

# Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*

## Effect of temperature and density on growth of spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* juveniles reared in the laboratory

Benjamín H. Anguas-Vélez<sup>1</sup>, Roberto Civera-Cerecedo<sup>2</sup>,  
Ernesto Goytortúa-Bores<sup>2</sup> y Sonia Rocha-Meza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biología Experimental, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. I.P.N. s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, Apartado Postal 592, 23096, La Paz, B.C.S., México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Nutrición Acuícola, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Mar Bermejo No. 195, Colonia Playa Palo Santa Rita. 23090, La Paz, B.C.S., México.

Anguas-Vélez, B. H., R. Civera-Cerecedo, E. Goytortúa-Bores y S. Rocha-Meza. 2003. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. *Hidrobiológica* 13 (4): 309-315.

### RESUMEN

Se realizó un experimento de crecimiento con el objetivo de determinar la temperatura y densidad más apropiadas para el cultivo en laboratorio de juveniles de cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*. Para ello, se implementó un diseño factorial de 3 X 2 con 3 réplicas por tratamiento, en el que se probaron tres temperaturas (24, 27 y 30°C) y dos densidades (266 y 400 peces/m<sup>3</sup>). Organismos de 2.1 g se alimentaron con una dieta semi-húmeda (56% Proteína y 23% Lípidos) durante 40 días en acuarios con 30 L de agua de mar. No hubo ningún efecto por la temperatura o la densidad sobre la supervivencia. El mayor crecimiento fue observado a 27°C con 400 peces/m<sup>3</sup>, mientras que los peces sometidos a 24°C y 400 peces/m<sup>3</sup> y 30°C y 400 peces/m<sup>3</sup> mostraron crecimientos más bajos. El porcentaje del consumo aparente de alimento diario por peso promedio del pez (%CAAD) solo fue significativamente diferente ( $P<0.05$ ) entre las dos densidades de la temperatura intermedia (27°C), pero no en los grupos de la temperatura baja (24°C), ni de la alta (30°C). De manera similar al %CAAD, únicamente los valores del factor de conversión alimenticia de las dos densidades de las temperaturas de 24°C (3.8 y 2.7) y 27°C (3.4 y 2.0) fueron significativamente diferentes entre sí. Se concluye que la temperatura de 27°C y la densidad de 400 peces/m<sup>3</sup> (equivalente a 0.84 g/L de biomasa inicial) son las condiciones más apropiadas para el crecimiento de juveniles de cabrilla arenera cultivados en laboratorio.

**Palabras clave:** Cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*, temperatura, densidad, crecimiento.

### ABSTRACT

A growth trial was conducted to determine the most appropriate temperature and fish density for rearing juvenile spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* under laboratory conditions. The experiment followed a 3 X 2 factorial design with three temperatures (24, 27, and 30°C) and two densities (266 and 400 fish/m<sup>3</sup>), with three replicates per treatment. Juveniles (mean weight 2.1 g) were fed a semi-moist diet (56% protein and 23% lipids) for 40 days, residing in tanks containing 30 L seawater within an open flow system under laboratory conditions. No effects on survival resulted from these temperatures and fish density conditions were noted. The

greatest growth was observed at 27°C and 400 fish/m<sup>3</sup>, while fish reared at 24°C and 400 fish/m<sup>3</sup> and 30°C and 400 fish/m<sup>3</sup> had the least growth. The percent apparent daily feed consumption (%ADFC) was significantly different between the two different densities of fish reared at 27°C, but not at the lower or higher temperatures. Feed conversion ratio values were significantly different between fish grown at the intermediate (27°C) and the lower (24°C) temperatures, but not at the higher (30°C) temperature. Therefore, the most appropriate condition for growth of juvenile spotted sand bass cultured in laboratory is 27°C and 400 juvenile fish/m<sup>3</sup> (equivalent to 0.84 g/L of initial biomass).

**Key words:** Spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, temperature, density, growth.

## INTRODUCCIÓN

La tasa de crecimiento de los peces es modificada por una serie de factores que incluyen a la temperatura del agua, la densidad de cultivo, el porcentaje de alimentación y el tipo de alimento; además de la variación intraespecífica en la tasa de crecimiento dentro de los grupos de peces, conocida como el efecto de la jerarquía de las tallas (Lahti & Lower, 2000; Wang *et al.*, 2000) disparado por la alimentación en peces de ambientes marinos como el turbot (*Scophthalmus maximus*; Linnaeus, 1758) y el salmón del Atlántico (*Salmo salar*, Linnaeus, 1758), o por las variaciones de tamaño relacionadas con las interacciones sociales (Purdon, 1974; Lahti & Lower, 2000). De todos los factores mencionados, la temperatura del agua y el suministro de alimento son los de mayor importancia para el desarrollo de larvas y juveniles (Watanabe, 1988). En este sentido, el crecimiento está ligado a un factor de origen biológico de tal modo que, cualquier factor del ambiente interactúa con él. Por ejemplo, en condiciones naturales, si la temperatura aumenta, la cantidad de alimento ingerido normalmente aumenta, así como la tasa de digestión. La tasa de crecimiento puede aumentar o disminuir dependiendo de la relación entre alimento-metabolismo-temperatura. La demanda de energía podría exceder a la ganancia resultante del incremento en consumo de alimento, y por lo tanto, producir una disminución en la tasa de crecimiento. Más aún, al crecer los peces alteran su tamaño, y este factor importante también cambia con el tiempo (Brett, 1979). Para proporcionar un ambiente de cultivo que asegure un crecimiento óptimo al pez, es esencial tener información sobre la manera en que el comportamiento alimenticio y el consumo de alimento se ven influidos por cambios en varios factores bióticos y abióticos (Jobling *et al.*, 1995). La cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*; Steinberg, 1868) es considerada una buena candidata para cultivarse debido a que los adultos son resistentes al manejo y pueden desovar en cualquier época del año en condiciones de laboratorio (Rosales-Velázquez *et al.*, 1992). Esta especie se distribuye desde Monterey, California (EUA) hasta Mazatlán, Sinaloa (Méjico), incluyendo el Golfo de California, áreas donde la temperatura varía de 15°C a 32°C (Oda *et al.*, 1993; Thomson *et al.*, 2000). En el Centro In-

terdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) se han realizado diversos estudios encaminados a desarrollar el cultivo de la cabrilla arenera. Rosales-Velázquez (1997) determinó que una temperatura cercana a los 23°C resultaba ser la más conveniente para inducir el desove, así como para obtener numerosa producción de huevos y fecundidad por hembra. Para el cultivo de larvas, normalmente se mantiene una temperatura promedio de 25°C, pero no se ha determinado la temperatura óptima para el crecimiento en la fase juvenil (Civera *et al.*, 2002). Existe poca información disponible sobre estudios de densidad de cultivo para esta especie. Alvarez-González *et al.* (2001) encontraron que en la densidad de 50 larvas/h se obtuvo la mejor longitud promedio estándar y mayor supervivencia. Grayeb-Del Alamo (2001) evaluó el efecto de tres densidades (35, 70, y 105 peces/m<sup>3</sup> equivalente a 45, 91 y 136 g/m<sup>3</sup>, respectivamente) para la fase de pre-engorda, y tres densidades (13, 27, y 45 peces/m<sup>3</sup> equivalente a 295, 613 y 1,022 g/m<sup>3</sup>) para la fase de engorda, y las mejores tasas de crecimiento absoluto se obtuvieron en las densidades de 70 y 13 peces/m<sup>3</sup> para las fases de pre-engorda y engorda en jaulas, respectivamente.

Tomando en consideración los escasos estudios sobre cultivo de juveniles, se realizó el presente trabajo con el objetivo de determinar la temperatura y la densidad más apropiadas para el cultivo de juveniles de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* en laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la sala de acuarios del Bioterio del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en La Paz, Baja California Sur. El sistema experimental estuvo formado por 18 acuarios de plástico (50 X 32 X 24 cm) con capacidad de 38 L (volumen de agua 30 L), con suministro de aire y agua (1.5 L/min), independientes. El sistema estuvo conectado a un suministro de agua de mar, misma que pasó a través de un filtro de cartucho de 5 micras y un sistema de luz U.V. El ensayo estuvo sujeto a un fotoperíodo de 12 horas luz: 12 horas oscuridad. El control de la temperatura del

agua se hizo con calentadores sumergibles de 250 W, uno en cada acuario. Los juveniles usados en éste estudio se obtuvieron de huevos desovados el 30 de abril de 1995, de manera espontánea, e incubados a una temperatura de 23-24°C, y una salinidad de 36 g/L en el laboratorio de Biología Experimental (LBE) del CICIMAR. Se suministró aireación suavemente, a través de tramos (50 cm) de tubo de plástico perforados, colocados en el fondo de los tanques. Conforme crecían las larvas, el nivel de agua se aumentó de 100 a 140 litros, para mantener bajos los niveles de amoníaco y nitritos (< 0.8 mg/L y < 0.4 mg/L, respectivamente) (Piper *et al.*, 1982). Antes del día 33 después de la eclosión (DE), los tanques se manejaron como un sistema estático de "agua verde", y se realizaron cambios periódicos de agua (25-50%). Del día 33 en adelante, se mantuvo un flujo de agua constante de 2.3 L/min en cada tanque. Las larvas se alimentaron con alimento vivo hasta el día 33 DE, y después con pescado fresco desmenuzado. El alimento vivo se distribuyó *ad libitum* en todos los tanques, de acuerdo al siguiente protocolo: los rotíferos (*Brachionus plicatilis*; Müller: 1786) se suministraron del día 3 al 11 DE (repartidos en dos raciones por día), aumentando la densidad de 6 a 35 organismos/ml y después disminuyendo hasta 5 organismos/ml, en el día 24 DE. Esta densidad del alimento se revisaba diariamente (temprano en la mañana) y se ajustaba si era necesario. Se usaron rotíferos enriquecidos del día 10 al 16 DE. Los rotíferos fueron enriquecidos en lípidos con una emulsión comercial (Superselco<sup>MR</sup>) durante dos horas antes de alimentar a las larvas. Nauplios de Artemia recién eclosionados se dieron del día 12 al día 31 DE. Al disminuir los rotíferos, los nauplios de Artemia se aumentaron de 0.1 a 3/ml, es decir, del día 12 al día 24 DE. Después, los nauplios disminuyeron hasta 0.4/ml (días 25-31 DE). Lotes de juveniles y adultos de Artemia se colectaron de una salina, ubicada en las afueras de la ciudad de La Paz, y se mantuvieron en tanques circulares de 200 L con aireación y microalgas. Los juveniles de Artemia se ofrecieron a densidades decrecientes desde 5 a 50 organismos/L, a partir del día 27 y hasta el día 39 DE, después del cual los juveniles fueron alimentados con filete de pescado fresco (sardina) y filete de calamar hasta alcanzar el peso deseado para iniciar el experimento (Arias-Vélez *et al.*, 2000a).

Se seleccionaron 180 organismos con un peso de 2.1 ± 0.05 g y se distribuyeron en 18 acuarios, de acuerdo a un diseño factorial de 3 X 2 donde se probaron tres temperaturas (24, 27 y 30°C) y dos densidades (8 y 12 peces/acuario, respectivamente) equivalentes a 266 y 400 peces/m<sup>3</sup> o a 0.40 y 0.63 g de biomasa inicial/L. Cada uno de los seis tratamientos experimentales contó con tres réplicas. Los tratamientos fueron denominados de la siguiente manera: T, para la temperatura (T24, T27, T30) y D, para la densidad (D8 y D12). El experimento tuvo una duración de 40 días, durante los cuales

Tabla 1. Composición de la dieta semi-húmeda para juveniles de cabrilla arenera.

Ingredientes	Cantidad (g/100 g dieta)
Filete de pescado <sup>1</sup>	17.5
Calamar <sup>2</sup>	17.5
Harina de cabeza de camarón	17.5
Concentrado de proteína vegetal <sup>3</sup>	19.5
Harina de sorgo	1.9
Levadura de cerveza	1.0
Premezcla de vitaminas <sup>4</sup>	1.0
Grenetina	11.7
Aceite de pescado	6.2
Lecitina de soya	6.2
Composición proximal (% materia seca, excepto humedad) <sup>5</sup>	
Proteína cruda (N X 6.25)	56.0 ± 0.35
Extracto etéreo (Soxhlet)	22.9 ± 0.04
Fibra cruda	3.4 ± 0.03
Cenizas	2.8 ± 0.07
E.L.N. <sup>6</sup>	14.9
Humedad	69.0 ± 1.96

<sup>1</sup>Pez gatillo (*Balistes polylepis*)

<sup>2</sup>*Loligo* sp. entero

<sup>3</sup>Espinacas, 5.85%; Acelgas, 5.85%; Zanahoria, 5.85%; Perejil, 1.95%.

<sup>4</sup>(UI ó mg/kg dieta): Acetato de Vitamina A, 2500; Vitamina D3, 2400; Acetato de Vitamina E, 30; Vitamina K3, 10.0; Mononitrato de Tiamina, 10.0; Riboflavina, 25.0; Hidrocloruro de Piridoxina, 20.0; Ácido Pantoténico, 50.0; Niacina, 200; d-Biotina, 2.0; Ácido Fólico, 10.0; Cianocobalamina, 0.02; Inositol, 500.

<sup>5</sup>Valores promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar.

<sup>6</sup>Extracto Libre de Nitrógeno = 100 - (%Proteína + %Extracto Etéreo + %Fibra cruda + %Cenizas).

se registró diariamente la temperatura del agua de mar y la del ambiente con un termómetro manual de mercurio (escala 0 a 50°C con precisión de 0.1°C). El oxígeno disuelto se midió con un oxímetro (YSI<sup>MR</sup> modelo 58) con una precisión de 0.01 mg/L; la salinidad con un salinómetro (YSI<sup>MR</sup> modelo 58), y el pH con un potenciómetro (Corning Autocal<sup>MR</sup> 108). Por medio de un equipo Spectroquant<sup>MR</sup>, se registraron quincenalmente el nitrógeno amoniocal (N-NH<sub>4</sub>) y nitritos (N-NO<sub>2</sub>). Durante el experimento la salinidad y el pH se mantuvieron a 35 g/L y 8.0, respectivamente. Los valores promedio respectivos de oxígeno disuelto, nitritos y amonio total fueron 4.3 ± 0.24 mg/L, 0.02 ± 0.01 mg/L, y 0.54 ± 0.07 mg/L (0.027-0.040 mg/L de amoníaco no ionizado, de acuerdo a la variación de temperatura y pH).

Se utilizó un alimento semi-húmedo sugerido por Bower (1983) para la engorda de peces marinos. El alimento fue elaborado siguiendo el método descrito por el mismo autor, y

analizado para determinar su contenido en humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas, siguiendo los métodos de la AOAC (1995). Asimismo, se calculó el Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) por diferencia a 100%. La composición del alimento se muestra en la Tabla 1. Los peces fueron alimentados con esta dieta a una tasa fija de 15% (en base húmeda) ó 4.6% (en base seca) de la biomasa promedio. La ración del alimento se dividió en dos comidas al día (09:00 y 14:00 h). Los criterios nutrimientales para evaluar los tratamientos fueron los siguientes: Supervivencia (%) =  $100 \times [\text{No. final de organismos} / \text{No. inicial de organismos}]$ . Tasa relativa de crecimiento (%) =  $100 \times [(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) / \text{peso inicial (g)}]$ . TEC = Tasa específica de crecimiento (%/día) =  $100 \times [\ln \text{peso final (g)} - \ln \text{peso inicial (g)}] / \text{días}$ ; donde  $\ln$  = logaritmo natural. Consumo aparente de alimento diario en % (CAAD) =  $100 \times [\text{peso seco del alimento diario ofrecido por pez (g)} / ((P_i + P_f)/2)]$ ; donde  $P_i$  = peso inicial promedio y  $P_f$  = peso final promedio. Factor de conversión alimenticia (FCA) = peso seco del alimento ofrecido (g) / ganancia en biomasa (g). Los datos de crecimiento y utilización del alimento fueron analizados por un análisis de varianza de dos vías, para determinar los efectos principales de temperatura y densidad, y los efectos de la interacción entre las dos variables. Se confirmó la homogeneidad de variación usando la prueba de Levene. Cuando un efecto principal significante fue encontrado ( $P < 0.05$ ), las diferencias de las medias fueron determinadas por el procedimiento de la diferencia honestamente significante de Tukey (Zar, 1996).

## RESULTADOS

Los porcentajes de supervivencia al final del experimento variaron de 96% a 100%, y no se detectaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los seis tratamientos (Tabla 2). En los parámetros de crecimiento (peso final promedio, y tasas de crecimiento) el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las temperaturas y las densidades evaluadas, así como en la interacción entre estas. En el FCA y el %CAAD, en cambio, solo fue significativa la densidad, pero no la interacción de las dos variables. El mayor crecimiento de los peces (peso final promedio = 7.8 g) se obtuvo a la temperatura intermedia (27°C) y densidad de 400 peces/m<sup>3</sup> (tratamiento T27D12), siendo significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) a los tratamientos T24D12 (6.3 g) y T30D12 (5.7 g). Este último también fue significativamente menor a los grupos T27D8 y T30D8 (Tabla 2). El mismo comportamiento descrito para el peso final, se observó en la tasa relativa de crecimiento (Figura 1), donde el mayor crecimiento fue obtenido en el tratamiento T27D12 (262%), pero éste solo fue significativamente diferente a los grupos T24D12 (191%) y T30D12 (166%). La tasa específica de crecimiento (TEC) presenta una tendencia

Tabla 2. Supervivencia, crecimiento y utilización del alimento en juveniles de la cabrilla arenera, *P. maculatofasciatus*. Valores promedio ± (desviación estándar), excepto supervivencia.

	Tratamientos					
	24°C		27°C		30°C	
	266 (peces/m3)	400 (peces/m3)	266 (peces/m3)	400 (peces/m3)	266 (peces/m3)	400 (peces/m3)
Supervivencia (%)	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
Peso inicial (g)	2.08 <sup>a</sup> (0.06)	2.18 <sup>a</sup> (0.03)	2.14 <sup>a</sup> (0.05)	2.15 <sup>a</sup> (0.02)	2.15 <sup>a</sup> (0.04)	2.16 <sup>a</sup> (0.02)
Peso final (g)	6.60 <sup>ab</sup> (0.47)	6.33 <sup>b</sup> (0.11)	7.36 <sup>a</sup> (0.31)	7.83 <sup>a</sup> (0.16)	7.14 <sup>a</sup> (0.58)	5.76 <sup>b</sup> (0.09)
TEC <sup>1</sup> (%/día)	2.89 <sup>a</sup> (0.18)	2.68 <sup>ab</sup> (0.00)	3.09 <sup>a</sup> (0.13)	3.22 <sup>a</sup> (0.08)	3.0 <sup>a</sup> (0.20)	2.45 <sup>b</sup> (0.05)
CAAD <sup>2</sup> (%)	9.75 <sup>a</sup> (0.57)	7.98 <sup>ab</sup> (0.53)	9.31 <sup>a</sup> (0.61)	6.39 <sup>b</sup> (0.14)	9.58 <sup>a</sup> (1.34)	8.50 <sup>a</sup> (0.24)
FCA <sup>3</sup>	3.84 <sup>a</sup> (0.41)	2.77 <sup>bc</sup> (0.05)	3.39 <sup>a</sup> (0.21)	2.03 <sup>c</sup> (0.07)	3.58 <sup>a</sup> (0.53)	3.20 <sup>ab</sup> (0.08)

<sup>1</sup>Tasa específica de crecimiento =  $100 \times [\ln \text{peso final (g)} - \ln \text{peso inicial (g)}] / \text{días}$ .

<sup>2</sup>CAAD = % del consumo aparente de alimento diario por peso promedio unitario del pez.

<sup>3</sup>FCA = Factor de conversión alimenticia.

Superíndices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

muy parecida a las variables anteriores, aunque en este caso, el grupo T27D12 sólo fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) al grupo T30D12 (Tabla 2). En el caso del porcentaje del consumo aparente de alimento diario por peso promedio unitario del pez (CAAD), el análisis de varianza reveló que esta variable sólo es significativamente diferente entre las dos densidades de la temperatura intermedia (27°C), pero no en

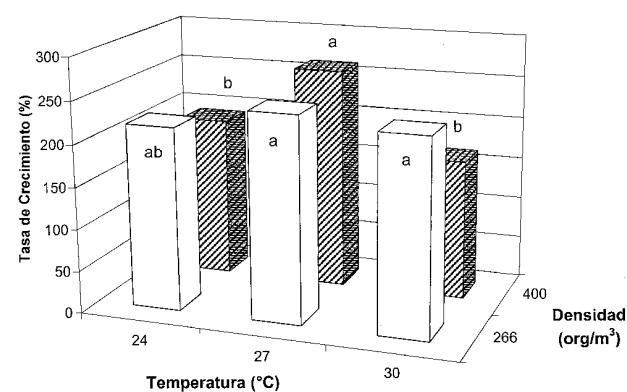


Figura 1. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre la tasa de crecimiento en peso de juveniles de cabrilla arenera cultivados en laboratorio.

los grupos de la temperatura baja ( $24^{\circ}\text{C}$ ), ni de la alta ( $30^{\circ}\text{C}$ ). Únicamente los valores promedio del factor de conversión alimenticia (FCA) de las dos densidades a las temperaturas de  $24^{\circ}\text{C}$  (3.8 y 2.7) y  $27^{\circ}\text{C}$  (3.4 y 2.0) fueron significativamente diferentes entre sí, pero no entre las densidades de la temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  (3.5 y 3.2).

## DISCUSIÓN

Bajo las condiciones de cultivo y duración del experimento, la supervivencia obtenida no fue afectada por la temperatura o la densidad. Los mayores índices de crecimiento (peso final y tasas de crecimiento) fueron obtenidos en el grupo de peces sometidos al tratamiento  $27^{\circ}\text{C}$  y 400 peces/ $\text{m}^3$ , así como en los 3 grupos cultivados a densidad baja (266 peces/ $\text{m}^3$ ); mientras que en los grupos sometidos a  $24^{\circ}\text{C}$  y 400 peces/ $\text{m}^3$  y  $30^{\circ}\text{C}$  y 400 peces/ $\text{m}^3$  se obtuvo el menor crecimiento. En un estudio realizado con organismos de la misma especie, peso inicial similar, y a una temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$  (densidad inicial 150 peces/ $\text{m}^3$ ) donde se utilizó un alimento seco contenido 55% de proteína, Anguas-Vélez *et al.* (2000b) reportaron un peso promedio final de 6.4 g, el cual es menor al peso promedio final aquí encontrado (7.8 g). El mejor crecimiento observado en las cabrillas alimentadas con nuestra dieta semi-húmeda (blanda) probablemente se debió a la mayor atractabilidad y palatabilidad de ésta, conferidas por su composición en ingredientes y nutrientes, permitiendo un mayor consumo del alimento. Un resultado semejante fue encontrado por Storebakken y Austreng (1988) quienes reportan que la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792) consume más alimento cuando se le alimenta con una dieta semi-húmeda, que cuando es alimentada con dietas secas. Grayeb del Alamo (2001) realizó un estudio de pre-engorda en jaulas con juveniles de la misma especie de cabrilla con un peso promedio inicial de 1.3 g, y alimentados con una dieta práctica semi-húmeda, desarrollado a temperaturas ambientales que oscilaron entre 20 y  $30^{\circ}\text{C}$  con un promedio de  $26.9 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$ . Este autor obtuvo valores de TEC que variaron de 3.02 a 3.26, similares a los encontrados aquí (3.0 – 3.2) para los tratamientos a la temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ . Los valores de la TEC en nuestro trabajo fluctuaron entre 2.3 y 3.2, siendo menores a los encontrados por Avilés-Quevedo *et al.* (1995) en el cual reportan una tasa de crecimiento promedio de 3.5 en juveniles de cabrilla arenera cultivados en jaulas flotantes, alimentados con una dieta semi-húmeda, y donde el intervalo de temperatura varió entre 17 y  $32^{\circ}\text{C}$ . En otro estudio con dietas secas con 40 a 50% de contenido proteico, Alvarez-González *et al.* (2001) encontraron valores menores de TEC a los del presente trabajo (1.65 - 1.74, para juveniles de 9.5 g de peso inicial promedio) de cabrilla arenera cultivada a  $24.5^{\circ}\text{C}$  en tanques de 500 L. Las diferencias en los resultados de estos trabajos posiblemente se relacionan con el sistema de culti-

vo (tanques-jaulas), la composición y tipo de alimentos, el tamaño y densidad de los peces, y las temperaturas de cultivo, pero considerando que no hay muchos estudios sobre esta especie, esos resultados sirven de marco de referencia para comparar si el crecimiento obtenido en nuestro trabajo es representativo de buenas condiciones de cultivo para los juveniles de cabrilla arenera. Según varios autores (Jobling, 1981; Pandian, 1987; Guillaume, 1994) la temperatura y la alimentación son de los factores que más afectan el metabolismo y el crecimiento de los organismos ectotermos. Se sabe que en condiciones naturales, si la temperatura aumenta, la cantidad de alimento ingerida normalmente también aumenta, así como la tasa de digestión (Brett, 1979). Sin embargo, en el presente estudio el consumo de alimento (CAAD) fue muy semejante entre los diversos tratamientos (promedio general de 8.6) y se observó una tendencia a disminuir el consumo cuando se aumentó la densidad. No obstante, sólo se encontraron diferencias significativas en los peces cultivados a la densidad alta (400 peces/ $\text{m}^3$ ) y temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ , lo que deja pensar que el posible efecto de la temperatura sobre el consumo de alimento pudo haber sido enmascarado por la tasa fija de alimentación y la cantidad de organismos empleados en los tanques de cultivo. Comúnmente hay un comportamiento social competitivo entre los peces mantenidos en tanques de cultivo, que redunda en tasas de crecimiento reducidas y una variación interindividual en tallas (de March, 1997; Lahti & Lower, 2000). Los efectos derivados de la interacción social pueden intensificarse por las densidades de cultivo (Jorgensen *et al.*, 1993), sin embargo, la respuesta a la densidad no es la misma en todas las especies (Baker & Ayles, 1990; Wang *et al.*, 2000; Lahti & Lower, 2000). En el presente trabajo, a diferencia de la temperatura, la densidad de cultivo sí tuvo un efecto sobre el FCA a las temperaturas de  $24^{\circ}\text{C}$  y  $27^{\circ}\text{C}$ , ya que éste factor mejoró significativamente al aumentar la densidad de 266 a 400 peces/ $\text{m}^3$ , excepto cuando la temperatura fue de  $30^{\circ}\text{C}$ . El mejor valor del FCA fue encontrado para el grupo de peces sometidos al tratamiento T24D12, mismo que concuerda con el mayor crecimiento obtenido durante el bioensayo. El porcentaje fijo de alimentación que se utilizó, y la cantidad variable y desconocida del alimento residual o no consumido seguramente influyeron en los valores de la conversión alimenticia obtenidos. Al comparar el presupuesto energético de seis especies de teleósteos Cui y Liu, (1990) encontraron que la tasa de alimentación y la tasa de energía disponible para el metabolismo explican la mayoría de las variaciones individuales en el crecimiento, desafortunadamente, en el presente estudio no se determinó la digestibilidad aparente de la dieta experimental a diferentes temperaturas y densidades de cultivo, como para poder conocer el efecto de la alimentación racionada sobre la energía realmente disponible para los juveniles de cabrilla arenera. En estudios futuros, sería conveniente medir la digestibilidad del alimento y utilizar

alimentación *ad libitum*, a fin de asegurar que el crecimiento de los organismos no se vea limitado por la cantidad de alimento y nutrientes disponibles. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que la temperatura de 27°C y la densidad de 400 peces/m<sup>3</sup> (equivalente a 0.84 g/L de biomasa inicial) son las condiciones de cultivo más apropiadas para el crecimiento de juveniles de cabrilla arenera cultivados en laboratorio.

## AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó con financiamiento del CONACYT (1702P-B), el CICIMAR-IPN y el proyecto PAC17 del CIBNOR. Un profundo agradecimiento al personal del grupo de cultivo de peces del CICIMAR, dirigido por el MC. José Luis Ortiz Galindo, particularmente a Mauricio Contreras Olguín y a Rebeca Jasso Rueda por su colaboración para la producción de los juveniles de cabrilla, así como a Alfonso Galicia por el apoyo técnico.

## REFERENCIAS

- ALVAREZ-GONZÁLEZ, C. A., J. L. ORTIZ-GALINDO, S. DUMAS, S. F. MARTÍNEZ-DÍAZ, D.E. HERNÁNDEZ-CEBALLOS, T. GRAYEB-DEL-ALAMO, M. MORENO-LEGORRETA, R. PEÑA-MARTÍNEZ & R. CIVERA-CERECEO. 2001. Effect of stocking density on the growth and survival of spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* larvae in a closed recirculating system. *Journal of the World Aquaculture Society* 32(1): 130-137.
- ANGUAS-VÉLEZ, B. H., R. CIVERA-CERECEO, M. CONTRERAS-OLGUÍN, R. A. RUEDA-JASSO & J. GUILLAUME. 2000a. Preliminary study on the timing of weaning of spotted sand bass (*Paralabrax maculatofasciatus*) larvae with a prepared diet: effects on growth and survival. *Journal of Applied Aquaculture* 10 (4): 1-15.
- ANGUAS-VÉLEZ, B. H., M. CADENA-ROA, J. GUILLAUME, S. F. MARTÍNEZ-DÍAZ & R. CIVERA-CERECEO. 2000b. Studies on the nutrition of spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*. Effect of the dietary protein level on growth and protein use in juveniles fed semipurified diets. *Journal of the World Aquaculture Society* 31 (4): 580-591.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. Vol. I, 16th ed. Washington, D. C., USA., 1234 p.
- AVILÉS-QUEVEDO, A., U. McGREGOR, R. RODRÍGUEZ, O. HIRALES, M. A. HUERTA & M. IIZAWA. 1995. *Biología y cultivo de la cabrilla arenera, Paralabrax maculatofasciatus* (Stein., 1868). I.N.P., CRIP-La Paz, B.C.S. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). 85 p.
- BAKER, R. F. & G. B. AYLES. 1990. The effects of varying density and loading level on the growth of arctic charr (*Salvelinus alpinus*, L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Aquaculture* 21(1): 58-62.
- BOWER, C. E. 1983. *The Basic Marine Aquarium*. Charles C. Thomas Publishers. Springfield. 260 p.
- BRETT, J. R. 1979. Environmental factors and growth. In: W. S. HOAR, D.J. RANDAL & J.R. BRETT (Eds.). *Fish Physiology V. Bioenergetics and Growth*. Academic Press, Inc., San Diego, CA. USA, pp. 599-675.
- CIVERA, R., ORTIZ, J. L., DUMAS, S., NOLASCO, H., ALVAREZ, A., ANGUAS, B., PEÑA, R., ROSALES, M., CARRASCO, V., GARCÍA & R., GOYTORTÚA, E. 2002. Avances en la nutrición de la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*). In: CRUZ-SUÁREZ, L. E., RIQUE-MARIE, D., TAPIA-SALAZAR, M., GAXIOLA-CORTÉS, M. G. & SIMOES, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México, pp. 352-406.
- CUI, Y. & J. LIU. 1990. Comparison of energy budget among six teleosts -IV. Individual differences in growth and energy budget. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 97A: 551-554.
- DE MARCH, B. D. E. 1997. Social and genetical determinants of size variation in tanks of Nauyuk, Norwegian, and hybrid Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture Research* 28: 305-315.
- GRAYEB-DEL ALAMO, T. 2001. Efecto de la densidad en el crecimiento de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae) cultivada en jaulas flotantes. Tesis de Maestría en Ciencias (Ciencias Marinas), CICIMAR-I.P.N., La Paz, B.C.S., México. 112 p.
- GUILLAUME, J. C. 1994. El "turnover" proteico en peces. In: R.E. MENDOZA-ALFARO, L. E. CRUZ-SUÁREZ & D. RIQUE MARIE (Eds.). *Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 7-9 noviembre 1994, Monterrey, N.L., pp. 323-333.
- JOBLING, M. 1981. The influences of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review. *Journal of Fish Biology* 18: 385-400.
- JOBLING, M., A. M. ARNESEN, B. M. BAARDVIK, J. S. CHRISTIANSEN & E. H. JORGENSEN. 1995. Monitoring feeding behaviour and food intake: Methods and applications. *Aquaculture Nutrition* 1: 131-143.
- JORGENSEN, E. H., J. S. CHRISTIANSEN & M. JOBLING. 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture* 110: 191-204.
- LAHTI, K. & N. LOWER. 2000. Effects of size asymmetry on aggression and food acquisition in Arctic charr. *Journal of Fish Biology* 56: 915-922.
- ODA, D. L., R. J. LAVENBERG & J. M. ROUNDS. 1993. Reproductive biology of three California species of *Paralabrax* (Pisces: Serranidae). *California Cooperative Oceanographic Fisheries Investigation Report* 34: 122-132.

- PANDIAN, T. J. 1987. Fish. In: T. J. PANDIAN & F. J. VERNBERG (Eds.). *Animal Energetics, V. 2 (Bivalvia through Reptilia)*. Academic Press, Inc., pp. 357-465.
- PIPER, R. G., I. B. McELWAIN, L. E. ORUNE, J. P. McCAREN, L. G. FOWLER & J. R. LEONARD. 1982. Fish Hatchery Management. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC. 517 pp.
- PURDON, C. E. 1974. Variation in fish. In: J. F. R. HARDEN (Ed.). *Sea Fisheries Research*. Wiley, N.Y., pp. 347-355.
- ROSALES-VELÁZQUEZ, M. O. 1997. Efecto de la alimentación sobre los desoves de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Teleostei: Serranidae) mantenida en cautiverio. Tesis de Maestría en Ciencias (Ciencias Marinas), CICIMAR-IPN. México. 62 p.
- ROSALES-VELÁZQUEZ, M. O., R. MARTÍNEZ-PECERO, B. ANGUAS-VÉLEZ, M. CONTRERAS-OLGUÍN & E. O. RODRÍGUEZ-MORALES. 1992. Inducción al desove de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus* (Stein.) (Pisces: Serranidae) mantenida en laboratorio. *III Congreso*
- Nacional de Ictiología. 24-27 Noviembre 1992. Oaxtepec, Morelos, México.
- STOREBAKKEN, T. & E. AUSTRENG. 1988. Feed intake measurements in fish using radioactive isotopes. I. Experiments with rainbow trout in freshwater. *Aquaculture* 70: 269-276.
- THOMSON, D. A., L.T. FINDLEY & A. N. KERSTICH. 2000. *Reef Fishes of the Sea of Cortez*. University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 200 p.
- WANG, N., R. S. HAYWARD & D. B. NOLTIE. 2000. Effects of social interactions on growth of juvenile hybrid Sunfish held at two densities. *North American Journal of Aquaculture* 62: 161-167.
- WATANABE, T. 1988. *Fish nutrition and mariculture*. Department of Aquatic Biosciences. Tokyo University of Fisheries, Japan. 233 p.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistics Analysis*. 3rd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. 718 p.

Recibido: 14 de febrero de 2003.

Aceptado: 4 de septiembre de 2003.