivencia al día 14 obtenida en el presente trabajo a 500 n.L^{-1} resulta estadísticamente similar a la reportada para 100 n.L^{-1} (Sosa-Cordero, 1987) (Tabla 1).

Factor de condición

Los valores promedio del factor de condición A/L, estimados a partir de muestras integradas por larvas de los cuatro acuarios ($n \geq 12$), aumentaron sostenidamente a lo largo de los primeros 40 días de vida del grunón *L. tenuis*. Al día 4 dde las larvas tuvieron una razón A/L de 0.076 ± 0.0021 y al día 40 dde esta razón fue de 0.105 ± 0.0017 (Fig. 4). Los valores promedio de la razón A/L correspondientes al día 14 dde fueron representados por los días 13 y 16, ya que resultaron estadísticamente iguales entre sí ($t_6 = -2.31$, $p = 0.06$) al nivel de significancia del 5%. Estos valores de A/L para el día 14 fueron comparados con los obtenidos a niveles de alimento diferentes, de 50 a 500 n.L^{-1} , reportados por Sosa-Cordero (1987). De acuerdo con el ANOVA paramétrico de una vía, se detectaron diferencias altamente significativas en el factor de condición A/L debidas a los diferentes niveles de alimento ($F_s = 12.70$, $p = 0.0004$; Tabla 1). Los residuos del ANOVA siguieron una distribución normal ($D_{\max} = 0.028$, $p = 0.50$) y sus varianzas fueron homogéneas ($X^2 = 5.18$, $p > 0.10$).

De la comparación de medias *a posteriori* prueba Tukey-Kramer (Sokal y Rohlf, 1981), se concluye que el factor de condición (A/L) obtenido a 500 n.L^{-1} en el presente trabajo, no difiere estadísticamente

Table 1). The residuals of the ANOVA followed a normal distribution ($D_{\max} = 0.028$, $p = 0.50$) and the variances were homogeneous ($X^2 = 5.18$, $p > 0.10$).

From the Tukey-Kramer *a posteriori* comparison of means test (Sokal and Rohlf, 1981), we conclude that the condition factor (H/L) obtained at 500 n.L^{-1} in the present study does not differ statistically from the values reported for the $50\text{-}250 \text{ n.L}^{-1}$ range (Sosa-Cordero, 1987) (Table 1).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

From previous studies on the grunion *Leuresthes tenuis* it was implicit that the culture of its larvae to metamorphosis did not present major technical difficulties. However, there were no reports on standard culture methodology and quantitative information on growth, survival and condition for this period under laboratory conditions.

The values of growth rate of approximately 0.20 mm.d^{-1} , higher mean survival of 76% and condition factor of 0.105, can be considered representative of optimum laboratory conditions defined by a temperature of 18°C , stocking density of 10 larvae.l^{-1} and food levels of $500 \text{ Artemia nauplii.l}^{-1}$ from day 4 to 20 after hatching and $1,000 \text{ Artemia nauplii.l}^{-1}$ from day 21 to 40 after hatching. These results are particularly relevant when comparisons are made with larvae of the grunion *L. tenuis* reared under far from optimum experimental conditions. It should be noted that the use of different culture techniques makes the comparison of results for the same species more difficult. In particular, the main factors that influence experimental results are the origin and size of the eggs and larvae (on hatching), temperature, culture volume, stocking density, levels and type of food, phytoplankton blooms and levels of illumination (Lasker, 1975; Theilacker and Dorsey, 1980; Hunter, 1981; Sosa-Cordero, 1987; Vásquez-Yeomans *et al.*, 1990).

When different species are compared, in addition to the above the following factors must also be considered: differences in size and degree of development on hatching, behaviour, quality and quantity of endogenous energy reserves. Taking into account all these factors, it should be noted that the results of growth and survival of the grunion *Leuresthes*

de los valores reportados para el intervalo de 50-250 n.L⁻¹ (Sosa-Cordero, 1987) (Tabla 1).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

A partir de los trabajos previos sobre el grunón *Leuresthes tenuis* quedaba implícito que el cultivo de sus larvas hasta la metamorfosis no tenía mayores dificultades técnicas. No obstante, paradójicamente no existían reportes sobre la metodología de cultivo estándar e información cuantitativa sobre crecimiento, supervivencia y condición para dicho periodo bajo condiciones de laboratorio.

Los valores observados de la tasa de crecimiento (TC) de aproximadamente 0.20 mm.d⁻¹, supervivencia media mayor del 76% y factor de condición de 0.105, pueden considerarse representativos de condiciones óptimas de laboratorio definidas por la temperatura de 18°C, densidad de siembra (DS) de 10 larvas.l⁻¹, niveles de alimento de 500 nauplios de *Artemia*.l⁻¹ del día 4 al 20 dde y 1,000 nauplios de *Artemia*.l⁻¹ del día 21 al 40 dde. Tales resultados son particularmente relevantes al efectuar comparaciones con larvas del grunón *L. tenuis* cultivadas bajo condiciones de experimentación alejadas del óptimo. Aquí conviene señalar que el empleo de diferentes técnicas de cultivo dificulta la comparación de resultados para la misma especie. En particular, los principales factores que influyen en los resultados experimentales son el origen y tamaño de huevos y larvas (al eclosionar), la temperatura, el volumen de cultivo, la densidad de siembra, niveles y tipos de alimento, florecimientos fitoplanctónicos y los niveles de iluminación (Lasker, 1975; Theilacker y Dorsey, 1980; Hunter, 1981; Sosa-Cordero, 1987; Vásquez-Yeomans *et al.*, 1990).

En el caso de comparaciones entre especies, a los factores ya mencionados se añaden las diferencias de tamaño y grado de desarrollo al eclosionar, comportamiento, calidad y cantidad de reservas de energía endógena. Con todas las anteriores condicionantes en mente, cabe destacar que los resultados de crecimiento y supervivencia del grunón *Leuresthes tenuis* aquí reportados se ubican entre los más elevados con respecto a los de especies de tamaño y características larvales similares. Así, las larvas de lobina *Morone saxatilis* cultivadas a 18°C, 3.1 larvas.l⁻¹ y

tenuis reported here are among the highest with respect to those of species of similar size and larval characteristics. Thus, striped bass *Morone saxatilis* larvae reared at 18°C, 3.1 larvae.l⁻¹ and 500 *Artemia* nauplii.l⁻¹, had a survival of 70% and a growth rate of 0.25 mm.d⁻¹ 31 days after hatching (Eldridge *et al.*, 1981). The atherinid *Menidia peninsulae* at 25°C and 5 larvae.l⁻¹, fed on 5,000 *Artemia* nauplii.l⁻¹, had a survival greater than 80% and a growth rate of 0.35 mm.d⁻¹ 16 days after hatching (McMullen and Middaugh, 1985). The turbot *Scophthalmus maximus* cultured at temperatures of 13-18°C, had a survival of 50% at the moment of metamorphosis, 30-36 days after hatching (Kuhlman *et al.*, 1981). The herring *Clupea harengus*, at densities of 8 larvae.l⁻¹ and food levels of 3,000 *Artemia* nauplii.l⁻¹, had a survival of 8-12% (Werner and Blaxter, 1980, 1981).

The comparison of results of survival, growth rate and condition factor on day 14 after hatching between groups of larvae cultured under identical laboratory conditions but with different food levels, clearly shows that at least during the first half of the culture period similar results would have been obtained with half the food level provided, that is 250 *Artemia* nauplii.l⁻¹. In the case of survival, this could have been due to the wide erratic variation within the groups and to the intrinsic limitations of the Tukey-Kramer test (comparison of means), that defined as significant minimum range an excessively wide difference between means, from 18 to 20%.

The occurrence of cycles in the larval growth of the grunion *Leuresthes tenuis*, defining a cycle as a segment of the growth curve consisting of (a) an asymptotic stage of null to slow growth and (b) a moderate-accelerated growth stage, has also been observed in the sardine *Sardinops sagax* (Farris, 1959), the northern anchovy *Engraulis mordax* (Kramer and Zweifel, 1970; Zweifel and Lasker, 1976; Quiñónez-Velázquez and Gómez-Muñoz, 1986), the herring *Clupea harengus* (Gamble *et al.*, 1985) and the American shad *Alosa sapidissima* (Wiggins *et al.*, 1985). Only some authors make explicit reference to these growth cycles. Zweifel and Lasker (1976) indicate that their notoriety can depend on the measurement scales or that they represent series of values above or below the fitted curve due to the dependence between sequential size

500 nauplios de *Artemia*.l⁻¹, tuvieron una supervivencia de 70% y una tasa de crecimiento de 0.25 mm.d⁻¹ a 31 días dde (Eldridge *et al.*, 1981). El aterínido *Menidia peninsulae* a 25°C y 5 larvas.l⁻¹, alimentado con 5,000 nauplios de *Artemia*.l⁻¹, alcanzó una supervivencia mayor de 80% y una tasa de crecimiento de 0.35 mm.d⁻¹ a los 16 días dde (McMullen y Middaugh, 1985). El lenguado *Scophthalmus maximus* cultivado a temperaturas de 13-18°C tuvo una supervivencia del 50% al momento de la metamorfosis, 30-36 días dde (Kuhlman *et al.*, 1981). Asimismo, el arenque *Clupea harengus*, a densidades de 8 larvas.l⁻¹ y niveles de alimento de 3,000 nauplios de *Artemia*.l⁻¹, alcanzó supervivencias del 8-12% (Werner y Blaxter, 1980, 1981).

La comparación de resultados de supervivencia, tasa de crecimiento y condición al día 14 dde entre grupos de larvas cultivadas bajo idénticas condiciones de laboratorio pero con diferentes niveles de alimento, dejó bien claro que al menos durante la primera mitad del período de cultivo se hubieran obtenido resultados similares con la mitad del nivel proporcionado, es decir 250 nauplios de *Artemia*.l⁻¹. Esto último, en el caso de la supervivencia, pudo deberse a la amplia variación errática intragrupos y las limitaciones intrínsecas de la prueba Tukey-Kramer (comparación de medias no planeada), que definió como mínimo intervalo significativo una diferencia demasiado amplia entre medias, del 18 al 20%.

La ocurrencia de ciclos en el crecimiento larval del grunión *Leuresthes tenuis*, definido un ciclo como segmento de la curva de crecimiento integrado por (a) una etapa asintótica de crecimiento nulo a lento, (b) una etapa de crecimiento moderado-acelerado, también ha sido observada en la sardina *Sardinops sagax* (Farris, 1959), la anchoveta norteña *Engraulis mordax* (Kramer y Zweifel, 1970; Zweifel y Lasker, 1976; Quiñónez-Velázquez y Gómez-Muñoz, 1986), el arenque *Clupea harengus* (Gamble *et al.*, 1985), el sábalo americano *Alosa sapidissima* (Wiggins *et al.*, 1985). Solamente algunos autores hacen referencia explícita a estos ciclos de crecimiento; así, Zweifel y Lasker (1976) señalan que su notoriedad puede depender de las escalas de medición, o que representan rachas de valores por arriba y por abajo de la curva ajustada

(the sizes of the past influence to a certain extent the sizes of the present). However, these authors also recognize that the cycles can be series of asymptotic curves and the variations around the fitted curve would indicate the occurrence of more than one cycle. Zweifel and Lasker (1976) indicate a general growth pattern associated to important events of larval development, with three consecutive periods: (1) moderate size increase after hatching, (2) minimum size increase and (3) rapid size increase when exogenous feeding begins.

In the case of the grunion *Leuresthes tenuis*, May (1971) found that standard length decreases between days 13 and 16 after hatching due to flexion of the notochord, which explains the corresponding stage of null growth. Likewise, the null growth stage from day 28 to 31 after hatching (of the third cycle) is associated to the beginning of metamorphosis and the following asymptotic stage coincides with the final part of the prejuvenile stage (Table 2, Fig. 2). On the other hand, in this study, contrary to what was found by May (1971), (a) largest growth increase did not occur between days 1 and 4 after hatching and (b) the growth rate was not higher after day 16.

The larval growth models that mathematically describe the relation size-time are the linear (Saksena and Houde, 1972; Barkman *et al.*, 1981; Gamble *et al.*, 1985), polynomial (Quiñónez-Velázquez and Gómez-Muñoz, 1986), logarithmic or exponential (Fives *et al.*, 1986; Campana, 1989) and nonlinear models, such as the logistic (Jones, 1973; Campana and Hurley, 1989), Gompertz (Brownell, 1983) and Laird-Gompertz (Kramer and Zweifel, 1970; Hunter, 1976; Zweifel and Lasker, 1976; Methot and Kramer, 1979). Despite the large variety of models available, the linear model is frequently chosen for practical reasons. Therefore, the model proposed in this study for the grunion *L. tenuis* should be considered a linear approximation, statistically satisfactory, of the most complex underlying relation. It is difficult to evaluate the adequacy of this linear representation with respect to more elaborate models, partly due to the fact that most of the studies published do not show the significance tests of regression (ANOVA tables), nor do they mention if the requirements of the

Tabla 2. Estadios de desarrollo del gruión *Leuresthes tenuis*, definidos según Reynolds *et al.* (1976).

Table 2. Developmental stages of the grunion *Leuresthes tenuis*, defined according to Reynolds *et al.* (1976).

Estadio	Período (días dde)	Eventos del desarrollo
Prelarva	1-4	El día 4 o 5 dde se agota el vitelo, día 6 el glóbulo de aceite (May, 1971; Ehrlich y Muszynski, 1982).
Postlarva	4-30	Se inicia desde la absorción del saco vitelino hasta el principio de la metamorfosis.
Prejuvenil	30-40	Se desarrollan escamas, la aleta primordial es sustituida por aleta con morfología del adulto.
Juvenil	40-1 año	Se inicia proceso de madurez sexual.
Adulto	1 año	Se alcanza la madurez sexual, lapso de vida global 2-3 años.

debidas a la dependencia entre mediciones secuenciales de talla (las tallas del pasado influyen en cierta medida en las tallas del presente). Sin embargo, estos autores también reconocen que los ciclos pueden ser series de curvas asintóticas y las oscilaciones en torno a la curva ajustada indicarían la ocurrencia de más de un ciclo. Zweifel y Lasker (1976) señalan un patrón general de crecimiento asociado a eventos importantes del desarrollo larval, con tres periodos sucesivos: (1) incremento moderado de talla en el intervalo posterior a la eclosión, (2) incremento mínimo de talla y (3) incremento rápido de talla al inicio de la alimentación exógena.

En el caso del gruión *Leuresthes tenuis*, May (1971) encontró que entre los días 13 y 16 dde disminuye la longitud estándar debido a la flexión del notocordio, lo que explica la correspondiente etapa de crecimiento nulo. Asimismo, la etapa de crecimiento nulo del día 28 al 31 dde (del tercer ciclo), está asociada con el inicio de la metamorfosis y la siguiente etapa asintótica coincide con el lapso final del estadio prejuvenil (Tabla 2; Fig. 2). Por otra parte, en el presente trabajo, a diferencia de lo encontrado por May (1971), (a) el mayor incremento de talla no ocurrió entre los días 1 y 4 dde y (b) la tasa de crecimiento no fue mayor a partir del día 16 dde en adelante.

Los modelos de crecimiento larval que describen matemáticamente la relación

regression are realized: normality, homogeneity of variances and absence of autocorrelation of the residuals (Sokal and Rohlf, 1981; Steele and Torrie, 1985).

In conclusion, it is corroborated that the culture of larvae of the grunion *Leuresthes tenuis* to metamorphosis does not present major technical difficulties and that the values of survival and growth under optimum conditions are relatively high. Therefore, the larvae, postlarvae and prejuveniles of the grunion *L. tenuis* are suitable for ecological experiments, as prey or predator, and for bioassays with toxic substances. Furthermore, a technical standard is established for the development of cultures with aquacultural purposes, for example as live bait (important prey of the California flounder *Paralichthys californicus*), or if necessary, for repopulation programs.

On the other hand, it is evident that the question of larval growth cycles needs to be studied in order to know its physiological bases and its ecological consequences. This is not a trivial subject given its importance in the modelling of larval growth.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), especially the personnel of the Laboratorio de Ecología Pesquera, for provid-

talla-tiempo son el lineal (Saksena y Houde, 1972; Barkman *et al.*, 1981; Gamble *et al.*, 1985), el polinomial (Quiñónez-Velázquez y Gómez-Muñoz, 1986), el logarítmico o exponencial (Fives *et al.*, 1986; Campana, 1989) y modelos no lineales, como el logístico (Jones, 1973; Campana y Hurley, 1989), el Gompertz (Brownell, 1983) y el Laird-Gompertz (Kramer y Zweifel, 1970; Hunter, 1976; Zweifel y Lasker, 1976; Methot y Kramer, 1979). No obstante la gran variedad de modelos disponibles, frecuentemente se elige el modelo lineal por razones prácticas; así, el modelo planteado en el presente trabajo para el grujón *L. tenuis* debe considerarse una aproximación lineal, estadísticamente satisfactoria, de la relación subyacente más compleja. Por lo general, es difícil evaluar lo adecuado de esta representación lineal con respecto a modelos más elaborados; en parte debido a que la mayoría de los trabajos publicados no muestran las pruebas de significancia de las regresiones (tablas de ANOVA), ni mencionan si se cumplen los requisitos de la regresión: normalidad, homogeneidad de varianzas y ausencia de autocorrelación de los residuos (Sokal y Rohlf, 1981; Steele y Torrie, 1985).

Como conclusiones generales, queda corroborado que el cultivo de las larvas del grujón *Leuresthes tenuis* hasta la metamorfosis no presenta mayores dificultades técnicas, y que los valores de supervivencia y crecimiento bajo condiciones óptimas son relativamente elevados. Por tanto, las larvas, post-larvas y prejuveniles del grujón *L. tenuis* resultan idóneos para experimentos ecológicos, como presas o depredadores, y para bioensayos de toxicología. Además, queda formalmente establecida una técnica estándar, básica para desarrollar cultivos con fines acuiculturales, por ejemplo como carnada viva (presa importante del lenguado de California *Paralichthys californicus*), o si fuese necesario, para programas de repoblamiento.

Por otra parte, es evidente que la cuestión de los ciclos de crecimiento larval amerita ser investigada a fin de conocer sus bases fisiológicas y sus consecuencias ecológicas; éste no es un tema trivial dada su trascendencia en el modelado del crecimiento larval.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ing the installations to carry out the experimental cultures. To Rebeca Vásquez Yeomans for her participation in the field work and collaboration in the laboratory work, and to Luis A. Rodríguez Carvajal for statistical advice.

English translation by Christine Harris.

(CICESE), en especial al personal del laboratorio de Ecología Pesquera, por facilitar las instalaciones para llevar a cabo los cultivos experimentales. A Rebeca Vásquez Yeomans por su participación en la salida de campo y colaboración en el trabajo de laboratorio, y a Luis A. Rodríguez Carvajal por la asesoría estadística del trabajo.

LITERATURA CITADA

- Bakun, A., Beyer, J., Pauly, D., Pope, J.G. and Sharp, G.D. (1982). Ocean sciences in relation to living resources. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1059-1070.
- Barkman, R.C., Bengtson, D.A. and Beck, A.D. (1981). Daily growth of the juvenile fish (*Menidia menidia*) in the natural habitat compared with juveniles reared in the laboratory. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.*, 178: 324-326.
- Borthwick, P.W., Patrick, J.M. and Midgough, D.P. (1985). Comparative acute sensitivities of early life stages of atherinid fishes to chlorpyrifos and thiobencarb. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 14: 465-473.
- Brownell, C.L. (1983). Laboratory rearing of cape anchovy *Engraulis capensis* and South African pilchard *Sardinops ocellata* through metamorphosis. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 1: 181-188.
- Campana, S.E. (1989). Otolith microstructure of three larval gadids in the Gulf of Maine, with inferences on early life history. *Can. J. Zool.*, 67: 1401-1410.
- Campana, S.E. and Hurley, P.C.F. (1989). An age- and temperature mediated growth model for cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in the Gulf of Maine. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 603-613.

- Dahlberg, M.D. (1979). A review of survival rates of fish eggs and larvae in relation to impact assessments. *Mar. Fish. Rev.*, 41(3): 1-12.
- Ehrlich, K. and Farris, D.A. (1971). Some influences of temperature on the development of the grunion *Leuresthes tenuis* (Ayres). *Calif. Fish and Game*, 57(1): 58-68.
- Ehrlich, K. and Muszynski, G. (1982). Effects of temperature on interaction of physiological and behavioural capacities of larval California grunion: adaptation to the planktonic environment. *J. Expl. Mar. Biol. Ecol.*, 60: 223-244.
- Eldridge, M.B., Whipple, J.A., Eng, D., Bowers, M.J. and Jarvis, B.M. (1981). Effect of food and feeding factors on laboratory-reared striped bass larvae. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 110(1): 111-120.
- Farris, D.A. (1959). A change in the early growth rates of four larval marine fishes. *Limnol. Oceanogr.*, 4: 29-36.
- Fives, J.M., Warlen, S.M. and Hoss, D.E. (1986). Aging and growth of larval bay anchovy, *Anchoa mitchilli*, from the Newport River Estuary, North Carolina. *Estuaries*, 9(4B): 362-367.
- Gamble, J.C., MacLachlan, P. and Seaton, D.D. (1985). Comparative growth and development of autumn and spring spawned Atlantic herring larvae reared in large enclosed ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 26: 19-33.
- Hjort, J. (1914). Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapp. P.-v. Reun. Const. Int. Explor. Mer*, 20: 1-228.
- Hjort, J. (1926). Fluctuations in the year classes of important food fishes. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 1: 5-38.
- Houde, E.D. (1975). Effects of stocking density and food density on survival, growth and yield of laboratory-reared larvae of sea bream *Archosargus rhomboidalis* (L.) (Sparidae). *J. Fish. Biol.*, 7: 115-127.
- Hubbs, C. (1965). Developmental temperature tolerance and rates of four southern California fishes, *Fundulus parvipinnis*, *Atherinops affinis*, *Leuresthes tenuis* and *Hypsoblennius* sp. *Calif. Fish and Game*, 51(2): 113-122.
- Hunter, J.R. (1976). Culture and growth of northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae. *Fish. Bull.*, 74(1): 81-88.
- Hunter, J.R. (1981). Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: R. Lasker (ed.), *Marine Fish Larvae. Morphology, ecology and relation to fisheries*. Washington Sea Grant Publ., Seattle, pp. 33-77.
- Jones, A. (1973). Observations on the growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L. reared in the laboratory: *Aquaculture*, 2: 149-155.
- Jones, A., Prickett, R.A. and Douglas, M.T. (1981). Recent developments in techniques for rearing marine flatfish larvae, particularly turbot (*Scophthalmus maximus* L.), on the pilot commercial scale. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, 178: 522-526.
- Kramer, D. and Zweifel, J.R. (1970). Growth of anchovy larvae (*Engraulis mordax* Girard) in the laboratory as influenced by temperature. *CalCOFI Rep.*, 14: 84-87.
- Kuhlmann, D., Quantz, G. and Witt, U. (1981). Rearing of turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) on cultured food organisms and postmetamorphosis growth on natural and artificial food. *Aquaculture*, 23: 183-196.
- Lasker, R. (1975). Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fish. Bull.*, 73(3): 453-462.
- May, R.C. (1971). Effects of delayed initial feeding on larvae of the grunion *Leuresthes tenuis* (Ayres). *Fish. Bull.*, 69(2): 411-425.
- May, R.C. (1974). Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In: J.H.S. Blaxter (ed.), *The Early Life History of Fish*. Springer, Heidelberg, pp. 3-20.
- McMullen, D.M. and Middaugh, D.P. (1985). The effect of temperature and food density on survival and growth of *Menidia peninsulae* larvae (Pisces: Atherinidae). *Estuaries*, 8(1): 39-47.
- Methot, R.D. and Kramer, D. (1979). Growth of northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae in the sea. *Fish. Bull.*, 77: 413-423.

- Moffatt, N.M. and Thomson, D.A. (1975). Taxonomic status of the Gulf grunion *Leuresthes sardina* and its relationship to the California grunion *Leuresthes tenuis*. Transactions of the San Diego Society of Natural History, 18(4): 75-84.
- Quiñónez-Velázquez, C. (1985). Utilización de material orgánico particulado como fuente de alimento por larvas de la anchoveta norteña *Engraulis mordax* Girard. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 91 pp.
- Quiñónez-Velázquez, C. y Gómez-Muñoz, V.M. (1986). Modelo polinomial para crecimiento individual de larvas de la anchoveta norteña *Engraulis mordax*. CalCOFI Rep., 27: 141-143.
- Reynolds, W.W., Thomson, D.A. and Casterlin, M.E. (1976). Temperature and salinity tolerances of larval California grunion *Leuresthes tenuis* (Ayres): A comparison with Gulf grunion *L. sardina* (Jenkins and Evermann). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 24: 73-82.
- Reynolds, W.W., Thomson, D.A. and Casterlin, M.E. (1977). Responses of young California grunion *Leuresthes tenuis* to gradients of temperature and light. Copeia, 1: 144-149.
- Rosales-Casián, J.A. (1986). Efecto de la cloración del agua de mar en la supervivencia y crecimiento de larvas de la anchoveta norteña *Engraulis mordax* (Girard) y el grunión *Leuresthes tenuis* (Ayres) cultivadas en laboratorio, con referencia a sistemas de enfriamiento en centrales eléctricas. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 115 pp.
- Saksena, V.P. and Houde, E.D. (1972). Effect of food level on the growth and survival of laboratory-reared larvae of bay anchovy (*Anchoa mitchilli* V.) and scaled sardine (*Harengula pensacolatae*). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 8: 249-258.
- Schultze, D.L. (1983). California barracuda life history, fisheries and management. CalCOFI Rep., 24: 88-98.
- Smith, P.E. (1985). Year-class strength and survival of O-group clupeoids. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42 (Suppl. 1): 69-82.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.G. (1981). Biometry, 2nd edition. W.H. Freeman, New York, 859 pp.
- Sorgeloos, P. and Persoone, G. (1975). Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans II. Hatching and culturing of the brine shrimp, *Artemia salina* L. Aquaculture, 6: 303-317.
- Sosa-Cordero, E. (1987). Efectos de la densidad de siembra y el nivel de alimento sobre el crecimiento, supervivencia y condición larval del grunión *Leuresthes tenuis*. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 100 pp.
- Steele, R.G.D. and Torrie, J.H. (1985). Bioestadística. Principios y procedimientos, 2da. edición. McGraw-Hill, México, 622 pp.
- Theilacker, G. and Dorsey, K. (1980). Larval fish diversity, a summary of laboratory and field research. In: G.D. Sharp (ed.), Workshop on the Effects of Environmental Variation on the Survival of Larval Pelagic Fishes. IOC Workshop, 28: 105-142.
- Vásquez-Yeomans, L. (1987). Efecto del nanoflagelado *Tetraselmis suecica* sobre el crecimiento, supervivencia y condición larval del grunión *Leuresthes tenuis* (Ayres). Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 128 pp.
- Vásquez-Yeomans, L., Carrillo-Barrios-Gómez, E. and Sosa-Cordero, E. (1990). The effect of the nanoflagellate *Tetraselmis suecica* on the growth and survival of the grunion, *Leuresthes tenuis*, larvae. Env. Biol. Fish, 29: 193-200.
- Walker, B.W. (1949). The periodicity of spawning by the grunion *Leuresthes tenuis*, an atherinid fish. Ph.D. Thesis, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.
- Walker, B.W. (1952). A guide to the grunion. Calif. Fish and Game, 38: 409-420.
- Werner, R.G. and Blaxter, J.H.S. (1980). Growth and survival of larval herring *Clupea harengus* in relation to prey density. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 1063-1069.

- Werner, R.G. and Blaxter, J.H.S. (1981). The effect of prey density on mortality, growth and food consumption in larval herring *Clupea harengus* (L.). Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer, 178: 405-408.
- Wiggins, T.A., Bender, T.R. Jr., Mudrak, V.A. and Coll, J.A. (1985). The development, feeding, growth, and survival of cultured American shad larvae through the transition from endogenous to exogenous nutrition. Prog. Fish-Cult., 47(2): 87-92.
- Zweifel, J.R. and Lasker, R. (1976). Prehatch and posthatch growth of fishes - a general model. Fish. Bull., 74(3): 609-621.