

Modelo de crecimiento en longitud y anchura del rotífero *Brachionus plicatilis* (Müller 1786), en tres razas asiáticas.

M. E. Castellanos-Páez;
S. Marañón-Herrera y
G. Garza-Mouriño

Depto. El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
Calzada del Hueso 1100. Col. Villa Quietud. Coyoacán. C.P. 04960, México, D.F.

Castellanos-Páez, M. E., S. Marañón-Herrera y G. Garza-Mouriño, 1994. Modelo de crecimiento en longitud y anchura del rotífero *Brachionus plicatilis* (Müller 1786), en tres razas asiáticas. *Hidrobiológica* 4 (1-2): 9-14.

RESUMEN

La información relacionada con el crecimiento y desarrollo de la lorica de *Brachionus plicatilis* es escasa. En el presente trabajo se determina el modelo de crecimiento en longitud y anchura para tres razas asiáticas: Tailandia-Ch, Yashima-Ch y Nagasaki-G. Las tres razas fueron cultivadas bajo las mismas condiciones experimentales. Se realizaron estimaciones morfométricas en intervalos de tiempos regulares durante 96 horas, para estimar los valores de los parámetros del modelo de crecimiento en longitud y anchura de cada una de las razas del rotífero. El ajuste del modelo se determinó por medio del análisis de residuales. Los resultados indican correlaciones que fluctúan desde 0.714 hasta 0.97 en el caso de la longitud, mientras que en el ancho fue de 0.845 a 0.924. El crecimiento del rotífero indica diferencias a partir de que alcanza su madurez sexual, en donde la longitud de las tres razas es proporcional hasta las 30 horas y el intervalo va de 153.36 a 245.64 μm , dependiendo de la raza. El ancho de la lorica muestra mayor discrepancia, ya que el ritmo de crecimiento proporcional fluctúa entre las 24 y 48 horas y el intervalo va de 136.59 a 175.38 μm . El análisis gráfico de residuales indica diferencias a partir de que el rotífero madura sexualmente.

Palabras clave: Rotíferos, *Brachionus plicatilis*, morfotipo, raza, modelo de crecimiento, residuales.

ABSTRACT

Scarce information is available on the growth and development of *Brachionus plicatilis*. This paper presents a growth model for three asiatic strains of *B. plicatilis*: Thailand-S, Yashima-S and Nagasaki-L. The experiments were carried out under controlled laboratory conditions. The morphometric estimations were done at regular intervals of time, along 96 hours. The growth models were made for length and width for each strain, and the residuals analysis were done to determine the model fidelity. The results indicate correlations which go from 0.714 to 0.97 for length, and from 0.845 to 0.924 for width. The growth pattern of *B. plicatilis* indicate differences when the individual reaches the maturity. The length of the individuals of the strains studied was proportional until they reaches 30 hours of life, where the length rate goes from 153.36 to 245.64 μm , depending of the strain. The width shows higher discrepancy, since the growth pattern fluctuates from 24 to 48 hours, and the rate goes from 136.59 to 175.38 μm . On the other hand, the graphic analysis of residuals also indicate differences when the rotifers reach the sexual maturity.

Key words: Rotifera, *Brachionus plicatilis*, strain, growth model, residuals.

INTRODUCCIÓN

Brachionus plicatilis es el rotífero más utilizado como alimento vivo para estadios tempranos de peces y crustáceos de origen marino (Hudinaga y Kittaka, 1966; Theilacker y McMaster, 1971; Fointaine y Revera, 1980; Hirata, 1980; James et al., 1983; Watanabe et al., 1983; Emmerson, 1984 y Lubzens, 1987). La gran variabilidad del tamaño de este organismo, que en hembras adultas fluctúa entre 92.0 a 440.0 μm de longitud, es de fundamental importancia en las relaciones depredador-presa (Ahlstrom, 1940; Theilacker y McMaster, 1971; Koste, 1980, Koste y Shiel, 1980; Ito, et al., 1981; Walker, 1981; Yúfera y Pascual, 1982; Fukusho y Okauchi, 1982 y Snell y Carrillo, 1984).

Brachionus plicatilis ha sido dividido en dos grandes grupos con base en la longitud máxima de la lorica de las hembras ovígeras: morfotipo Ch (chico), que se aplica a aquellas cuya longitud es menor de 220 μm y morfotipo G (grande) cuando son mayores de 200 μm (Fukusho y Okauchi, 1982).

En la selección de una raza de *Brachionus plicatilis* para cultivo, para emplearlo como alimento, otro de los factores a tomar en consideración es su crecimiento y desarrollo bajo las condiciones ambientales disponibles. Sin embargo, la única información bibliográfica relacionada con estos tópicos son los reportes realizados por Snell y Carrillo (1984) y Castellanos-Páez (1989), quienes demostraron que la talla de la lorica cambia con la edad de la hembra desde su nacimiento hasta su madurez.

Con el fin de conocer el crecimiento en longitud de este rotífero, se analizó el desarrollo de hembras amícticas pertenecientes a diferentes razas del rotífero *Brachionus plicatilis*, las cuales fueron cultivadas bajo las mismas condiciones experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se examinó el cambio en la talla de la lorica desde nonatos hasta adultos en tres razas distintas del rotífero *Brachionus plicatilis*: Tailandia-Ch, Yashima-Ch y Nagasaki-G.

Las condiciones pre-experimentales y experimentales de los cultivos fueron: una temperatura de 25 °C, una salinidad de 25 ‰, un fotoperíodo de 12:12 horas, y *Chlorella saccharophila* como alimento, a una concentración de 227×10^4 células/ml, las cuales se utilizan en el mantenimiento de las cepas desde hace 10 años.

El procedimiento experimental consistió en preparar 3 matraces erlenmeyer con 100 ml de medio de cultivo cada uno; los cuales fueron inoculados con 100 hembras ovígeras (con huevos adheridos a la lorica) procedentes del cultivo

stock. Tres días después, de cada matraz se obtuvieron 100 hembras ovígeras para utilizarlas como inóculo de un segundo grupo de matraces. Transcurridos 3 días, las hembras ovígeras se transfirieron individualmente a cámaras de multicajas (Corning 25820) con 1 ml de medio de cultivo cada una; se incubaron; y se realizaron observaciones a intervalos de 15 minutos para colectar nonatos y asegurar que estos pertenecieran a la generación F1. Estos fueron colocados en grupos de 10 individuos dentro de tubos de ensaye con 5 ml de medio de cultivo.

Los grupos de nonatos se incubaron hasta que fueron preservados con formol al 5% final. Para cada raza se preparó una serie de 14 tubos de ensaye. Estos cultivos se numeraron y se incubaron por el tiempo que les correspondió: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 72 y 96 horas; posteriormente se realizaron las mediciones de los rotíferos, utilizando un microscopio compuesto Olympus y un juego de medición microscópica Nikon. Todas las mediciones se realizaron siguiendo los criterios definidos por Castellanos-Páez (1989).

Los parámetros de crecimiento se estimaron de acuerdo con el modelo de von Bertalanffy, el cual establece que el crecimiento (en longitud o anchura) estimado con respecto al tiempo describe un comportamiento asintótico (Ricker, 1975), siendo la ecuación que describe su comportamiento:

$$C_t = C_{\max} [1 - e^{-k(t - t_0)}]$$

donde:

C_t : Crecimiento (longitud o anchura) estimado al tiempo t.

C_{\max} : Máximo crecimiento estimado.

e: Base de los logaritmos naturales.

k: Tasa intrínseca de crecimiento.

t_0 : Edad teórica en la cual el crecimiento es igual a cero.

t: Tiempo.

La fidelidad de los modelos se validaron a través del análisis de residuales (Draper y Smith, 1981), de la siguiente manera:

$$\hat{\epsilon}_i = y_i - \hat{y}_i$$

donde:

$\hat{\epsilon}_i$: Error estimado.

y_i : Valor observado.

\hat{y}_i : Valor estimado.

Los residuales se estandarizaron para ajustarlos a una distribución normal en donde, si se genera un buen ajuste, al menos el 95% de los casos fluctuará entre +2 y -2 (Chatterjee y Price, 1977), de acuerdo a la siguiente relación:

$$\hat{\epsilon}_{est} = (\hat{\epsilon}_i - \hat{\epsilon}_{prom}) / S_{\hat{\epsilon}}$$

donde:

$\hat{\epsilon}_{est}$: Error estandarizado.

$\hat{\epsilon}_i$: Error estimado.

$\hat{\epsilon}_{prom}$: Promedio de los residuales.

$S_{\hat{\epsilon}}$: Desviación estándar de los residuales.

RESULTADOS

Al nacer los rotíferos el tamaño de la lorica (longitud x anchura) varió entre razas de 108.8 x 89.6 μm (Tailandia-Ch) a 141.77 x 105.33 μm (Nagasaki-G), y después de 96 horas varió de 142.9 x 121.6 μm (Tailandia-Ch) a 250.9 x 181.0 μm (Nagasaki-G).

Las hembras de las razas Nagasaki-G Yashima-Ch crecieron rápidamente en talla durante las primeras 15 horas y alcanzaron el tamaño máximo en 42 horas. En la raza Tailandia-Ch, el crecimiento fue más lento.

Las primeras hembras ovígeras fueron observadas entre las 15 y 18 horas después del nacimiento, dependiendo de la raza. Las hembras de la raza Yashima-Ch fueron las primeras en madurar, siguiéndole las de Tailandia-Ch y por último las de Nagasaki-G. La maduración coincidió con el tiempo en que comienza la fase lenta del crecimiento de cada raza.

En la figura 1 se observa que el crecimiento en longitud presenta su punto más bajo a las 36 horas, coincidiendo con el tiempo en que el primer huevo eclosiona y la hembra se prepara para expulsar su segundo huevo.

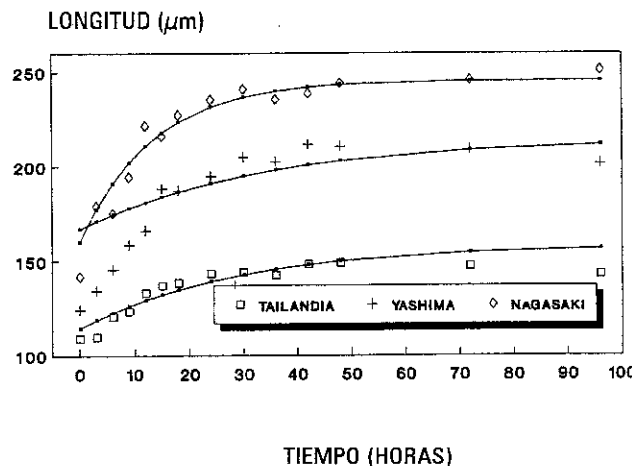


Figura 1. Crecimiento en longitud de tres razas del rotífero *Brachionus plicatilis*. Los símbolos representan los valores promedios observados y la línea continua los valores calculados.

El ajuste del modelo para las razas de Nagasaki-G y en menor proporción para Tailandia-Ch, simula aceptablemente el crecimiento, en donde la correlación fluctúa entre 0.958 y 0.947 respectivamente, como se aprecia en la tabla 1; mientras que el ajuste para la raza de Yashima-Ch es de menor precisión ya que la correlación es menor que el de las otras dos razas y el error es mayor, estimado en los $\hat{\epsilon}_{prom}$ y $S_{\hat{\epsilon}}$. Los parámetros del modelo se observan en la misma tabla.

Tabla 1. Parámetros del modelo de crecimiento de longitud (μm) del rotífero *Brachionus plicatilis*

Parámetros	Raza		
	Tailandia	Yashima	Nagasaki
L_{max}	158.187	214.079	245.640
k	0.0345	0.0298	0.0745
t_0	37.268	50.598	14.173
r	0.9580	0.7143	0.9475
$\bar{\hat{\epsilon}}$	2.6740	9.2535	-1.9024
$S_{\hat{\epsilon}}$	10.284	19.513	14.774

En cuanto a la anchura de la lorica, los individuos pertenecientes a las razas Nagasaki-G y Tailandia-Ch, alcanzaron su ancho máximo a las 24 horas después de haber nacido y los de Yashima-Ch, a las 30 horas de edad.

En la figura 2 se observa el crecimiento en la anchura de la lorica de cada raza. En la tabla 2 se aprecia la calidad del modelo, y en el incremento del error ($\hat{\epsilon}_{prom}$ y $S_{\hat{\epsilon}}$) se manifiesta la variabilidad del ancho de las tres razas.

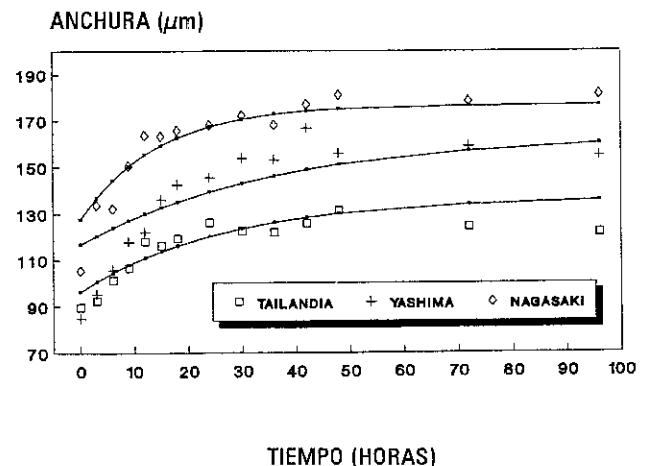


Figura 2. Crecimiento de la anchura de tres razas del rotífero *Brachionus plicatilis*. Los símbolos representan los valores promedios observados y la línea continua los valores calculados.

Tabla 2. Parámetros del modelo de crecimiento de la anchura (μm) del rotífero *Brachionus plicatilis*

Parámetros	Raza		
	Tailandia	Yashima	Nagasaki
A_{max}	136.594	163.360	176.601
k	0.0376	0.0274	0.0698
t_0	32.4615	45.6229	18.2772
r	0.9247	0.8453	0.9003
\bar{e}	-3.0086	-3.5384	-1.3193
$S_{\bar{e}}$	10.3065	16.4788	10.9877

Para analizar los residuales estandarizados de las tres razas, se agruparon un total de 42 casos (14 por raza) de la longitud y el ancho de la lorica, desde el tiempo 0 hasta el de 96 horas. Las figuras 3 y 4 muestran esta relación, ninguna de las estimaciones sobrepasan el intervalo de +2 a -2; sin embargo, en ambas figuras se observa que el error es mayor en los rotíferos de la raza Yashima-Ch, además de mostrar un patrón aparente, al igual que la raza Tailandia-Ch. En el caso de la raza Nagasaki-G, el ajuste del modelo es aceptable.

Desde la perspectiva de la generación de un buen modelo, el error debe fluctuar alrededor del cero, entre +2 y -2 (en el caso de los residuales estandarizados), y no debe mostrar ningún patrón aparente.

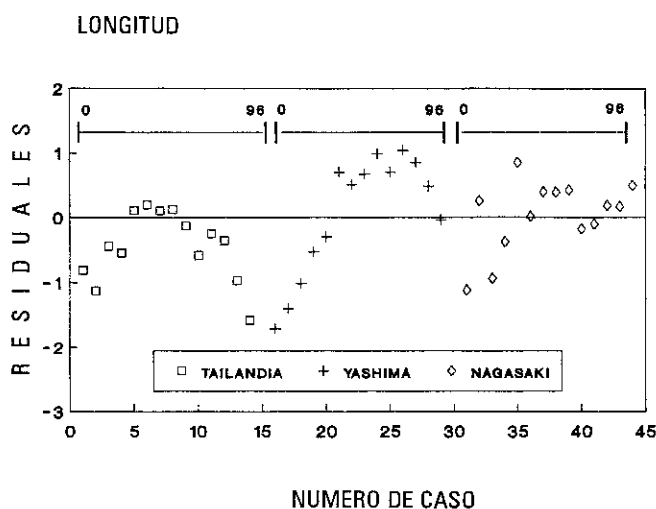


Figura 3. Error estandarizado del modelo de la longitud del rotífero *Brachionus plicatilis*. Los símbolos representan el error y la escala superior las horas.

DISCUSIÓN

En la figura 1 se observa que las hembras amícticas de *Brachionus plicatilis*, pertenecientes a las tres razas estudiadas, alcanzaron su longitud máxima en 42 horas. Entre las 15 y 18 horas después de su nacimiento comienza la fase lenta de crecimiento, coincidiendo con su primer puesta, lo que sugiere que la mayor parte de energía es utilizada para la reproducción, y la menor, para el crecimiento y mantenimiento.

El único antecedente sobre el estudio del crecimiento de *B. plicatilis*, es el trabajo de Snell y Carrillo (1984); quienes describieron, para una raza de Florida, que las hembras alcanzaron la talla máxima a las 36 horas de vida, la tasa de crecimiento fue menor entre las 15 y 30 horas de edad, y la expulsión del primer huevo ocurrió a las 15 horas después del nacimiento.

Comparando los resultados del presente trabajo con el mencionado anteriormente, se encuentran diferencias entre las razas causadas por sus características intrínsecas y, en menor medida, por la alimentación utilizada durante el experimento, ya que la temperatura, la salinidad y la metodología fue similar en ambos trabajos.

La descripción de los patrones de crecimiento está íntimamente relacionada con el desarrollo y expulsión de los huevos de *B. plicatilis*; cuando la hembra tiene un huevo en un estadio avanzado de desarrollo dentro de su cavidad corporal, la anchura se incrementa y la longitud decrece; cuando el huevo es expulsado, la anchura decrece y la

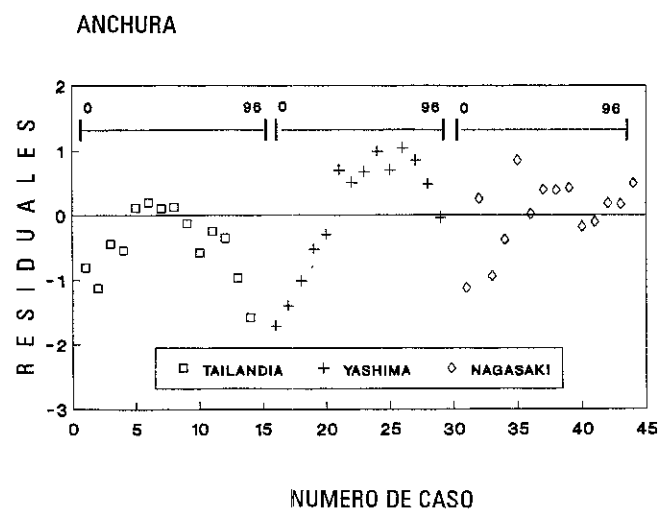


Figura 4. Error estandarizado del modelo de la anchura del rotífero *Brachionus plicatilis*. Los símbolos representan el error y la escala superior los días.

longitud aumenta. A este cambio en sus proporciones le hemos denominado fenómeno de tipo "acordeón", el cual indica la necesidad de integrar otra variable al modelo que contribuyera a explicar el crecimiento.

En la figura 2 se observa que la anchura promedio de la lorica presenta variaciones que pueden ser explicadas al tomarse en consideración el fenómeno tipo "acordeón" que tiene lugar cuando la hembra se encuentra en la etapa reproductiva; ya que cuando una hembra tiene un huevo maduro dentro de su cavidad corporal, el ancho de la lorica aumenta y cuando el huevo ha sido expulsado, el ancho de la lorica decrece, hasta que el proceso se repite, o la etapa reproductiva termina.

El estudio mostró que cuando se cultivan individuos de razas diferentes bajo las mismas condiciones controladas, se obtiene un patrón de crecimiento con diferencias entre razas, como se observa en las curvas de crecimiento de las figuras 1 y 2; a pesar de que las cepas se han mantenido bajo las mismas condiciones ambientales de laboratorio, al menos durante 10 años.

CONCLUSIONES

- La talla máxima de las hembras pertenecientes a las tres razas estudiadas se alcanzó a las 42 horas de edad.
- Las primeras hembras ovígeras fueron observadas entre las 15 y 18 horas después del nacimiento, dependiendo de la raza.
- Los patrones de crecimiento están íntimamente relacionados con el desarrollo y expulsión de los huevos de *B. plicatilis*.
- En el crecimiento de las tres razas se manifestó el fenómeno tipo acordeón; siendo necesario integrar otra variable al modelo generado.
- Cuando se cultivan individuos de razas diferentes bajo las mismas condiciones controladas, se obtiene un patrón de crecimiento proporcional, pero distinto entre las razas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a Hachiro Hirata, investigador de la Universidad de Kagoshima, Japón por facilitarnos inóculos de las cepas de *Chlorella saccharophila*, y rotíferos de la raza Yashima-Ch; así como también a Kazutsugu Hirayama, investigador de la Universidad de Nagasaki, Japón por proporcionarnos organismos de las razas Tailandia-Ch y Nagasaki-G.

LITERATURA CITADA

- AHLSTROM, E.H., 1940. A revision of the rotatorian genera *Brachionus* and *Platyias* with description of one new species and two new varieties. *Bulletin American Museum of Natural History* 77: 143-184.
- CASTELLANOS-PÁEZ, M.E., 1989. A biological characterization of different strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Tesis Doctoral. Universidad de Hiroshima, Japón. 86 pp.
- CHATTERJEE, S. y B. PRICE., 1977. *Regression Analysis by example*. John Wiley and Sons Inc. New York. 228 pp.
- DRAPER, N. y H. SMITH, 1981. *Applied regression analysis*. John Wiley and Sons Inc. New York. 709 pp.
- EMMERSON, W. D., 1984. Predation and energetics of *Penaeus indicus* (Decapoda: Penaeidae) larvae feeding on *Brachionus plicatilis* and *Artemia* nauplii. *Aquaculture* 38: 201-209.
- FONTAINE, C.T. y D.B. REVERA, 1980. The mass culture of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, for use as foodstuff in aquaculture. *Proceedings World Mariculture Society* 11: 211-218.
- FUKUSHO, K. y M. OKAUCHI, 1982. Strain and size of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, being cultured in Southeast Asian countries. *Bulletin of National Research Institute of Aquaculture* 3: 107-109.
- HIRATA, H., 1980. Culture methods of the marine rotifer *Brachionus plicatilis*. *Mini Review and Data File Fisheries Research* 1: 27-46.
- HUDINAGA, M. y Z. KITAKA, 1966. Studies on food and growth of larval stage of a prawn, *Penaeus japonicus*, with reference to the application to practical mass culture. *Japan Planktological Liaison Association Information Bulletin* 13: 83-94.
- ITO, S., H. SAKAMOTO, M. HORI y K. HIRAYAMA, 1981. Morphological characteristics and suitable temperature for the growth of several strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Nagasaki University* 51: 9-16.
- JAMES, C.M., M. BOU-ABBAS., A.M. AL-KHARS., S. AL-HINTY. y A.E. SALMAN, 1983. Production of the rotifer *Brachionus plicatilis* for aquaculture in Kuwait. *Hydrobiologia* 104: 77-84.
- KOSTE, W., 1980. *Brachionus plicatilis*, ein Salzwasser - radertier. *Mikrokosmos* 5: 148-155.
- KOSTE, W. y R.J. SHIEL, 1980. Preliminary remarks on the characteristics of the rotifer fauna of Australia (*Notogaea*). *Hydrobiologia* 73: 221-227.
- LUBZENS, E., 1987. Raising rotifers for use in aquaculture. *Hydrobiologia* 147: 245-255.
- RICKER, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin Fisheries Research Board Canada* 191: 203-204.

- SNELL, T. y K. CARRILLO, 1984. Body size variation among strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 37: 359-367.
- THEILACKER, G.H. y M.F. McMASTER, 1971. Mass cultivation of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food for larval anchovies. *Marine Biology* 10: 183-188.
- WALKER, K.F., 1981. A synopsis of ecological information on the saline lake rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller 1786). *Hydrobiologia* 81: 159-167.
- WATANABE, T., C. KITAJIMA y S. FUJITA, 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish. *Aquaculture* 34: 115-143.
- YÚFERA, M. y E. PASCUAL, 1982. Morphometric characterization of a small-sized strain of *Brachionus plicatilis* in culture. *Aquaculture* 27: 55-61.

Recibido: 4 de octubre de 1994.

Aceptado: 13 de diciembre de 1994.