



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO DE TECNOLOGIAS



**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE SEMILLA DE LA CABRILLA ARENERA
Paralabrax maculatofasciatus (PERCOIDEI:
SERRANIDAE) EN SISTEMAS DE CIRCULACIÓN
CERRADA.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS
PRESENTA:

HBIOL. CARLOS ALFONSO ALVAREZ GONZÁLEZ

ÍNDICE

ÍNDICE	i
GLOSARIO	iii
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xii
 1. INTRODUCCION	 1
 2. ANTECEDENTES	 7
2.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1)	7
2.2 NIVEL DE PROTEÍNA (EXP. 2)	8
 3. JUSTIFICACION	 14
 4. OBJETIVO GENERAL	 16
4.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1)	16
4.2 NIVEL DE PROTEÍNA (EXP. 2)	16
 5. MATERIALES Y METODOS	 17
5.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1)	17
5.1.1 Obtención y siembra de larvas	17
5.1.2 Sistema de cría de larvas	17
5.1.3 Calidad del agua	19
5.1.4 Alimentación de las larvas	19
5.1.5 Toma de muestras	21
5.1.6 Prueba de resistencia y análisis químico de juveniles	22
5.2 NIVEL DE PROTEÍNA (EXP. 2)	22
5.2.1 Obtención de juveniles	22
5.2.2 Sistema de crianza de juveniles	23
5.2.3 Calidad del agua del sistema	23
5.2.4 Diseño experimental	23
5.2.5 Formulación y fabricación de dietas experimentales	27
5.3 ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS	30
5.3.1 Densidad de larvas (EXP. 1)	30
5.3.2 Nivel de proteína (EXP. 2)	31

6. RESULTADOS	33
6.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1)	33
6.1.1 Calidad del agua	33
6.1.2 Normaldad y homocedasticidad	37
6.1.3 Crecimiento de larvas	37
6.1.4 Supervivencia de larvas	41
6.1.5 Prueba de resistencia y análisis químico de juveniles	42
6.2 NIVEL DE PROTEINA (EXP. 2)	43
6.2.1 Calidad del agua	43
6.2.2 Normaldad y homocedasticidad	43
6.2.3 Crecimiento de juveniles	44
6.2.4 Supervivencia de juveniles	47
6.2.5 Índices de crecimiento y de calidad del alimento	47
6.2.6 Análisis químicos de la cabrilla arenosa	48
7. DISCUSION	50
7.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1)	50
7.1.1 Calidad del agua	50
7.1.2 Crecimiento de larvas	55
7.1.3 Supervivencia de larvas	58
7.1.4 Prueba de resistencia y análisis químico de juveniles	59
7.2 NIVEL DE PROTEINA (EXP.2)	61
7.2.1 Crecimiento de juveniles	61
7.2.2 Índices de crecimiento y calidad del alimento	62
7.2.3 Análisis químicos de la cabrilla arenosa	67
8. CONCLUSIONES	70
8.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1)	70
8.2 NIVEL DE PROTEINA (EXP. 2)	71
RECOMENDACIONES	72
SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS	73
BIBLIOGRAFIA	74
ANEXO I (Densidad de larvas)	85
ANEXO II (Nivel de proteína)	95
ANEXO III (Formulación de dietas)	106

GLOSARIO

Ácidos grasos: Moléculas orgánicas que poseen una cadena hidrocarbonada larga con un grupo carboxilo terminal; la cadena hidrocarbonada puede ser saturada o insaturada al tener uno o varios enlaces dobles. Difieren, por la longitud de su cadena, el número y la posición de sus enlaces dobles.

Biometría: Proceso en el cual se manipula a los peces con el fin de ser pesados y medidos.

Canibalismo: Comportamiento intraespecífico, el cual provoca que organismos de la misma especie se cacen y consuman entre ellos.

Cenizas: Es el contenido de minerales que forman parte de compuestos orgánicos e inorgánicos, se obtienen por la incineración de la materia orgánica a 350 °C por 24 horas en una mufla.

Crianza: Término que se aplica al cultivo de las fases del período juvenil, aunque puede emplearse de forma genérica para el cultivo de cualquier período del ciclo de vida de los organismos.

Destete: Término conocido en acuicultura para la transición de alimento vivo a alimento inerte durante la crianza larvaria de organismos marinos.

Dieta práctica: Alimento elaborado a partir de insumos industriales no purificados, tales como harinas y aceites.

Eleuteroembrión: Término empleado por Balon (1984), para la fase del período embrionario del desarrollo de los peces, que comienza con la eclosión del huevo y termina antes de la completa absorción del saco vitelino y el glóbulo de aceite.

Extracto etéreo: Se refiere al conjunto de sustancias extraídas con éter etílico. Incluyen, además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenoides, la clorofila y otros pigmentos (Hart y Fisher, 1971).

Fibra cruda: Constituye un índice de las sustancias presentes en los alimentos, está compuesta fundamentalmente por celulosa, lignina y pentosas, que forman junto con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas de las estructuras

celulares de los vegetales. Se determina por la incineración del residuo seco obtenido tras la digestión de un ácido y una base débiles (Hart y Fisher, 1971).

Lípidos: Nombre genérico de un grupo muy amplio de sustancias solubles en éter, cloroformo y otros disolventes orgánicos y muy poco en agua; se incluyen grasas, aceites, ceras, fosfátidos, carotenoides, glicolípidos, lipoproteínas, esfingolípidos, vitaminas liposolubles, sulfolípidos, ácidos grasos, hidrocarburos y esteroides. Junto con el agua, las proteínas y los carbohidratos son los principales constituyentes de los alimentos (Badui-Dergal, 1988).

Macroingredientes: ingredientes que se incluyen en grandes proporciones en los alimentos balanceados (harina de pescado, harina de trigo, levadura de panadería, pasta de soya, harina de trigo y muchos otros).

Materia seca: Material libre de humedad. Se determina por medio de la diferencia de peso al secar la materia húmeda a 70 °C durante 24 h en estufa.

Microingredientes: ingredientes que se incluyen en pequeñas proporciones en los alimentos balanceados (Premezcla de vitaminas, premezcla de minerales, ligantes, pigmentos, antibióticos y muchos otros).

Nutrimento: Sustancia usada por un organismo para el crecimiento, mantenimiento, metabolismo, salud y reproducción. Se dividen en cinco grupos mayoritarios, proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales.

Período juvenil: Está compuesto de dos fases, la fase prejuvenil, la cual inicia cuando se han formado todos los elementos de las aletas pares e impares y termina cuando se inicia el patrón de escamación. La fase juvenil es considerada cuando los peces han completado su patrón de escamación y termina cuando se inicia la formación de la gónada (Ortiz-Galindo, 1991).

Período larvario: Este período esta compuesto de tres fases. La fase de preflexión, la cual inicia en el momento de la absorción del saco vitelino, la apertura del ano y la boca y la pigmentación de los ojos, y en la que se observa un notocordio recto y termina cuando se inicia la flexión del notocordio. La fase flexión, la cual se inicia en el momento en el que comienza la flexión de la notocorda y termina antes de la formación de la placa hipúrica. Finalmente, la fase postflexión, la cual se da posterior a la completa flexión de la notocordia, iniciando

cuando se ha concluido con la osificación de la placa hipúrica y termina antes de que se complete el número de elementos (radios y espinas) de las aletas pares e impares (Kendall, 1984, modificado por Ortiz-Galindo, 1991).

Proteína cruda: Es el contenido de nitrógeno que se expresa como nitrógeno total o proteína ($N \times 6.25$), se determina casi siempre por una combustión líquida en la que se convierte el nitrógeno primeramente en sulfato amoniacal y finalmente, en amoníaco que se destila y se titula con una solución ácida normalizada y es conocido como el método de Kjeldhal (Hart y Fisher, 1971).

Proteína: Son macromoléculas que constituyen aproximadamente el 50 por ciento del peso corporal de los organismos. Se caracteriza por poseer una cadena polipeptídica, constituida principalmente por aminoácidos en una secuencia y con una proporción característica (sus constituyentes principales son: carbón, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y algunas veces fósforo).

Siembra: Proceso de introducción de los organismos en un sistema de cultivo, para ser criados durante un período de tiempo.

Sinergismo: Condición en la cual dos o más agentes producen efectos mucho más intensos de los que serían calculados de la suma de sus efectos individuales.

Sistema de circulación cerrada: Es un sistema en el cual el agua se recicla con la utilización de diversos filtros y se reutiliza.

Sistema intensivo: Son sistemas de producción en que todos los requerimientos nutricionales de los organismos son proporcionados con alimentos completos: Se logran a través de un manejo controlado de las variables ambientales, se utilizan altas densidades de siembra y se obtienen altos rendimientos.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Contenidos proteicos de los alimentos utilizados para la crianza de peces a escala comercial.
- Tabla 2. Flujo de agua aplicado al sistema (SCC-12) durante la cría de larvas de cabrilla arenera.
- Tabla 3. Recambio de agua y flujo de aire aplicado al sistema (SCC-12) durante la cría de larvas de cabrilla arenera.
- Tabla 4. Esquema de alimentación utilizado para la cría de larvas de cabrilla arenera en la densidad inicial de 50 ind/l , señalando los casos de 150 y 200 larvas/l en los que se realizó un manejo diferente.
- Tabla 5. Proporción de alimento suministrado para todas las densidades (50:100:150:200 ind/l).
- Tabla 6. Formulaciones y análisis químicos de las dietas experimentales empleadas durante la crianza de juveniles de cabrilla arenera (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 7. Valores promedio de los parámetros de calidad de agua del sistema de producción de larvas estimados por densidad de siembra (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 8. Longitud notocordal o patrón de las larvas de cabrilla arenera (promedio $\pm$ desv. std.) por fecha y densidad.
- Tabla 9. Tasas estimadas de crecimiento de larvas de cabrilla arenera por densidad de siembra.
- Tabla 10. Comparación entre varianzas de la longitud promedio de larvas de cabrilla arenera por fecha.
- Tabla 11. Número de larvas de cabrilla arenera cosechadas y coeficientes de supervivencia finales por densidad de siembra (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 12. Prueba de resistencia, porcentaje de proteínas y lípidos totales de las larvas de cabrilla arenera (Promedio $\pm$ desv. std) por densidad de siembra.
- Tabla 13. Temperatura, salinidad y parámetros de calidad de agua del sistema de producción de juveniles de cabrilla arenera (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 14. Peso húmedo de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 15. Tasas estimadas de crecimiento de juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína.
- Tabla 16. Longitud patrón de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 17. Longitud cefálica de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 18. Altura máxima de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std.).
- Tabla 19. Coeficiente de supervivencia de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína.

Tabla 20. Índices de crecimiento y de calidad del alimento calculados durante el experimento para los juveniles de la cabrilla arenera por nivel de proteína dietario (Promedio $\pm$ desv. std).

Tabla 21. Análisis químico proximal de la cabrilla arenera entera por nivel de proteína al inicio y al final del experimento (Promedio $\pm$ desv. std).

Tabla 22. Análisis químico proximal del hígado de la cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std).

Tabla 23. Análisis químico proximal del músculo de la cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std).

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Concentración promedio del oxígeno disuelto detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.
- Figura 2. Concentración promedio del amonio total detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.
- Figura 3. Valores promedio de la salinidad detectada en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.
- Figura 4. Valores promedio de la temperatura detectada en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.
- Figura 5. Concentración promedio del nitrito total detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.
- Figura 6. Concentración promedio del nitrato total detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.
- Figura 7. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 50 ind/l.
- Figura 8. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 100 ind/l.
- Figura 9. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 150 ind/l.
- Figura 10. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 200 ind/l.
- Figura 11. Crecimiento de larvas de cabrilla arenera por densidad de siembra.
- Figura 12. Coeficientes de supervivencia de las larvas de cabrilla arenera por densidad de siembra y fecha.
- Figura 13. Curva de crecimiento exponencial de juveniles de cabrilla arenera alimentados con la dieta de 40 % proteína.
- Figura 14. Curva de crecimiento exponencial de juveniles de cabrilla arenera alimentados con la dieta de 45 % proteína.
- Figura 15. Curva de crecimiento exponencial de juveniles de cabrilla arenera alimentados con la dieta de 50 % proteína.

RESUMEN

Mediante el desarrollo de dos experimentos, se evaluó el efecto de la densidad de siembra en larvas de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* sobre el crecimiento y la supervivencia, así como del nivel proteico en dietas completas para juveniles sobre el crecimiento y la composición proximal en sistemas de circulación cerrada. En el primer experimento, se utilizaron 4 densidades de siembra (50, 100, 150 y 200 ind/l), en un sistema de circulación cerrada (SCC-12), instalado en la Unidad Piloto de Maricultivos, CICIMAR-IPN. El experimento duró 30 días a partir de la eclosión de los huevos. Se obtuvieron muestras cada 5 días ($n=30$ ind. por densidad) y se midió la longitud notocordal o patrón (LP) en función del desarrollo. Las larvas fueron alimentadas con rotíferos *Brachionus plicatilis*, copépodos *Pseudodiaptomus euryhalinus*, nauplios y adultos de *Artemia* sp., y eleuteroembriones de la cabrilla arenera. En el sistema, se realizó un monitoreo diario de la calidad del agua. Se calculó el coeficiente de supervivencia a partir del día 15 mediante sifoneos diarios, cuantificando las larvas muertas. En el crecimiento de las larvas se observó diferencia significativa ($p<0.05$) para cada biometría donde las densidades de 50 y 100 ind/l fueron las que se registraron la mayor longitud. En el día 30 se observó que las larvas de las densidades de 50 y 100 ind/l tuvieron en promedio 15.98 y 14.70 mm de LP, siendo mayores significativamente a las larvas de las densidades 150 y 200 ind/l que tuvieron en promedio 13.82 y 12.53 mm LP. Se realizó un análisis de covarianza para comparar las tasas de crecimiento de cada una de las densidades mediante el modelo $Y=ae^{bx}$. Se observó que las tasas de crecimiento de las densidades de 50 y 100 ind/l fueron superiores (0.0665 y 0.0631) a las de las densidades de 150 y

200 ind/l (0.0609 y 0.0590). Se realizó un análisis no paramétrico entre los coeficientes de supervivencia de cada densidad, detectándose diferencias significativas ($p<0.01$) entre la densidad de 50 ind/l con 11.1%; respecto al resto de las densidades 100 ind/l con 6.37%, 150 ind/l con 6.60% y 200 ind/l con 5.01 %. En cuanto a la prueba de resistencia, se compararon los porcentajes de supervivencia entre las densidades, observándose diferencias significativas entre la densidad de 50 ind/l (86.1%) respecto a la de 150 ind/l (67.5%). Sin embargo, la resistencia de las larvas al manejo en todas las densidades es considerada como buena, al haber supervivencias mayores al 50 %. Al comparar la cantidad de lípidos totales de las larvas al día 30 de vida, no se detectaron diferencias significativas entre las densidades. Los resultados muestran que entre menor sea la densidad de siembra se tiene un mejor crecimiento y una mayor supervivencia. Por lo tanto, se considera que la densidad inicial de 50 ind/l fue la mejor.

En el segundo experimento, se utilizaron tres niveles de proteína dietario (40, 45 y 50 %), los organismos se colocaron en un sistema de circulación cerrada (SCC-22), de la Unidad Piloto de Maricultivos en el CICIMAR-IPN, para lo cual, se distribuyeron de manera aleatoria y por triplicado 378 juveniles de cabrilla arenosa (9.5 ± 1.5 g), en 9 tanques circulares de 600 l (42 peces/tanque). Los peces fueron alimentados con las dietas experimentales durante 93 días. Se detectaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre los pesos promedio de los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (43.13 g), respecto a los peces alimentados con las dietas de 45 y 50 % de proteína (45.8 y 46.4 g, respectivamente). Se evaluaron las tasas de crecimiento, a partir del modelo

exponencial $Y=ae^{bx}$ en función del peso-tiempo, detectándose diferencias significativas ($p<0.05$) entre los peces alimentados con las dietas de 45 y 50 % de proteína (0.0174 y 0.0173), respecto a los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (0.0166). No se detectaron diferencias significativas entre los índices de crecimiento, no obstante, los peces alimentados con las dietas de 45 y 50 % de proteína, reportaron: altas tasas de crecimiento específicas (SGR: 1.74 y 1.73 %/d); bajas tasas de eficiencia proteica (PER: 1.42 y 1.34); altos valores proteicos productivos (PPV: 44.22 y 43.49 %); bajos factores de conversión alimenticia (FCR: 1.53 y 1.43); altos factores de condición (CF: 2.80 y 2.83) y altas ganancias en peso (WG: 354.24 y 357.9 %), con referencia a los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (SGR 1.65%/d, PER 1.50, PPV 43.47%, FCR 1.60, CF 2.72 y WG 330.26%). No se detectaron diferencias significativas entre la composición proximal de los peces completos, hígado y músculo entre los tratamientos. Se concluye, que la utilización de dietas prácticas con 45 o 50 % de proteína son adecuadas para el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenosa.

ABSTRACT

With the development of two experiments, the effect of stocking density on growth and survival of spotted sand bass larvae, and the effect of dietary protein level on growth and chemical composition of juveniles was evaluated in closed recirculating systems installed in the Unidad Piloto de Maricultivos in the CICIMAR-IPN. The first experiment tested four stocking densities (50, 100, 150, and 200 larvae/L), each in triplicate. The experiment lasted 30 days. Hatching was considered as day 0. The larvae were fed with rotifers, copepods, nauplii, adults of *Artemia*, and spotted sand bass yolk-sac larvae. Thirty larvae were sampled every 5 days from each treatment. The notochordal or standard length was measured by image analysis. The water quality was monitored daily. Beginning at day 15, survival was estimated daily by counting the dead larvae collected from the bottom of the tanks by siphoning. At each sampling, significant differences for the length among the densities were recorded. Longer larvae were measured at a density of 50 and 100 larvae/L. At the end of the experiment the mean standard length ($\pm$ std. desv.) of 15.98 ± 3.46 , 14.70 ± 3.50 , 13.82 ± 3.88 , and 12.53 ± 3.74 mm were measured for the densities of 50, 100, 150, and 200 larvae/L. The larvae length was significantly higher ($P < 0.05$) at 50 larvae/L and 100 larvae/L compared with 150 larvae/L and 200 larvae/L. Growth rates were compared by covariance analysis with the model $y = ae^{ax}$. Significantly higher specific growth rates were found at 50 and 100 larvae/L (0.066 and 0.063). The percentage of survival was significantly higher ($P < 0.01$) for the lowest density. On day 30, the survival was 11.1%, 6.4%, 6.6%, and 5.0% for 50, 100, 150, and 200 larvae/L. In intensive culture of spotted sand bass larvae in a

closed recirculating system, best results of growth and survival were obtained with 50 larvae/L.

In the second experiment, three dietary protein levels (40, 45, and 50%) were tested. Juvenile spotted sand bass (378) were distributed (9.5 ± 1.5 g) randomly and in triplicate, in 9 circular tanks of 600-L capacity (42 fish/tank). Fish were fed during 93 days with complete diets. Fish fed with 40% protein showed mean weight (43.13 g) and growth rate (0.0166) significantly lower ($P < 0.05$) than fish fed with diets of 45 and 50% protein (45.8 and 46.4 g mean weight; 0.0174 and 0.0173 growth rates). Significant differences were not detected for the indexes of growth. Nevertheless, fish fed with the diets of 45 and 50% protein showed the highest specific growth rates (SGR: 1.74 and 1.73 %/day), the lowest protein efficiency rates (PER: 1.42 and 1.34), a higher protein productive value (PPV: 44.22 and 43.49%), lower feed conversion (RFC: 1.53 and 1.43), higher condition factor (CF: 2.80 and 2.83), and higher weight gain (WG: 354.24 and 357.9%) compared with fish fed 40% protein (SGR 1.65%/day, PER 1.50, PPV 43.47%, RFC 1.60, CF 2.72, and WG 330.26%). Significant differences were not detected for the proximate composition of the complete fish, liver, and filet among the treatments. I conclude the use of complete diets with 45% or 50% protein are adequate for the growth of juvenile spotted sand bass.

1. INTRODUCCION

El cultivo de peces marinos se ha venido desarrollando de manera experimental desde hace más de 50 años, aunque comercialmente, no es sino hasta hace unos treinta años que en países como Japón, Francia, España, Noruega y Canadá, entre otros, donde se ha logrado los mayores avances (Tucker, 1998). Desafortunadamente, las producciones alcanzadas no se comparan con las obtenidas a través de la pesca (Castelló-Orvay, 1993). Sin embargo, se observa un incremento en las producciones por acuicultura, pero no a la velocidad que el crecimiento mundial requiere (Coll-Morales, 1986). La FAO (1997) reportó para el cultivo de serránidos, spáridos y morónidos, un incremento tanto en la producción como en su valor, estimando la producción para 1984 en 28,772 TM con un valor aproximado de 217, 120 millones de dólares y que en 1995 se incrementó hasta 182,620 TM con un valor aproximado de 1,533,251 millones de dólares; por lo que el cultivo de estas especies cobrará mayor importancia como una posible fuente de proteína para las futuras generaciones (Tacon, 1994).

Algunas de las especies de peces marinos que actualmente se cultivan en el mundo de manera comercial son: *Sparus aurata*, *Sciaenops ocellatus*, *Seriola quinqueradiata*, *Scophthalmus maximus*, *Dicentrarchus labrax*, entre otras, además son muchas las especies de potencial acuicultural que se están estudiando con el fin de desarrollar aun más su tecnología (Webster y Lovell, 1990; Fernández-Palacios *et al.*, 1994; Leu, 1994; Riley *et al.*, 1995). Para avanzar en el cultivo de peces marinos, se necesitan superar los diferentes problemas que conlleva la producción de larvas, así que es necesario conocer los requerimientos

nutricionales de las especies en sus diferentes etapas de desarrollo con el fin de incrementar la supervivencia y hacer del cultivo una actividad rentable. Existen tres periodos críticos durante el crecimiento de larvas de peces marinos, en lo que a la supervivencia se refiere y que principalmente han sido estudiado en *Sparus aurata*. El primero comienza a partir del cuarto día correspondiente a la absorción del saco vitelino y la disponibilidad del primer alimento, aunque en este período las mortalidades no son muy elevadas. El segundo período, correspondiente del día 12 al 17 está asociado a la poca alimentación de las larvas por la carencia de presas, a los cambios de alimentación, a la falta de componentes nutricionales adecuados en el alimento, al decaimiento de la calidad del agua y al afloramiento de enfermedades donde la tasa de mortalidad aumenta de forma acelerada. El tercer periodo ocurre entre el día 20 y 25 de vida de las larvas; aquí se observa un desbalance en el crecimiento debido a una insuficiencia de alimento, la inhabilidad de las larvas de menor tamaño a adaptarse a los cambios de alimento, la diferencia de tallas que puede provocar la aparición de canibalismo, que en muchos casos se incrementa cuando la densidad de siembra no es la adecuada, y cuando se inicia el período de destete (Kuronuma y Fukusho, 1984; Hephher, 1993).

Si se pretende lograr el "óptimo" en el cultivo de peces marinos durante sus diferentes etapas, se requiere conocer, en lo posible, la mayoría de los aspectos relacionados con su crianza, tales como: la densidad de siembra para larvas y juveniles adecuada, la talla mínima en la cual se puede sustituir el alimento vivo por alimento inerte durante la cría de larvas, la cantidad y calidad de alimento necesario durante el crecimiento de los peces, las interacciones de

comportamiento intraespecífico y muchos otros, los cuales, en la medida que sean estudiados, permitirán obtener el mayor crecimiento y la mejor supervivencia de las especies cultivadas (Hecht y Appelbaum, 1988).

Durante la crianza de larvas de peces marinos bajo condiciones controladas, son muchos los factores que influyen sobre el crecimiento y la supervivencia, en especial en aquellas especies que presentan ontogenia indirecta (Balon, 1984), como es el caso de la cabrilla arenosa. Estos factores se pueden dividir en cinco rubros según su naturaleza: 1) Los Biológicos, en los que se encuentran las interacciones intraespecíficas ocasionadas por la competencia entre los individuos por alimento y espacio, la relación presa depredador y el canibalismo (Li y Mathias, 1982; Hecht y Pienaar, 1993). 2) Los de parentela-progenie, que son conferidos a ovocitos y embriones como consecuencia de la buena nutrición de los padres, los cuales asegurarán desde el momento de la reproducción un adecuado crecimiento y una alta supervivencia de las larvas (Abi-Ayad *et al.*, 1997). 3) Los Nutricionales, a nivel larvario donde se necesita adicionar la cantidad adecuada de alimento vivo con una calidad suficientemente buena para conferirles una alta resistencia al manejo (Theilacker y Kimball, 1984; Salhi, 1997; Dhert *et al.*, 1998). 4) Los de sanidad, en los que se requieren prevenir o controlar durante el desarrollo larvario (Muroga *et al.*, 1987). 5) Los fisicoquímicos relacionados con el manejo de los sistemas de crianza, lo cual permitirá, en la medida que se mejore la calidad del agua, incrementar la producción de semilla hasta un nivel comercial (Russell y O'Brian, 1988; Brock *et al.*, 1992). Es importante resaltar que todos estos factores interactúan en conjunto de una forma sinérgica. Particularmente, la densidad de siembra, es uno de los

principales factores biológicos que afecta el crecimiento y la supervivencia de las larvas de peces marinos, por lo que su estudio para cada sistema de cultivo, es una tarea fundamental si se pretende lograr la producción masiva de larvas de buena calidad a precios aceptables para los productores (Houde, 1975).

En cuanto a la engorda de juveniles, Brett (1979) mencionó dos factores principales que influyen en el crecimiento de los peces: los intrínsecos del organismo (internos) y los factores ambientales (externos). Dentro de los factores internos, se encuentran el sexo, las características genéticas y el estado fisiológico. Los factores externos que se deben tomar en cuenta son: la temperatura, el fotoperíodo, la calidad del agua, la concentración de oxígeno, los agentes tóxicos y los catabolitos, entre otros, y que en la medida que se controlen a través de sistemas de crianza eficientes, el manejo sanitario y el conocimiento de los requerimientos nutricionales, permitirá una producción exitosa de peces, hasta una talla comercial (Castelló-Orvay, 1993).

Los requerimientos nutricionales, han sido divididos en cinco componentes principales: proteínas, energía, lípidos, minerales y vitaminas.

La proteína, es el componente básico para la formación de los tejidos y órganos, además de otros componentes nitrogenados como ácidos nucleicos, enzimas, hormonas, vitaminas, entre otros; siendo esenciales para el desarrollo de los organismos y su síntesis se relaciona directamente con la composición de aminoácidos en la dieta (Stickney *et al.*, 1983; Wilson, 1994).

De esta forma, es importante investigar el nivel adecuado (óptimo) de proteína en la dieta para cada una de las especies y durante su crecimiento, a fin

de desarrollar una dieta completa adecuada para la alimentación de los peces (Hepher, 1993; Levens, 1993; Tacon, 1993).

La formulación de dietas completas para peces en la acuicultura intensiva se basa en los requerimientos nutricionales anteriormente mencionados, con ingredientes de buena calidad (harinas y aceites), que permitan disminuir el costo de las dietas produciendo la máxima retención de proteínas y el valor máximo de crecimiento (Watanabe, 1988). Otro aspecto importante por considerar es el económico, que se relaciona con los gastos de producción durante el cultivo, siendo el proceso de la alimentación el más elevado, representando hasta el 60 % de los costos de producción y que en la medida que se diseñen métodos de alimentación eficientes, se lograrán disminuir esos gastos, permitiendo el almacenaje por tiempo prolongado y evitando los posibles problemas bacteriológicos, con las consecuentes pérdidas económicas (Watanabe, 1988; Sorgeloos *et al.*, 1991; Watanabe, 1991).

Cabe resaltar, que en el presente trabajo no se pretende determinar el nivel de proteína dietario óptimo, por que para ello se requiere conocer los coeficientes de digestibilidad y evaluar al menos 6 niveles de proteína distintas, usando dietas semipurificadas (Santinha *et al.*, 1996; Shiau y Lan, 1996). De esta forma, el interés en este estudio es conjuntar la información obtenida de experiencias previas por parte del grupo de investigadores en el Laboratorio de Biología Experimental, para continuar con en el desarrollo de la biotecnología en la producción intensiva de semilla, al evaluar el crecimiento y la supervivencia utilizando diferentes densidades de siembra de larvas. Asimismo, evaluar el efecto

del porcentaje de proteína en dietas completas, durante el crecimiento de los juveniles de la cabrilla arenera.

2. ANTECEDENTES

2.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1).

Los estudios relacionados con la densidad de siembra en la cría de larvas de peces marinos son escasos, sobre todo para las especies relacionadas filogenéticamente con la cabrilla arenera. Estos se han llevado a cabo principalmente con especies de la familia Sparidae, como es el estudio de Houde (1975), quien determinó el efecto de la densidad de larvas y del alimento en el desarrollo de *Archosargus rhomboidalis*, encontrando que la densidad óptima de siembra de larvas fue de 8-16 individuos por litro. Teng *et al.* (1981 a) probaron dos sistemas de cultivo de larvas de *Acanthopagrus cuvieri* en diferentes densidades (15 y 60 individuos por litro), observando una supervivencia de 4 % a partir de la siembra inicial con un mejor inflado de la vejiga natatoria, pero con un crecimiento ligeramente menor con la densidad más alta. Al-Ameeri *et al.* (1982) realizaron una investigación más formal acerca de las densidades de cultivo de larvas de *Acanthopagrus cuvieri*, utilizando 15, 30, 60 y 120 individuos por litro en tanques circulares de 0.5 m³, reportando que el mejor crecimiento y la mejor supervivencia se obtienen con 30 individuos por litro, sugiriendo que se hagan más experimentos para corroborar este resultado. Fernández - Palacios *et al.* (1994) quienes experimentaron con *Dentex gibbosus*, obtuvieron los primeros desoves espontáneos y el cultivo de larvas con densidades de 100 individuos por litro reportando una tasa específica de crecimiento de 0.03975 %/d. Leu y Chou (1996) investigaron la densidad de siembra más adecuada para el cultivo de larvas de *Acanthopagrus latus*, determinando que no existió diferencia significativa en el

crecimiento y la supervivencia de larvas utilizando densidades entre 10 - 25 individuos por litro, aunque se encontró que a mayor densidad la frecuencia de problemas relacionados con la columna vertebral aumentaba. En cuanto a la familia Moronidae, Coves *et al.* (1991) determinaron que es adecuado el uso de una densidad de 100 individuos por litro con larvas de *Dicentrarchus labrax*, obteniendo supervivencias por arriba del 7 % sobre la cantidad de huevos sembrados. Nehr *et al.* (1996) realizaron una investigación con larvas de *Dicentrarchus labrax* para lograr el cultivo intensivo, utilizando densidades de 8 a 12 larvas por litro, obteniendo excelentes resultados con supervivencias del 11 %. En la familia Sciaenidae, Taniguchi (1981) probó 0.5, 5 y 25 larvas por litro con larvas de *Cynoscion nebulosus* y determinó que es adecuada la utilización de 25 larvas/l pues se observó una supervivencia de 37.9 a 43.6 %. Sin embargo, se recomienda aumentar la cantidad de alimento para evitar el incremento en el canibalismo. Para la familia Serranidae, Teng *et al.* (1981 b) probaron densidades de siembra en larvas de *Epinephelus tauvina* y encontraron que para esta especie, la densidad óptima fue de 60 individuos por litro, observando un crecimiento constante y una supervivencia de 5 %. Avilés-Quevedo *et al.* (1995) llevó a cabo la crianza de larvas de *Paralabrax maculatofasciatus*, usando 40 larvas/l, y observó una supervivencia de 2.5 % y Contreras-Olguín *et al.* (1997) con la misma especie utilizaron 75 individuos por litro, obteniendo una supervivencia de 1.2 a 2.5 %.

2.2 NIVEL DE PROTEINA (EXP. 2).

La asimilación y utilización de cualquier tipo de alimento, depende en gran medida de su composición, siendo más eficiente cuando se dispone del suministro correcto de energía y los nutrimentos esenciales en las cantidades requeridas por

el pez para su crecimiento y mantenimiento (Hepher, 1993). En cuanto al crecimiento de los peces, éste depende de diversos factores como el tipo de alimento, la ración, la frecuencia alimenticia, el peso corporal y muchos otros. Por lo que cuando el alimento es insuficiente o los nutrimentos no tienen la calidad necesaria, el crecimiento se inhibe o cesa por completo (Castelló-Orvay, 1993). Para el metabolismo basal de los peces, se requiere proteína que permita reponer los tejidos dañados y la formación de epitelios. Por lo que la mayoría de estos compuestos deben obtenerse por medio del alimento, ya que la capacidad de los organismos para sintetizar esas moléculas a partir de estructuras de carbono es limitada (Walton, 1987).

Para el cultivo comercial de peces se han determinado diversos niveles óptimos de proteína en la dieta (Tabla 1), lo cual ha permitido el desarrollo de estrategias de alimentación y producción rentables (New *et al.*, 1993). Sin embargo, estos requerimientos varían dependiendo de la especie, hábitos alimenticios, talla, sexo, densidad de siembra y sistema de cultivo, por lo que es de suma importancia determinar la calidad y cantidad óptimas en la dieta, no solo de la proteína, sino de todos los componentes nutricionales involucrados durante la alimentación de los peces marinos.

Tabla 1. Contenidos proteicos de los alimentos utilizados para la crianza de peces a escala comercial.

Grupo	% Proteína				
Salmónidos	34 - 60, óptimo 45 - 54				
Especie	NOP (%)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo	Fuente
<i>Salmo salar</i>	50	2	50	24 s	Austreng y Storebakken, 1984 Tabachek, 1986
<i>Salvelinus alpinus</i>	45	20	256	12 s	
<i>Salvelinus alpinus</i>	45	2.56	24.7 - 30.86	84 d	Gurure <i>et al.</i> , 1995
Ictalúridos	25 - 45, óptimo 29 - 32				
Especie	NOP (%)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo	Fuente
<i>Clarias gariepinus</i>	40	10	60 - 315	78 d	Degani, 1989
<i>Ictalurus punctatus</i>	34	35	600 - 650	170 d	Webster <i>et al.</i> , 1992
<i>Ictalurus punctatus</i>	34	33	1210 - 1300	1270 d	Robinson y Robinette, 1994
Ciprínidos	30 - 38, óptimo 30 - 34				
Especie	NOP (%)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo	Fuente
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	30	14	100	12 s	Dabrowski, 1977
<i>Cyprinus carpio</i>	34	2	200	20 s	Ogino, 1980
Cíclidos	25 - 40, óptimo 30 - 35				
Especie	NOP (%)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo	Fuente
<i>Tilapia aurea</i>	36	0.3	0.5	6 s	Davis y Stickney, 1978 Wong <i>et al.</i> , 1985
<i>Tilapia nilotica</i>	35	0.5	5	50 d	
Percoideos	20 - 70, óptimo 40 - 55				
Especie	NOP (%)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Tiempo	Fuente
<i>Sciaenops ocellatus</i>	50	5	50	8 s	Lin y Arnold, 1983
<i>Sciaenops ocellatus</i>	40	2	19.6 - 25.1	8 s	Serrano <i>et al.</i> , 1992
<i>Sparus aurata</i>	42	40	80.6 - 86.1	8 s	Robaina <i>et al.</i> , 1997
<i>Sparus aurata</i>	50	9.8	55.1 - 63.9	12 s	Santinha <i>et al.</i> , 1996
<i>Lates calcalifer</i>	45	500	800	30 s	Wong y Chou, 1989
<i>Lates calcalifer</i>	55	8.5	163.5	100 d	Tacon <i>et al.</i> , 1995
<i>Morone saxatilis</i>	45	1.4	55	13 s	Millikin, 1983
Híbrido de <i>Morone</i>	53	307	592	182 d	Tucker <i>et al.</i> , 1993
Híbrido de <i>Morone</i>	36	12	78.4	8 s	Swann <i>et al.</i> , 1994
<i>Dicentrarchus labrax</i>	45	3	232.5	168 d	Pérez <i>et al.</i> , 1997
<i>Dicentrarchus labrax</i>	49	54	9.9 - 12.9	164 d	Ballestrezzi <i>et al.</i> , 1994
<i>Epinephelus tauvina</i>	55	25.8	241.4	100 d	Tacon <i>et al.</i> , 1995
<i>Epinephelus salmoides</i>	50	65.2	174.2 - 233.9	12 s	Teng <i>et al.</i> , 1978
<i>Epinephelus guaza</i>	49	7.1	25	90 d	Gracia-López y Castelló-Orvay, 1996
<i>Epinephelus malabaricus</i>	48	3.8	8.5 - 12.6	50 d	Chen y Tsay, 1994
<i>Epinephelus malabaricus</i>	48	9.2	61.5	8 s	Shiau y Lan, 1996

NOP: Nivel óptimo de proteína, d: días, s: semanas.

De los niveles de proteína presentados anteriormente, se destacan los del suborden Percoidei, al cual pertenece la cabrilla arenera, variando estos niveles de 40 a 55 % de proteína. Por lo que se presenta una revisión detallada de las especies de este suborden. Wong y Chou (1989) han realizado investigaciones referentes a la utilización de dietas completas en el crecimiento de *Lates calcarifer*, utilizando dos niveles de proteína (20 y 45 %), demostrando que la mejor dieta fue la de 45 % de proteína cruda. Millikin (1983) evaluó varios niveles de proteína en dietas semipurificadas (25 a 55 %) en *Morone saxatilis*, encontrando que el nivel óptimo es 45 %, resaltando el mejor crecimiento en juveniles de 1.4 g. Swann et al. (1994) con híbridos de *Morone saxatilis* X *M. chrysops* utilizaron tres niveles de proteína en dietas prácticas (32, 36 y 40 %) y demostraron que el nivel más adecuado en cuanto al crecimiento fue de 36 %. Ballestrazzi et al. (1994) realizaron un estudio con *Dicentrarchus labrax* por 164 días, iniciando con peces de 54 g, utilizando tres niveles de proteína en dietas prácticas (44, 49 y 54 %), determinando que 49 % es el más adecuado en cuanto al crecimiento y la retención de lípidos en los tejidos. Pérez et al. (1997) realizaron un estudio con juveniles de *Dicentrarchus labrax* utilizando dietas prácticas (de 40 a 55 % de proteína), demostrando que el uso de dietas con 45 % de proteína fue el mejor. Santinha et al. (1996), determinaron que el nivel de proteína óptimo en *Sparus aurata* es 50 %, a partir de cuatro niveles (40, 45, 50 y 55 %) en dietas prácticas. Lin y Arnold (1983) determinaron el nivel óptimo para la dieta de *Sciaenops ocellatus* en 50 %, a partir de un experimento con varios niveles de proteína (30 a 55 %) en dietas prácticas. Serrano et al. (1992) determinaron que el nivel óptimo

para la engorda de *Sciaenops ocellatus* es entre 40 y 45 % de proteína y 10 % de lípidos, determinándolo por medio de dietas semipurificadas. En lo referente a la familia Serranidae, son varios los estudios publicados, destacando los de Teng *et al.* (1978) quienes realizaron una investigación con *Epinephelus salmoides* para evaluar el efecto del porcentaje de proteína en dietas semihúmedas (20 a 70 %), demostrando que para esta especie el nivel óptimo se ubica en 40 % en relación de los diferentes índices de crecimiento. Chen y Tsai (1994) realizaron una investigación para determinar el nivel óptimo en la dieta para el crecimiento de juveniles de *Epinephelus malabaricus* con seis dietas semipurificadas (24, 30, 36, 42, 48 y 54 %), fijando el nivel óptimo en 48 %. Shiau y Lan (1996) realizaron un estudio con *Epinephelus malabaricus* por medio de dietas semipurificadas de 0 a 56 % de proteína durante ocho semanas determinando que el nivel de proteína óptimo en función del contenido proteico y lipídico de los peces además de los índices de crecimiento es entre 45 y 50 %. En México, se han realizado estudios con la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus*, donde se menciona que es adecuado el uso de dietas semihúmedas para la engorda de esta especie con supervivencias de 16.6 % (Cadena-Roa y Roldan-Liebenson, 1994). Los estudios realizados por Avilés-Quevedo *et al.* (1994 y 1995), nuevamente observaron que la alimentación de la cabrilla arenosa es adecuada con el uso de dietas semihúmedas durante las etapas de preengorda y engorda. En el CICIMAR se ha probado una dieta semihúmeda con 52 % de proteína obteniendo buenos resultados en cuanto a su consumo, aunque el crecimiento fue relativamente lento (Grayeb-Del Alamo y Ortiz-Galindo, 1997). Sin embargo, este trabajo representó una plataforma inicial en el desarrollo del presente estudio. Es así, que se cuenta

con los estudios básicos necesarios para continuar con el desarrollo del cultivo de la cabrilla arenera, con lo que la presente tesis, pretende cubrir algunas de las investigaciones faltantes en el desarrollo biotecnológico de esta especie.

3. JUSTIFICACION

En la actualidad, el CICIMAR-IPN cuenta con la tecnología básica y la infraestructura necesarias para la producción de peces marinos de manera intensiva. Sin embargo, la utilización de sistemas de circulación cerrada es relativamente nueva en México, en especial con agua marina. En este aspecto, los sistemas con que se cuenta, no han sido evaluados para la producción de larvas y juveniles de peces marinos. Por lo anterior, si se quiere lograr el cultivo masivo de larvas de cabrilla arenera en sistema de circulación cerrada de la Unidad Piloto de Maricultivos (UPIMA), es necesario conocer los aspectos referentes a la capacidad de carga del sistema durante su crianza, los cuales si se exceden provocarán altas mortalidades.

Por otra parte, la dieta natural de esta especie, a partir de juveniles, está compuesta de peces, moluscos y crustáceos que se encuentran cerca del fondo (Ferry *et al.*, 1997). Sin embargo, la alimentación bajo condiciones de cultivo intensivo se hace a través de dietas inertes por la facilidad de manejo que éstas representan. Por ende, se requiere estudiar la manera de sustituir total o parcialmente las dietas frescas o semihúmedas, además de conocer los requerimientos nutricionales básicos, a través del desarrollo de dietas completas que permitan lograr un mejor crecimiento de los juveniles de la cabrilla arenera. Por lo anterior, la presente tesis pretende evaluar, en una primera etapa, el efecto de la densidad de siembra sobre la supervivencia y el crecimiento de larvas de cabrilla arenera y como una segunda etapa, realizar un estudio preliminar para conocer el efecto del nivel de proteína en la dieta de los juveniles de cabrilla

arenera sobre diversos parámetros zootécnicos y de eficiencia alimentaria, ambos desarrollados de manera intensiva en sistemas de circulación cerrada.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la densidad de siembra en larvas de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* sobre el crecimiento y la supervivencia, así como del nivel proteico en dietas completas para juveniles, sobre el crecimiento y la composición química en sistemas de circulación cerrada de agua marina.

4.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1).

Determinar la densidad óptima de siembra inicial (50, 100, 150, 200 ind/l) en función del mejor crecimiento y la mayor supervivencia durante el período larvario.

Evaluar la calidad de la semilla a los 30 días, en términos de resistencia al manejo y por su composición química.

4.2 NIVEL DE PROTEINA (EXP. 2).

Estudiar el efecto del uso de dietas completas isoenergéticas con diferentes niveles de proteína (40, 45 y 50 %), en la alimentación de juveniles de la cabrilla arenera.

Obtener y comparar los índices de crecimiento y de composición química de los juveniles alimentados con las diferentes dietas.

Determinar cual es el mejor porcentaje de proteína en la dieta durante el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera en condiciones de cultivo intensivo.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1).

5.1.1 Obtención y siembra de larvas.

Los huevos se obtuvieron por medio del desove espontáneo en individuos mantenidos bajo condiciones controladas para su maduración sexual en el Laboratorio de Biología Experimental del CICIMAR (Rosales-Velázquez, 1997). A partir de un desove de 122 ml de huevos fecundados, se realizó la estimación del número de huevos por mililitro (1863), dando un total de 227,286 embriones. Estos, fueron transportados a la Unidad Piloto de Maricultivos y se colocaron en una incubadora cilíndrica de fibra de vidrio de 120 l de capacidad con aireación y recambio de agua constante durante 12 h., hasta su eclosión. Se estimó el número de eleuteroembriones, a partir del cálculo de una supervivencia de embriones de 95 % y de esta forma se determinó la cantidad total de eleuteroembriones en el volumen. Se tomaron alícuotas de agua de la incubadora y se sembraron de manera aleatoria en el sistema de circulación cerrada de cultivo de larvas, hasta completar las diferentes densidades iniciales de manera proporcional; esto es, para la densidad inicial de 50 ind/l se agregó un volumen total de 2.138 l; para la de 100 ind/l se agregó 4.276 l; para la de 150 ind/l se agregó 6.413 l y finalmente, para la de 200 ind/l se agregó 8.551 l; cada uno de las densidades se sembró por triplicado.

5.1.2 Sistema de crianza de larvas.

El sistema de circulación cerrada de cría de larvas (SCC-12) consta de 12 tanques cuadrados de fibra de vidrio de color gris con una capacidad de 140 l cada uno. Asimismo, incluye una bomba de recirculación marca Centurion de 1.5

caballos, un filtro de cartucho marca Jacuzzi modelo CFR, un filtro biológico marca Sea Storm, un espumador de albúminas, un termostato de titanio marca Bio-System, una lámpara de luz UV de cuatro focos marca Tropical Marine Centre modelo PM4 y un reservorio de agua de fibra de vidrio de forma cilíndrica de 700 l de capacidad. Estos equipos se pusieron en operación 15 días antes de iniciar el experimento para permitir que madurara el filtro biológico y se estabilizara el sistema.

De acuerdo al crecimiento de las larvas, así como a los elevados niveles de amonio total y el decaimiento del oxígeno disuelto, se inició la recirculación parcial de agua, la inyección de aire y los recambios parciales de agua del reservorio de almacenamiento del sistema. Cabe señalar que al inicio los tanques fueron llenados hasta 100 l, en el séptimo día se elevaron a su nivel máximo (140 l) cuando la concentración de amonio se incrementó por arriba de 0.7 ppm. (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Flujo de agua aplicado al sistema (SCC-12) durante la cría de larvas de cabrilla arenera.

DÍA	FLUJO (cm ³ /min.)	TIEMPO DE RECAMBIO (horas al día)	TIPO DE FLUJO
1 - 6	0	0	
7 - 9	~ 50	2	Superficial, salida única
10 - 15	~ 100	8	Superficial, salida única
16 - 20	~ 350	8	Superficial, dispersión
21 - 25	~ 400	16	Vertical, dispersión
26 - 30	> 1200	24	Vertical, dispersión

Tabla 3. Recambio de agua y flujo de aire aplicado al sistema (SCC-12) durante la cría de larvas de cabrilla arenera.

DÍA	CANTIDAD %	DÍA	FLUJO (cm ³ /seg)
1 - 6	0	1 - 15	~ 0.5
7 - 15	25	16 - 24	~ 1.0
16 - 21	50	25 - 30	> 2.0
22 - 30	100		

5.1.3 Calidad del agua.

Se realizó un seguimiento diario del oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, amonio total, nitrito total y nitrato total del sistema en cada uno de los tanques utilizando los siguientes equipos: La salinidad con refractómetro marca Aquafauna (precisión de 0.5 ‰), la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/l) usando un oxímetro marca YSI modelo 58 (precisión de 0.1°C y 0.01 mg/l respectivamente); el amonio, nitrito y nitrato (ppm) a través de métodos espectrofotométricos (Strickland y Parsons, 1972), utilizando un espectrofotómetro marca Spectronic modelo Genesys 2.

5.1.4 Alimentación de las larvas.

La alimentación exógena se inició a partir del segundo día, en el momento que las larvas concluyeron la absorción del saco vitelino, se pigmentaron los ojos y se dio la apertura de la boca y del ano. Los alimentos suministrados fueron el rotífero *Brachionus plicatilis*; nauplios, copepoditos y adultos del copépodo *Pseudodiaptomus euryhalinus*; nauplios, juveniles y adultos de *Artemia* y eleuteroembriones de cabrilla. Se realizó la cuantificación diaria de los alimentos suministrados y en el caso de los copépodos, exclusivamente se agregaron nauplios el día 6, una mezcla de nauplios y copepoditos para el día 8 y finalmente para el día 10 una mezcla de nauplios copepoditos y adultos (Tabla 4).

Tabla 4. Esquema de alimentación utilizado para la cría de larvas de cabrilla arenera en la densidad inicial de 50 ind/l, señalando los casos de 150 y 200 larvas/l en los que se realizó un manejo diferente.

DIA	Rotíferos <i>Brachionus plicatilis</i> (org/ml)	Copépodos <i>Pseudodiaptomus euryhalinus</i> (org/ml)	<i>Artemia</i> sp. (org/ml)	Eleuteroembrión (org/ml)	Microalga <i>Nannochloris</i> (cel/ml)
1	0.5 S	-	-	-	3x10 ⁵
2	7 S	-	-	-	-
3	12 S	-	-	-	3x10 ⁵
4	14.4 S	-	-	-	-
5	6.7 S	-	-	-	6x10 ⁵
6	9.7 S	0.4 n	-	-	-
7	8.5 S	-	-	-	-
8	12.4 S	0.3 n, c	-	-	5x10 ⁵
9	12.2 S	-	-	-	-
10	9.5 S	0.2 n, c, a	-	-	-
11	9.3 (4.6 E)	-	1 n S	-	-
12	9.3 (4.5 E)	-	2.3 n S	-	-
13	9.4 E	-	2.3 n S	-	-
14	7.9 E	-	2.05 n S	-	-
15	8.9 E	-	3.2 n S	-	-
16	6.1 E	-	3.3 n S, 1.1 n E	-	-
17	10 E*, 20 E**	-	2.2 n S, 1.1 n E	-	-
18	10 E*, 20 E**	-	2.2 n S, 1.1 n E y 0.2 j	-	-
19	10 E*, 20 E**	-	2.2 n S, 0.5 j	-	-
20	8 E*, 16 E**	-	11 n S, 0.4 j	0.01	-
21	-	-	8.2 n S, 0.4 j	0.01	-
22	-	-	0.1 j + a t	0.3	-
			9.1 n* y 18.3 n**		
23	-	-	0.1 j + a t	0.04	-
			7.3 n* y 14.6 n**		
24	-	-	Adulto a saciedad t	0.2	-
			5.3 n* y 10.6 n**		
25	-	-	Adulto a saciedad t	Sin cuantificar	-
			4 n* y 8 n**		
26	-	-	Adulto a saciedad	Sin cuantificar	-
27	-	-	Adulto a saciedad	Sin cuantificar	-
28	-	-	Adulto a saciedad	Sin cuantificar	-
29	-	-	Adulto a saciedad	Sin cuantificar	-
30	-	-	Adulto a saciedad	Sin cuantificar	-

E: enriquecido, S: sin enriquecer, n: nauplio, c: copepodito, j: juveniles, a: adulto, t: todos los tanques,

*: 150 larvas/l, **: 200 larvas/l

Para las otras densidades, se incrementó la cantidad de alimento en función de la proporción de larvas por litro; es decir 2, 3 y 4 veces las cantidades usadas para la primera densidad, aunque esto varió de acuerdo con el crecimiento de las larvas (Tabla 5).

Tabla 5. Proporción de alimento suministrado para todas las densidades (50:100:150:200 ind/l).

DIA	Rotíferos <i>Brachionus plicatilis</i>	Copépodos <i>Pseudodiaptomus euryhalinus</i>	<i>Artemia</i> sp.	Eleuteroembrión
1	1:2:3:4	-	-	-
2	1:2:3:4	-	-	-
3	1:2:3:4	-	-	-
4	1:2:3:4	-	-	-
5	1:2:3:4	-	-	-
6	1:2:3:4	1:2:3:4	-	-
7	1:2:3:4	-	-	-
8	1:2:3:4	1:2:3:4	-	-
9	1:2:3:4	-	-	-
10	1:2:3:4	1:2:3:4	-	-
11	1:2:3:4	-	1:2:3:4	-
12	1:2:3:4	-	1:2:3:4	-
13	1:2:3:4	-	1:2:3:4	-
14	1:1:2:2	-	1:2:3:4	-
15	1:1:2:2	-	1:2:3:4	-
16	1:1:2:2	-	1:2:3:4	-
17	1*:2**	-	1:2:3:4	-
18	1*:2**	-	1:2:3:4	-
19	1*:2**	-	1:2:3:4	-
20	1*:2**	-	1:2:3:4	1:2:3:4
21	-	-	1:1:2:2	1:2:3:4
22	-	-	1:1:2:2	1:1:1:1
23	-	-	1:1:2:2	1:1:1:1
24	-	-	Saciedad	1:1:1:1
25	-	-	Saciedad	1:1:1:1
26	-	-	Saciedad	1:1:1:1
27	-	-	Saciedad	1:1:1:1
28	-	-	Saciedad	1:1:1:1
29	-	-	Saciedad	1:1:1:1
30	-	-	Saciedad	1:1:1:1

*: 150 larvas/l, **: 200 larvas/l

El enriquecedor que se uso fue el SELCO® en las cantidades recomendadas por el productor (Artemia Systems).

5.1.5 Toma de muestras.

Se tomaron muestras aleatorias cada cinco días de aproximadamente 10 larvas por tanque con el fin de evaluar el crecimiento. Las larvas fueron anestesiadas con MS-222 y fijadas con formol al 4 % para posteriormente ser medidas, registrándose los datos de longitud notocordal (para larvas preflexión y flexión) y de longitud patrón (para larvas postflexión), utilizando un microscopio óptico marca Zeiss con precisión de 1/10 mm y un aumento de 8X, conectado a una cámara de video marca Cohua que utiliza una tarjeta de digitalización de imágenes marca Targa 1000 y el programa Sigma Scan Pro V. 4.0 Jandal

Scientific. Los coeficientes de supervivencia se evaluaron a partir del día 15 y hasta el final del experimento, mediante sifoneos diarios y contando el número de larvas muertas por tanque.

5.1.6 Prueba de resistencia y análisis químico de juveniles.

Al finalizar el experimento, con el fin de evaluar la calidad de la semilla producida, se cuantificaron al total de los peces producidos y se realizó una prueba de resistencia. Esta prueba consistió en exponer al aire por 15 segundos una muestra aleatoria de juveniles de cada densidad, capturados con una red y contando la proporción de larvas vivas y muertas después de una hora de recuperación. (Watanabe *et al.*, 1989, modificada). Cabe resaltar, que la prueba de resistencia se modificó a fin de hacerlo comparable entre las densidades probadas, ya que esta prueba, originalmente fue creada para evaluar la calidad de juveniles de *Sparus aurata* de 10 g de peso húmedo, exponiéndolos al aire por 60 y 120 segundos, con 25 minutos de recuperación. Todas los peces a las que se aplicó la prueba de resistencia fueron almacenadas a -50°C en un congelador horizontal marca REVCO modelo ULT750-5-A12 y después fueron liofilizadas (LABCONCO modelo Freezone 6), para realizarles análisis de proteína cruda por el método Microkjeldhal - Tecator (Goytortúa-Bores *et al.*, 1996) y lípidos totales por el método Metanol - Cloroformo (Bligh y Dyer, 1959).

5.2 NIVEL DE PROTEINA (EXP. 2).

5.2.1 Obtención de juveniles.

Los peces fueron obtenidos a partir del experimento 1, utilizando los organismos de la densidad de 50 larvas/l, de los cuales se seleccionaron 378 juveniles de cabrilla arenosa de 8 a 11 g de peso húmedo (9.5 ± 1.5 g de peso

promedio), sembrándose de forma aleatoria a una densidad de 70 ind/m³ en 9 tanques circulares de fibra de vidrio de 600 l de capacidad cada uno.

5.2.2 Sistema de crianza de juveniles.

El sistema de circulación cerrada de producción de juveniles (SCC-22) consta de 22 tanques circulares de fibra de vidrio con capacidad de 600 l cada uno, además de 2 bombas de recirculación marca Centurion modelo Challenger de 1.5 caballos, un ozonizador marca Red Sea Fish pHarm LTD modelo Redox Plus, un termostato de titanio marca Bio-System, un espumador de albúminas, un filtro de arena marca Triton modelo Fab-Pac SB-6, un filtro de luz ultravioleta de seis focos marca Tropical Marine Centre PM6, una columna de lodos activados que funciona como filtro biológico y un reservorio de agua de 2500 l.

5.2.3 Calidad del agua del sistema.

Semanalmente se realizó un seguimiento del oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, amonio total y nitrito total del sistema, utilizando los siguientes equipos: La salinidad con refractómetro marca Aquafauna (precisión de 0.5 ‰); la temperatura y el oxígeno disuelto usando un oxímetro marca YSI modelo 58 (precisión de 0.1°C y 0.01 mg/l respectivamente); el amonio y nitrito (ppm) a través de métodos espectrofotométricos (Strickland y Parsons, 1972), utilizando un espectrofotómetro marca Spectronic modelo Genesys 2.

5.2.4 Diseño experimental.

Se evaluaron tres dietas conteniendo 40, 45 y 50 % de proteína cruda (valor genérico). La asignación de los niveles de proteína en los tanques se realizó de manera aleatoria y por triplicado, durando el experimento 93 días a partir de la siembra. Los peces fueron alimentados a saciedad dos veces al día (7:00 y 17:00

horas) en dos raciones por vez, separadas por 30 min entre cada ración para asegurar que los peces fueron alimentados a saciedad. La cantidad de alimento no consumido se anotó diariamente, pesándolo con una balanza marca Ohaus modelo Explorer con una precisión de 0.01 g. Durante el desarrollo del experimento, se realizaron biometrías catorcenales, registrándose en el total de los peces, el peso húmedo con una balanza marca AND modelo FX-4000 con una precisión de 0.01 g, la longitud patrón, la longitud cefálica y la altura máxima usando un ictiómetro con una precisión de 0.1 cm. A partir de los datos de consumo, análisis químicos proximales de los peces y datos de crecimiento se calcularon los siguientes índices de crecimiento y de calidad del alimento:

1. Tasa específica de crecimiento en peso:

$$SGR = \frac{(\ln Pf - \ln Po)}{\text{días}} \times 100$$

Donde:

Pf = Peso promedio de los peces en el día t

Po = Peso promedio de los peces al inicio

Esta relación indica el porcentaje de incremento en peso del organismo al día (Gracia-López y Castelló-Orvay, 1996).

2. Tasa de crecimiento absoluta:

$$TCA = \frac{(Pf - Pi)}{\text{días}}$$

Donde:

Pf = Peso promedio final de los peces

Pi = Peso promedio inicial de los peces

Esta relación indica la ganancia en peso del organismo expresada en gramos al día (*op cit*).

3. Tasa de eficiencia proteica:

$$PER = \frac{Pg}{Psp}$$

Donde:

Pg = Peso fresco ganado por el pez

Psp = Peso seco de la proteína en el alimento suministrado

Se define como la razón entre la ganancia del peso del pez y la cantidad de proteína consumida. Esta relación evalúa el contenido de proteína en el alimento, mientras más grande sea PER, más eficiente será la asimilación de proteína en el alimento (Watanabe, 1988).

4. Valor proteico productivo:

$$PPV = \frac{(Pfp - Pip)}{Pt} \times 100$$

Donde:

Pfp = Proteína total final en los peces

Pip = Proteína total inicial en los peces

Pt = Peso total de la proteína del alimento suministrado

Este índice muestra la relación de la proteína retenida en los tejidos del pez y la consumida en el alimento. En este criterio se toma en cuenta la transformación de la proteína suministrada en la dieta, en proteína corporal (Hepher, 1993).

5. Factor de conversión alimenticia:

$$FCA = \frac{Pa}{Pg}$$

Donde:

Pa = Peso del alimento ingerido (calculado en base seca en este estudio)

Pg = Peso fresco ganado por el pez

Este factor se define como la ganancia en peso obtenida a partir de una unidad de peso del alimento. Entre más cercano al valor de 1, se requerirá menor cantidad de alimento para producir una unidad de biomasa de los organismos (*op cit*).

6. Factor de condición:

$$K = \frac{Pt}{Lt^3} \times 100$$

Donde:

Pt = Peso promedio de los peces al tiempo t

Lt = Longitud promedio de los peces al tiempo t

Este factor es considerado como un índice de robustez para peces de tipo fusiforme. Los valores iguales a 3 son considerados como un crecimiento homogéneo, valores mayores o menores son considerados como crecimiento heterogéneo (Weatherley y Gill, 1987; Steffens, 1989).

Al inicio del experimento se tomó una muestra de 10 peces, a los cuales se les realizaron análisis de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, contenido de agua y energía bruta, a fin de conocer estos componentes. Para el final del experimento, se realizó la última biometría sacrificando a la totalidad de los peces y obteniéndose muestras de hígado y músculo a los que se realizaron análisis de

proteína cruda, extracto etéreo y cenizas. Además de tomar muestras de peces enteros para realizarles análisis de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, energía bruta y contenido de agua comparándolos con los peces al inicio del experimento. Los análisis se realizaron utilizando las técnicas descritas en el manual de análisis químico proximal de insumos y alimentos (Goytortúa-Bores *et al.*, 1996).

5.2.5 Formulación y fabricación de dietas experimentales.

Las dietas experimentales se formularon y elaboraron con la asesoría del personal del Laboratorio de Nutrición Acuícola del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Se realizaron los análisis de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, humedad y energía bruta de los insumos (Goytortúa-Bores *et al.*, 1996). Para formular la dieta se utilizó el programa MIXIT 4 y para la elaboración de los pellets, se utilizó una homogenizadora marca Kitchen Aid modelo K5SS, un molino de café marca Braun modelo 4041, un procesador de alimentos marca Moulinex y un molino de carne marca Tor-Rey modelo 22.

La fabricación de los pellets fue realizada de la siguiente manera: Los macroingredientes (harina de pescado, harina de calamar, harina de trigo, pasta de soya y levadura de panadería) se tamizaron con una criba de 500 micras para homogeneizar el tamaño de las partículas. Como paso siguiente, se mezclaron estas de forma manual y después fueron pulverizadas en el procesador de alimentos para finalmente ser mezcladas durante 5 minutos en la homogenizadora. De forma paralela, se pesaron y mezclaron los microingredientes (premezcla de vitaminas, premezcla de minerales, alginato, vitamina C y cloruro de colina), se pulverizaron en el molino de café para después

adicionarse en la mezcla de macroingredientes, continuándose con la homogeneización durante otros 5 minutos. Durante este tiempo, se pesaron los ingredientes líquidos (aceite de pescado y lecitina de soya), mezclándose manualmente durante 7 u 8 minutos hasta formar una emulsión, para después incorporarla a la mezcla de macro y microingredientes por 5 minutos. Finalmente, se agregaron 400 ml de agua, continuándose con el mismo proceso durante otros 10 minutos. La mezcla fue pasada a través del molino de carne, fabricando los pellets utilizando un dado ACERLOT 22/4.5 mm INOX. Estos se cortaron manualmente y se tamizaron por diferentes cribas (300, 500 y 1000 micras), con el objetivo de obtener el tamaño adecuado de partícula conforme el incremento en talla de los peces. Los pellets fueron secados en una estufa de flujo de aire marca Winsconsin Oven modelo Memmeret durante 12 h a 35°C.

Originalmente, se formularon y fabricaron las dietas experimentales para niveles de proteína de 37, 47 y 57 % (valores teóricos). Al realizar los análisis proximales a las dietas se observó que estaban por debajo de lo requerido (34.9, 39.4 y 44.6 % de proteína cruda valores reales) debido a que el lote de insumos no tenía la calidad especificada. Sin embargo, se tuvo que alimentar a los peces con estas dietas durante 15 días. Se fabricó un nuevo lote de alimento incrementando la cantidad de proteína cruda en las dietas (36.8, 42.8 y 49.9 % de proteína cruda valores reales), alimentando a los peces por otros 15 días, hasta que se consiguieron los nuevos insumos y las dietas fueron reformuladas, fijándose sus valores reales en 41.9, 46.4 y 52.5 % de proteína cruda (40, 45 y 50 % de proteína son valores genéricos, Tabla 6), los cuales fueron los utilizados para el resto del experimento (ver anexo III).

Tabla 6. Formulaciones y análisis químicos de las dietas experimentales empleadas durante la crianza de juveniles de cabrilla arenera (Promedio $\pm$ desv. std.).

INGREDIENTES	Dieta 40 %	Dieta 45 %	Dieta 50 %
Harina de sardina ^a	31.33	41.59	51.96
Pasta de soya ^a	10.00	10.00	10.00
Harina de calamar ^a	10.00	10.00	10.00
Harina de trigo ^a	33.81	24.32	14.65
Levadura pan ^b	6.0	6.0	6.0
Aceite de pescado ^a	1.98	1.21	1.0
Lecitina de soya ^a	1.5	1.5	1.0
Premezcla de vitaminas ^c	0.7	0.7	0.7
Premezcla de minerales ^c	2.0	2.0	2.0
Alginato ^d	2.4	2.4	2.4
Cloruro de colina ^c	0.2	0.2	0.2
Vitamina C ^e	0.08	0.08	0.08
ANÁLISIS QUÍMICO (g/100g de dieta)			
Humedad	22.27 $\pm$ 0.09	18.56 $\pm$ 0.30	23.92 $\pm$ 0.17
Proteína cruda	41.92 $\pm$ 0.26	46.37 $\pm$ 0.09	52.52 $\pm$ 0.09
Extracto etéreo	8.90 $\pm$ 0.03	8.53 $\pm$ 0.26	8.11 $\pm$ 0.01
Cenizas	9.56 $\pm$ 0.07	11.01 $\pm$ 0.12	11.52 $\pm$ 0.02
Fibra cruda	1.35 $\pm$ 0.07	1.19 $\pm$ 0.32	0.74 $\pm$ 0.11
Extracto libre de nitrógeno	38.27	32.94	27.17
Energía total (cal/g)	4821.54 $\pm$ 27.36	4842.01 $\pm$ 15.23	4934.50 $\pm$ 12.22

a: Promotora Industrial Acuasistemas S.A. de C.V.

b: Los Volcanes

c: Premezcla de vitaminas (mg/Kg de dieta): Vit A acetato (retinol), 2.58 (ICN); Vit D3 (colecalférol), 0.18 (SIGMA); Vit E acetato (tocoferol), 24 (SIGMA); Vit K (menadiona), 240 (SIGMA); Vit B1 mononitrato (tiamina), 30 (SIGMA); Vit B2 (riboflavina), 75 (SIGMA); Vit B6 hidrocloreto (piridoxina), 60 (SIGMA); Acido pantoténico, 50 (SIGMA); Niacina (ácido nicotínico), 600 (SIGMA); D-biotina, 6 (ICN); Acido fólico, 30 (SIGMA); Vit B12 (cianocobalamina), 0.06 (SIGMA); Inositol, 1500 (SIGMA). Premezcla de minerales (g/kg de dieta; SIGMA): CaCl₂·5H₂O, 12.38; Na₂HPO₄, 27.48; MgSO₄·7H₂O, 7.17; FeSO₄·7H₂O, 0.86; KI, 0.0014 (mg/kg de dieta); ZnSO₄·7H₂O, 0.1325; MnCl₂·4H₂O, 0.0464; CuSO₄·5H₂O, 0.012; SeS₂, 0.2 (mg/kg de dieta)

d: ALGIMAR

e: ROVIMIX, ROCHE.

5.3 ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS.

5.3.1 Densidad de larvas.

Se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov a los datos de longitud (notocordal o patrón) para cada densidad y por tiempo. Además se aplicó la prueba de Levene (homogeneidad de varianza) para determinar la diferencia entre las réplicas de cada nivel del tratamiento.

Se aplicaron análisis de regresión y correlación simple y múltiple entre los valores de los parámetros de calidad del agua del sistema ($P < 0.05$) contra la densidad de siembra.

Se realizaron análisis de varianza de una vía comparando las densidades para cada fecha y se aplicó la prueba de Duncan cuando se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Se aplicó el modelo de crecimiento exponencial expresado como $Y = ae^{bx}$ (Everhart, 1953) y se compararon las diferentes tasas de crecimiento entre las densidades por medio de un análisis de covarianza ($P < 0.05$), aplicando la prueba de Tukey cuando se detectaron diferencias significativas (Zar, 1996; Steel y Torrie, 1997).

Se realizó la prueba de comparaciones pareadas entre varianzas (razón de varianza) entre las densidades y para cada tiempo ($P < 0.01$) con el fin de corroborar el efecto sobre la dispersión de tallas.

Los coeficientes de supervivencia de cada densidad fueron evaluados diariamente por medio de la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$) y cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1996). Para los coeficientes finales de

supervivencia (día 30), se aplicó la prueba de hipótesis de la diferencia entre las proporciones de dos poblaciones ($P < 0.01$) para las diferentes combinaciones de densidades (Daniel, 1997).

La resistencia de las larvas al manejo fue evaluada calculando los coeficientes de supervivencia y comparándolos ($P < 0.01$) por medio de la prueba de hipótesis de la diferencia entre las proporciones de dos poblaciones entre las densidades (*Op cit*). Para comparar la cantidad de proteína cruda y lípidos totales respecto al nivel de proteína, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$). Asimismo se realizó el análisis de regresión y correlación entre el coeficiente de supervivencia a la prueba de resistencia y el porcentaje de lípidos totales.

5.3.2 Nivel de proteína.

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov se aplicó para los datos de peso, longitud patrón, longitud cefálica y altura máxima. Solamente en el caso del peso la normalidad se cumplió, por lo que se realizó la prueba de Levene (homogeneidad de varianza) para determinar la diferencia entre las replicas, por lo cual se les realizó un análisis de varianza de una vía, comparando los niveles de proteína para cada biometría ($P < 0.05$), cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de diferencia mínima detectable (LSD) de comparación múltiple.

En el caso de la longitud patrón, longitud cefálica y altura máxima, no cumplieron con la normalidad aun utilizando datos transformados, por lo que se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis entre los niveles de proteína durante cada biometría ($P < 0.05$) y en los casos donde se detectaron diferencias significativas se aplicó el análisis múltiple de Kruskal-Wallis (Zar, 1996).

Las tasas de crecimiento entre los niveles de proteína se evaluaron mediante el mismo modelo de crecimiento exponencial (Everhart, 1953) comparándose a través de un análisis de covarianza ($P < 0.05$), y cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey (Sokal y Rohlf, 1981; Steel y Torrie, 1997; Zar, 1996).

Los coeficientes de supervivencia de cada nivel de proteína se compararon ($P < 0.01$) con la prueba de hipótesis entre las proporciones de dos poblaciones para todas las combinaciones (Daniel, 1997).

Se compararon los índices de crecimiento y de calidad del alimento (SGR, TCA, PER, PPV, FCA Y CF) entre cada nivel de proteína ($P < 0.05$) por medio de la prueba de Kruskal-Wallis.

La composición química del hígado, músculo y del pescado entero se comparó entre los niveles de proteína ($P < 0.05$) utilizando un análisis de Kruskal-Wallis y donde hubo diferencias significativas, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Kruskal-Wallis (Zar, 1996). La mayor parte de las pruebas estadísticas se realizaron con el programa STATISTICA V. 5.1 excepto en los casos donde se hace referencia de los autores.

6. RESULTADOS

6.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1).

6.1.1 Calidad del agua.

A partir de los valores de los parámetros de calidad del agua del sistema (Tabla 7) se realizaron análisis de regresión, detectándose altas correlaciones entre la densidad contra el oxígeno disuelto ($R = -0.92$), la concentración de amonio total ($R=0.66$) y su interacción ($P<0.05$). Mientras que para la salinidad, la temperatura, el nitrito total y el nitrato total, no se detectaron altas correlaciones (anexo I, Tabla a). De esta manera, el oxígeno disuelto y la concentración de amonio total, fueron los factores más difíciles de controlar, mostrando fluctuaciones mayores conforme transcurrió el experimento (Figuras 1 y 2). Por otra parte, la temperatura, la salinidad, la concentración de nitrito total y la concentración de nitrato total se mantuvieron controlados, fluctuando ligeramente a lo largo del experimento (Figuras 3, 4, 5 y 6).

Tabla 7. Valores promedio de los parámetros de calidad de agua del sistema de producción de larvas estimados por densidad de siembra (Promedio $\pm$ desv. std.)

Densidad (ind/l)	O.D (mg/l)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	Amonio total (ppm)	Nitrito total (ppm)	Nitrato Total (ppm)
50	3.67 $\pm$ 0.46	24.9 $\pm$ 0.8	34 $\pm$ 1	0.28 $\pm$ 0.21	0.28 $\pm$ 0.20	1.31 $\pm$ 0.16
100	3.60 $\pm$ 0.52	24.9 $\pm$ 0.8	34 $\pm$ 1	0.33 $\pm$ 0.20	0.30 $\pm$ 0.17	1.57 $\pm$ 0.26
150	2.98 $\pm$ 0.64	25.0 $\pm$ 0.7	34 $\pm$ 1	0.34 $\pm$ 0.20	0.23 $\pm$ 0.12	1.04 $\pm$ 0.11
200	2.90 $\pm$ 0.69	24.9 $\pm$ 0.7	34 $\pm$ 1	0.40 $\pm$ 0.24	0.27 $\pm$ 0.14	1.17 $\pm$ 0.13

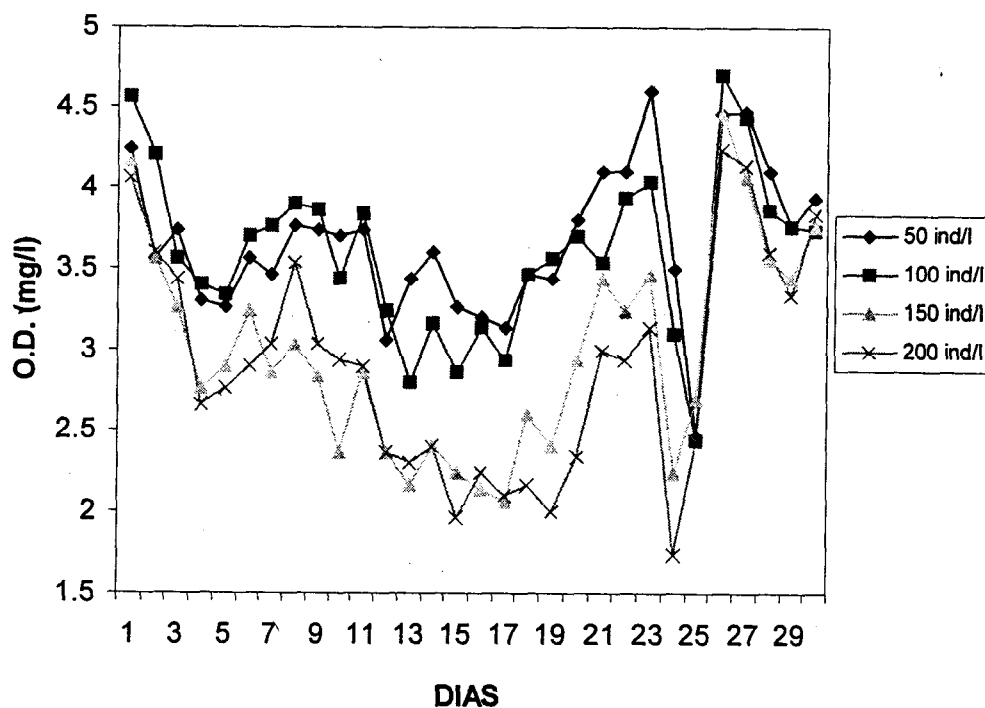


Figura 1. Concentración promedio del oxígeno disuelto detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.

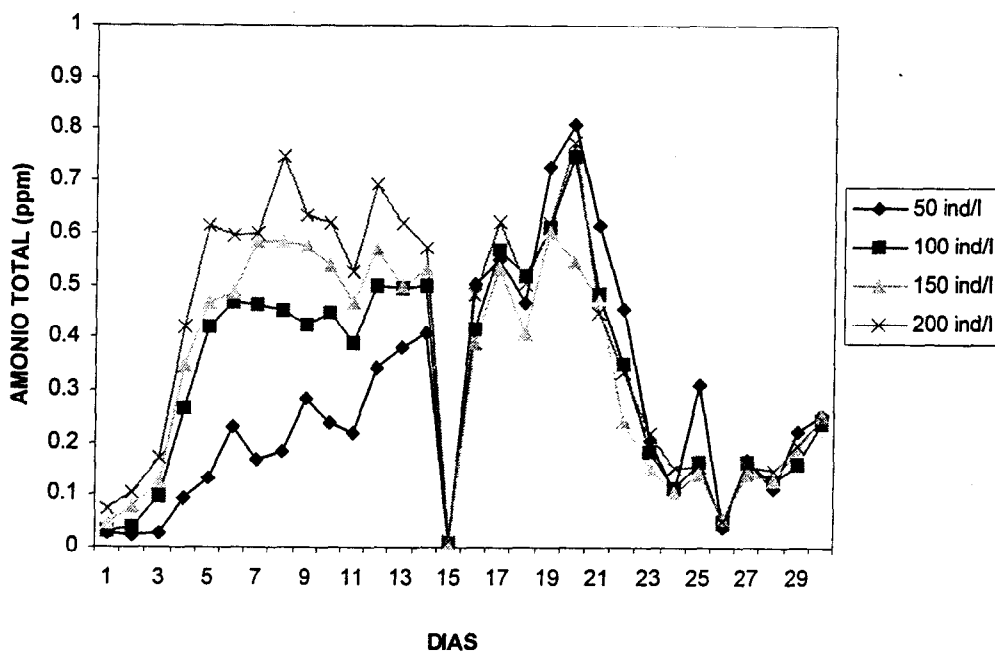


Figura 2. Concentración promedio del amonio total detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.

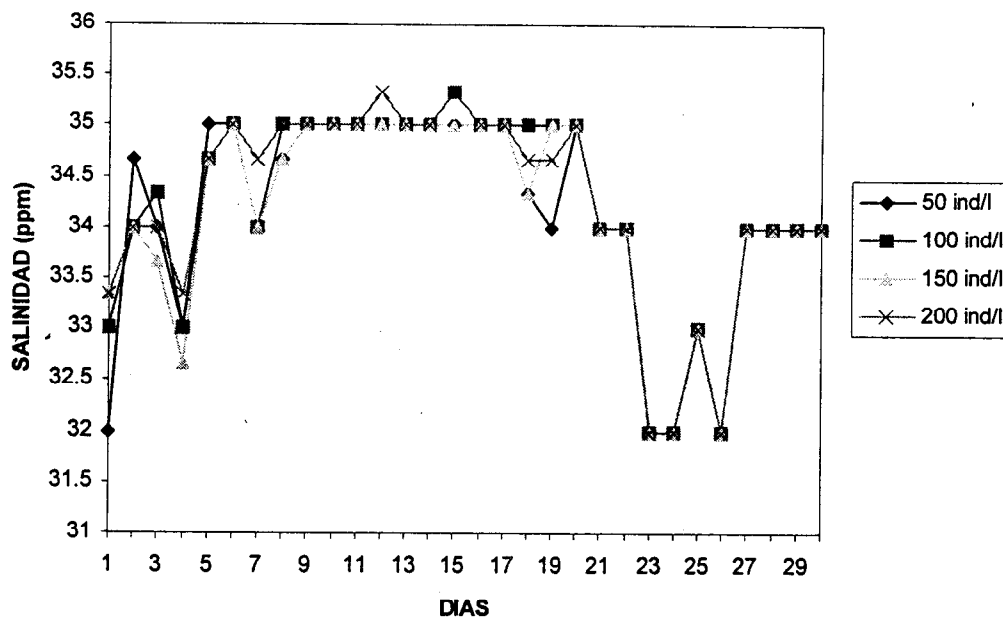


Figura 3. Valores promedio de la salinidad detectada en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.

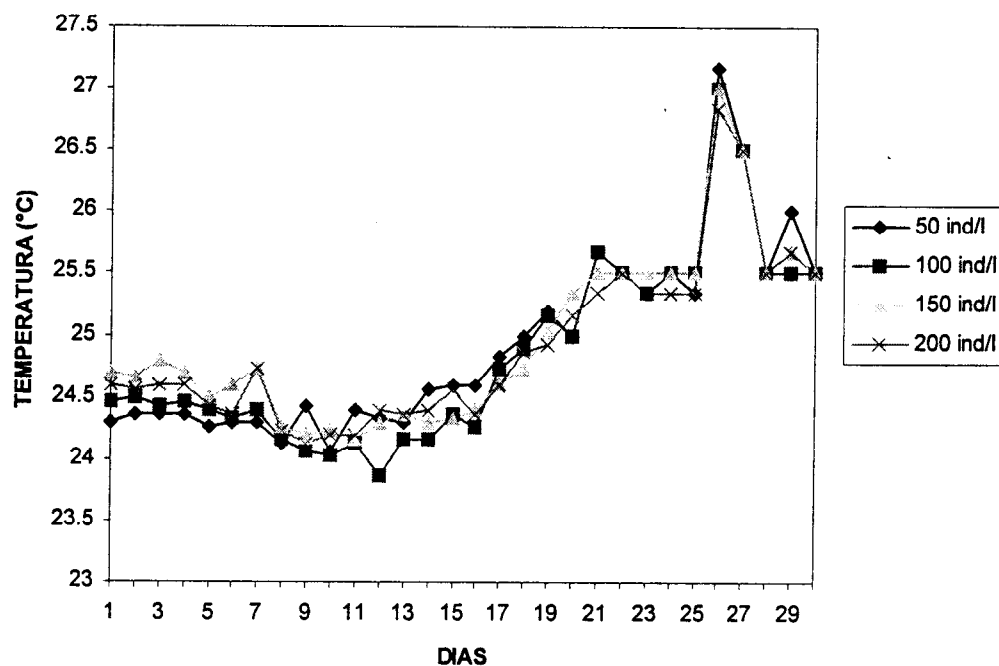


Figura 4. Valores promedio de la temperatura detectada en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.

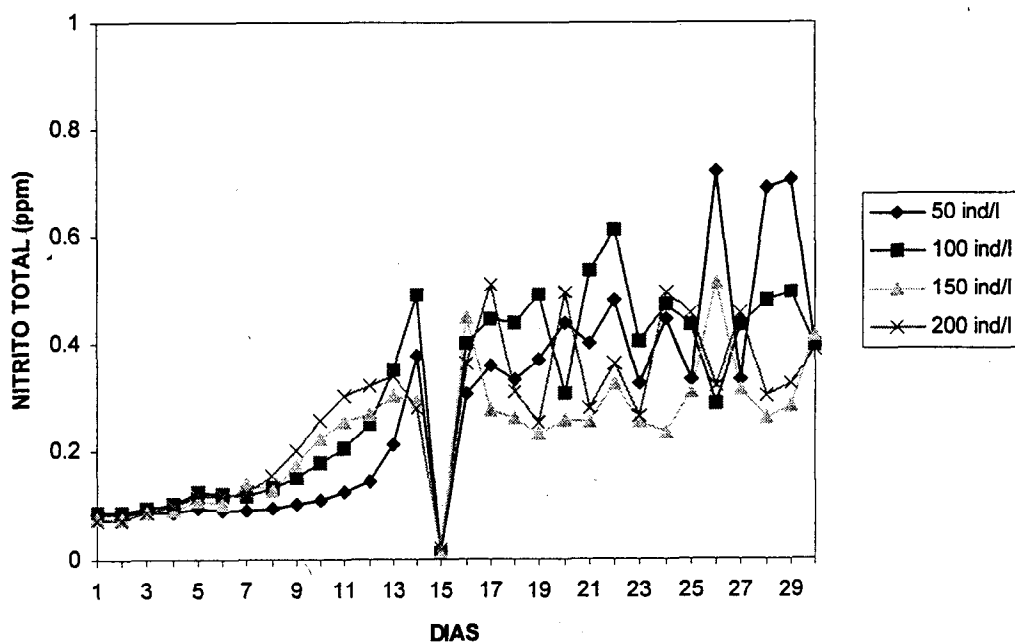


Figura 5. Concentración promedio del nitrito total detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.

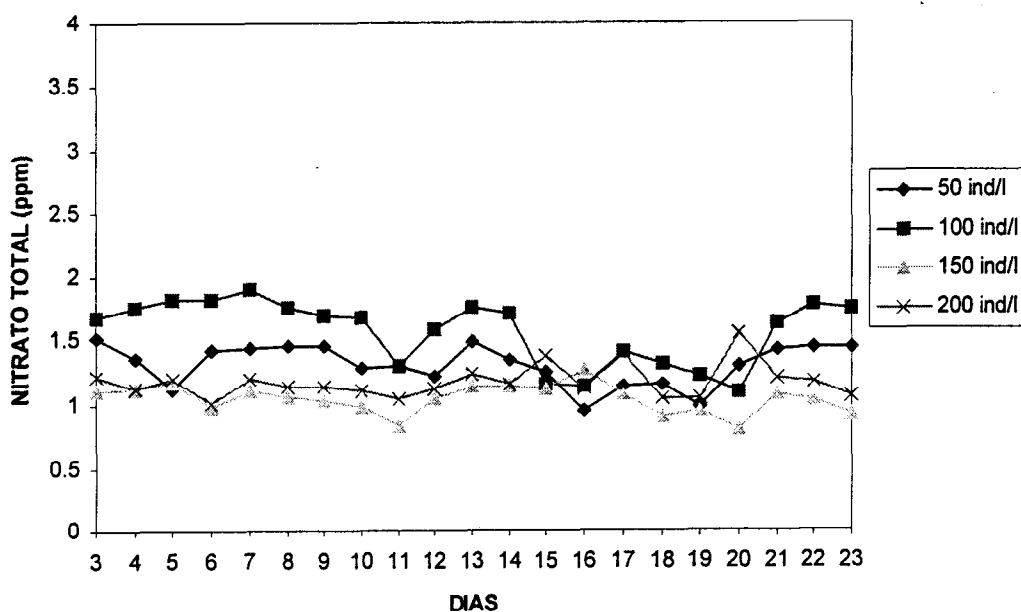


Figura 6. Concentración promedio del nitrato total detectado en el sistema de cría de larvas (SCC-12) por densidad de siembra.

6.1.2 Normalidad y homoscedasticidad.

Para la longitud notocordal o patrón en cada fecha, se demostró la normalidad de los datos (anexo I, Tabla b). La prueba de homogeneidad de varianza entre replicas, por fecha y para cada una de las densidades, mostró la homogeneidad en cada uno de ellos, excepto en las larvas del día 10 en la densidad de 200 ind/l (anexo I, Tabla c).

6.1.3 Crecimiento de larvas.

Los análisis realizados para los datos de longitud notocordal o patrón entre densidades (Tabla 8) mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para los días 5, 10, 15, 20 y 30 (anexo I, Tabla d y e). Observándose que la densidad de 50 ind/l fue la que presentó la longitud promedio mas alta con respecto al resto de las densidades durante casi todo el experimento. Asimismo, se denota una marcada diferencia entre la densidad más baja respecto a la densidad de 200 ind/l. En el día 30 de vida, se detectaron diferencias significativas que separan las densidades menores de las densidades mayores, donde la mayor longitud promedio de 15.98 mm para la densidad de 50 ind/l, seguida de 14.70 mm para la densidad de 100 ind/l, de 13.82 mm para la densidad de 150 ind/l y de 12.53 mm para la densidad de 200 ind/l.

Tabla 8. Longitud notocordal o patrón de las larvas de cabrilla arenera (promedio $\pm$ desv. std.) por fecha y densidad.

Tiempo	50 ind/l	100 ind/l	150 ind/l	200 ind/l
DIA 5	2.91 $\pm$ 0.25 ^a	2.90 $\pm$ 0.19 ^{ab}	2.93 $\pm$ 0.22 ^{ab}	2.75 $\pm$ 0.24 ^b
DIA 10	3.89 $\pm$ 0.23 ^b	4.05 $\pm$ 0.33 ^a	3.80 $\pm$ 0.23 ^b	3.70 $\pm$ 0.32 ^c
DIA 15	5.64 $\pm$ 0.70 ^a	5.55 $\pm$ 1.08 ^{ab}	5.29 $\pm$ 0.98 ^{ab}	5.08 $\pm$ 0.74 ^b
DIA 20	7.78 $\pm$ 1.09 ^a	7.82 $\pm$ 1.06 ^{ab}	7.35 $\pm$ 1.64 ^{ab}	6.60 $\pm$ 1.06 ^b
DIA 25	10.44 $\pm$ 2.20 ^{ns}	10.23 $\pm$ 2.72 ^{ns}	9.85 $\pm$ 3.10 ^{ns}	9.34 $\pm$ 2.41 ^{ns}
DIA 30	15.98 $\pm$ 3.47 ^a	14.71 $\pm$ 3.51 ^a	13.82 $\pm$ 3.88 ^b	12.53 $\pm$ 3.75 ^b

Superíndices desiguales en los renglones indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

De esta manera, se observó una tendencia donde los promedios de longitud de las densidades mayores (150 y 200 ind/l), se mantuvieron por debajo (Figuras 7, 8, 9, 10 y 11) en comparación con los promedios de las densidades menores (50 y 100 ind/l).

La comparación entre las tasas de crecimiento (Tabla 9), mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las densidades (anexo I, Tabla f y g), donde la densidad de 50 ind/l presentó una tasa de crecimiento mayor (0.067) con respecto a la densidad de 200 ind/l (0.059).

Tabla 9. Tasas estimadas de crecimiento de larvas de cabrilla arenera por densidad de siembra.

DENSIDAD	R	n	TASAS DE CRECIMIENTO
50 ind/l	0.966	186	0.067 ^a
100 ind/l	0.949	192	0.063 ^{ab}
150 ind/l	0.928	189	0.061 ^{ab}
200 ind/l	0.933	198	0.059 ^b

Superíndices desiguales indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

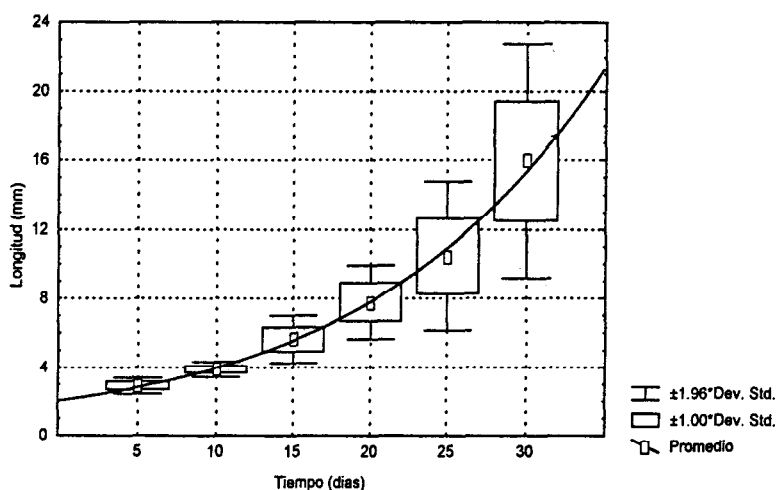


Figura 7. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 50 ind/l

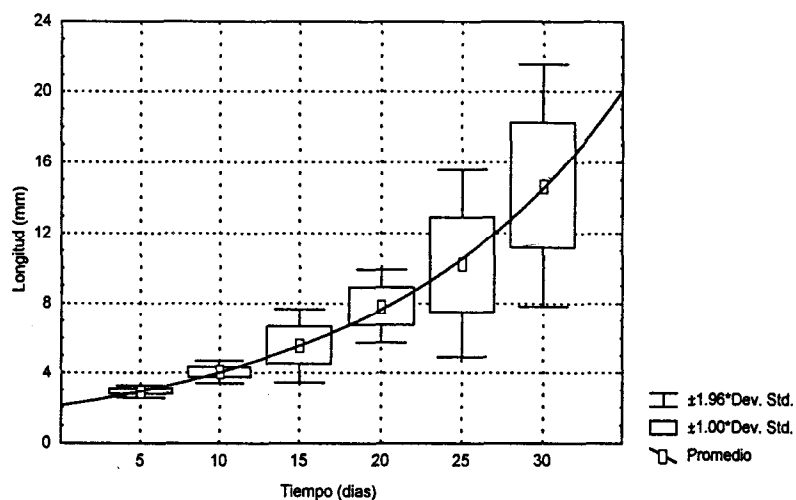


Figura 8. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 100 ind/l

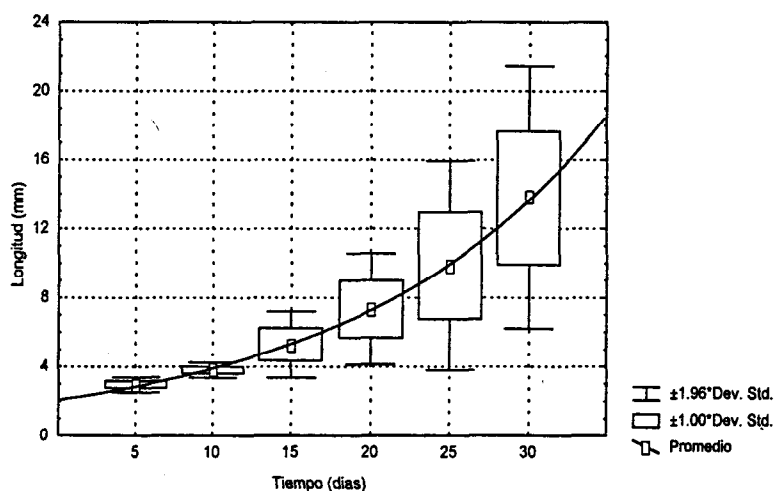


Figura 9. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 150 ind/l

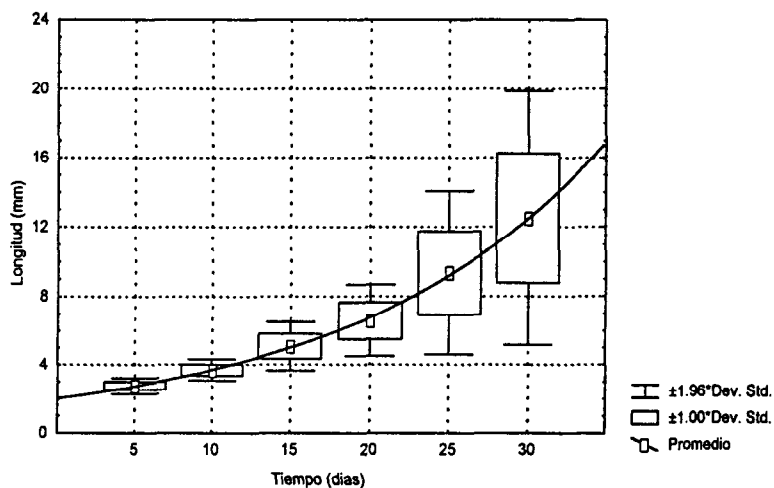


Figura 10. Curva de crecimiento exponencial de larvas de cabrilla arenera desarrolladas a la densidad de 200 ind/l

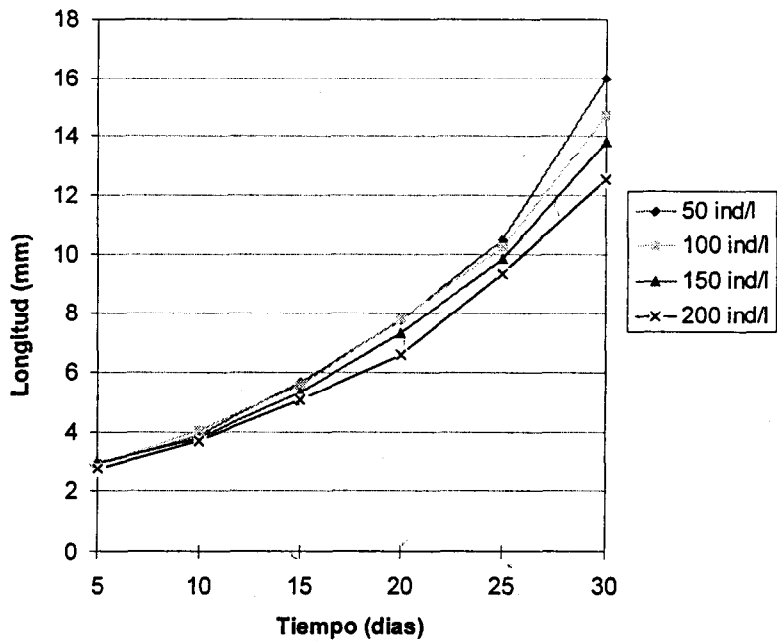


Figura 11: Crecimiento de larvas de cabrilla arenera por densidad de siembra

La tabla 10 muestra la diferencia entre las densidades con respecto a su varianza para los días 10, 15, 20 y 25 ($P<0.05$), observándose que la densidad de 50 ind/l, fue la que en la mayoría de los días de toma de muestra presentó la menor varianza comparada con el resto de las densidades. Aunque estas diferencias no siempre fueron significativas, en especial para el final del experimento (día 30) observándose una tendencia donde la densidad de 50 ind/l fue la que tuvo la menor varianza (anexo I, Tabla h).

Tabla 10. Comparación entre varianzas de la longitud promedio de larvas de cabrilla arenera por fecha.

DENSIDAD	5	10	15	20	25	30
50 (ind/l)	0.06 ^{ns}	0.05 ^b	0.49 ^b	1.20 ^b	4.85 ^b	12.03 ^{ns}
100 (ind/l)	0.03 ^{ns}	0.10 ^a	1.16 ^a	1.13 ^c	7.39 ^b	12.31 ^{ns}
150 (ind/l)	0.05 ^{ns}	0.05 ^b	0.97 ^a	2.69 ^a	9.60 ^a	15.07 ^{ns}
200 (ind/l)	0.06 ^{ns}	0.10 ^a	0.54 ^b	1.13 ^c	5.81 ^b	14.06 ^{ns}

Superíndices desiguales en las columnas indican diferencias significativas ($P<0.05$).

6.1.4 Supervivencia de larvas.

Los coeficientes de la supervivencia evaluados desde el día 15 hasta el final del experimento (anexo I, Tabla i y j), mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) para cada una de las fechas siendo la densidad de 50 ind/l mayor que la de 200 ind/l (Figura 12).

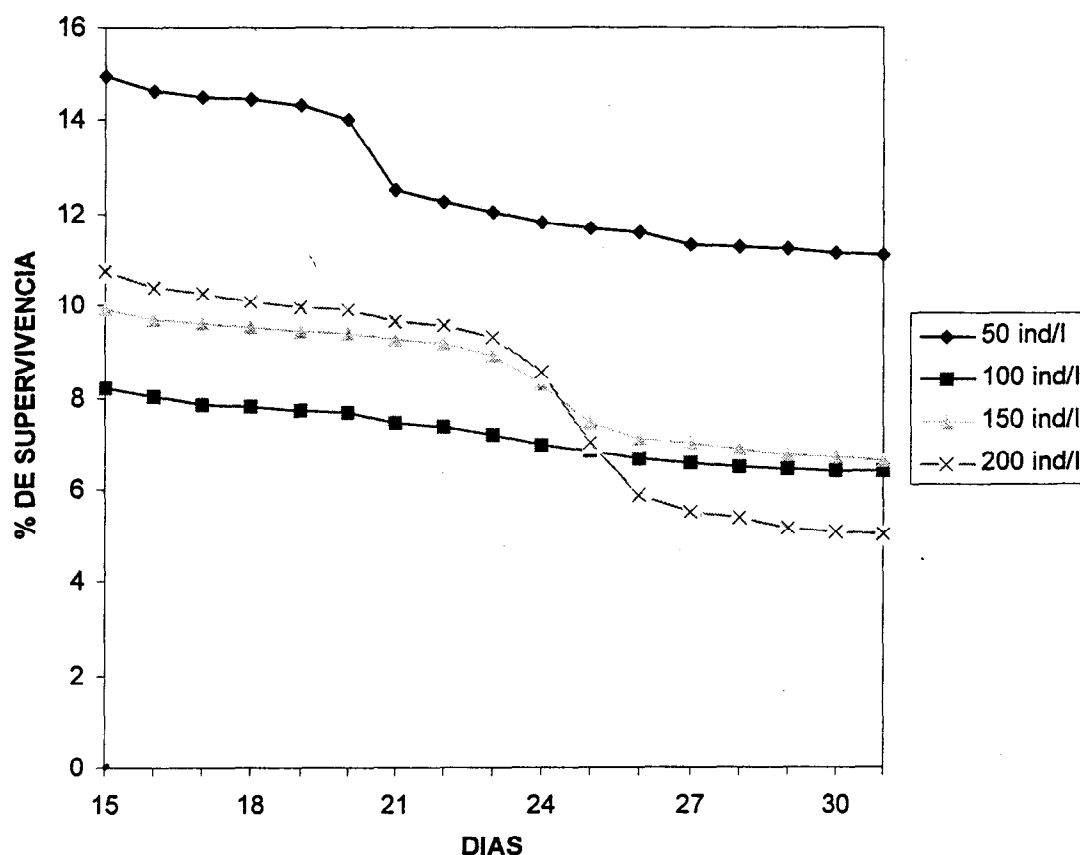


Figura 12. Coeficientes de supervivencia de las larvas de cabrilla arenera por densidad de siembra y fecha.

Al final del experimento (Tabla 11), se detectaron diferencias significativas ($P<0.01$) entre los coeficientes de supervivencia (anexo I, Tabla k), mostrando que la densidad de 50 ind/l fue la que tuvo el mayor coeficiente de supervivencia

(11.1 %), respecto al resto de las densidades (100 ind/l, 6.4 %; 150 ind/l, 6.6% y 200 ind/l, 5.0 %), excepto entre las densidades de 100 ind/l y la de 150 ind/l.

Tabla 11. Número de larvas de cabrilla arenera cosechadas y coeficientes de supervivencia finales por densidad de siembra (Promedio ± desv. std).

DENSIDAD	CANTIDAD	SUPERVIVENCIA (%)
50 ind/l	1665	11.1 ± 0.36 ^a
100 ind/l	1911	6.4 ± 0.41 ^b
150 ind/l	2968	6.6 ± 0.52 ^b
200 ind/l	3007	5.0 ± 0.24 ^c
Total	9551	7.3 ± 2.24

Superíndices desiguales indican diferencias significativas (P<0.01).

6.1.5 Prueba de resistencia y análisis químicos de juveniles.

La comparación de los coeficientes de supervivencia después de aplicar la prueba de resistencia entre las densidades de siembra (Tabla 12 y anexo I, Tabla l) mostró diferencias significativas (P<0.01), observándose que la densidad de 50 ind/l (86.1 %) fue mayor con respecto a la de 150 ind/l (67.5 %). Asimismo, al comparar el nivel de proteína cruda y lípidos totales de los peces al final del experimento entre las densidades, no mostró diferencias significativas (anexo I, Tabla m). Aunque se observó una tendencia, donde al incrementarse el nivel de lípidos se incrementó la supervivencia (anexo I, Tabla n). Sin embargo al correlacionar estos dos parámetros (anexo I, Tabla o), su valor fue bajo (R = 0.38).

Tabla 12. Prueba de resistencia, porcentaje de proteínas y lípidos totales de las larvas de cabrilla arenera (Promedio ± desv. std) por densidad de siembra.

Densidad (ind/l)	Supervivencia (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)
50	86.1 ± 12.12 ^a	67.91 ± 1.14 ^{ns}	19.18 ± 3.22 ^{ns}
100	71.8 ± 13.73 ^{ab}	67.60 ± 2.62 ^{ns}	13.22 ± 2.22 ^{ns}
150	67.5 ± 12.09 ^b	69.10 ± 0.16 ^{ns}	13.10 ± 1.26 ^{ns}
200	73.2 ± 8.66 ^{ab}	66.64 ± 0.94 ^{ns}	16.11 ± 2.52 ^{ns}

Superíndices desiguales en las columnas indican diferencias significativas (P<0.01).

6.2 NIVEL DE PROTEINA (EXP. 2).

6.2.1 Calidad del agua.

La tabla 13 muestra valores promedio de la calidad del agua en el sistema de producción de cría de juveniles, observándose valores constantes durante todo el período de tiempo que duró el experimento.

Tabla 13. Temperatura, salinidad y parámetros de calidad de agua del sistema de producción de juveniles de cabrilla arenera (Promedio $\pm$ desv. std.).

	Temperatura °C	Salinidad ‰	O.D. mg/l	Amonio ppm	Nitritos ppm
Promedio	24.5 $\pm$ 0.5	32.4 $\pm$ 1.3	6.92 $\pm$ 0.64	0.206 $\pm$ 0.131	0.224 $\pm$ 0.191
Máximo	25.0	35.0	7.99	0.492	0.708
Mínimo	23.0	30.0	6.18	0.021	0.015

6.2.2 Normalidad y homoscedasticidad.

Los datos de peso húmedo de los 378 peces se distribuyeron normalmente. En lo referente a los datos de longitud patrón, longitud cefálica y altura máxima, éstos no se distribuyeron de forma normal (anexo II, Tabla a).

La prueba de homogeneidad de varianza por réplica con respecto al peso para cada una de las fechas de toma de muestra, demostró la homogeneidad para todos los datos, excepto para los peces alimentados con la dieta que contenía 40% de proteína en el día 35 (anexo II, Tabla b).

6.2.3 Crecimiento de juveniles.

El peso húmedo de los peces para cada nivel de proteína y por fecha mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) para los días 35, 49 y 93 (Tabla 14), donde los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína total tuvieron el menor peso con respecto a los peces de 45 y 50 % de proteína (anexo II, Tabla c y d).

Tabla 14. Peso húmedo de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std).

Proteína	0	18	35	49	63	78	93
40%	9.23 $\pm$ 0.78	13.90 $\pm$ 1.77	20.37 $\pm$ 3.27 ^a	26.69 $\pm$ 4.80 ^a	33.02 $\pm$ 6.45	38.18 $\pm$ 8.32	43.13 $\pm$ 9.60 ^b
45%	9.13 $\pm$ 0.79	13.70 $\pm$ 1.60	20.44 $\pm$ 3.39 ^{ab}	27.45 $\pm$ 5.13 ^{ab}	33.84 $\pm$ 6.63	39.79 $\pm$ 8.31	45.84 $\pm$ 10.38 ^a
50%	9.34 $\pm$ 0.84	14.12 $\pm$ 1.88	21.60 $\pm$ 3.85 ^b	28.35 $\pm$ 5.66 ^b	34.86 $\pm$ 7.32	40.82 $\pm$ 9.17	46.49 $\pm$ 11.23 ^a

Superíndices desiguales en las columnas indican diferencias significativas ($P<0.05$). Cuando no hay superíndices no se detectó diferencia significativa.

La comparación de las tasas de crecimiento respecto al peso (Tabla 15 y Figuras 13, 14 y 15), entre los niveles de proteína, permitió detectar diferencias significativas ($P<0.05$) entre ellas, donde los peces alimentados con las dietas de 45 y 50% de proteína (0.0175 y 0.0173) presentaron una mayor tasa de crecimiento respecto a los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (0.0166). Ver anexo II, Tabla e

Tabla 15. Tasas estimadas de crecimiento de juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína.

Proteína	R	n	Tasas de crecimiento
40%	0.933	847	0.0166 ^b
45%	0.932	827	0.0175 ^a
50%	0.927	844	0.0173 ^a

Superíndices desiguales indican diferencias significativas ($P<0.05$).

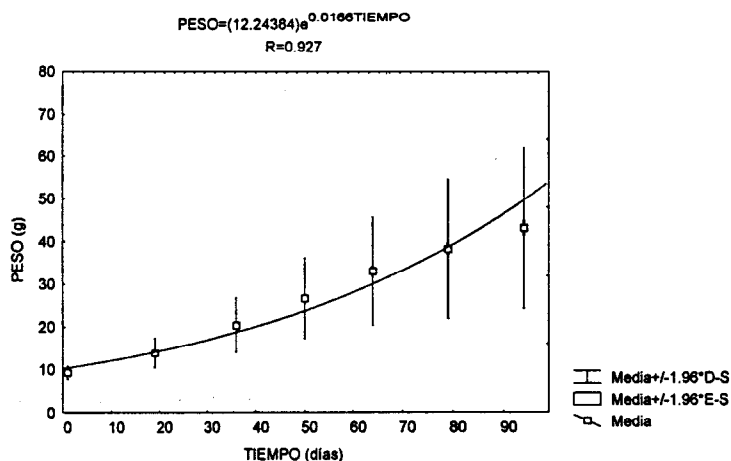


Figura 13. Curva de crecimiento exponencial de juveniles de cabrilla arenera alimentados con la dieta de 40 % proteína

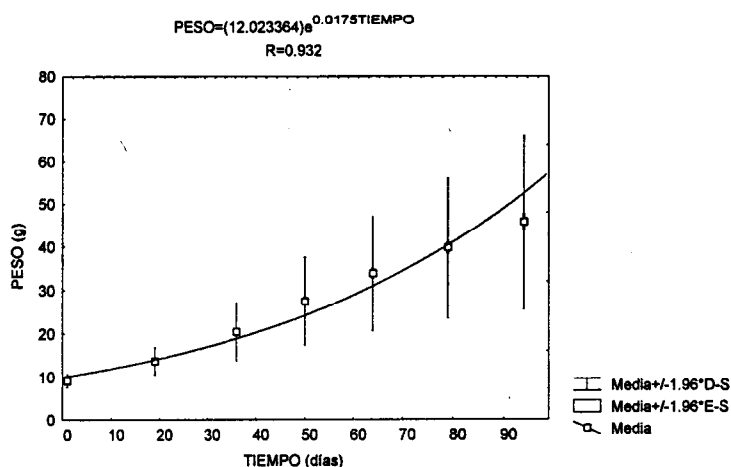


Figura 14. Curva de crecimiento exponencial de juveniles de cabrilla arenera alimentados con la dieta de 45 % proteína

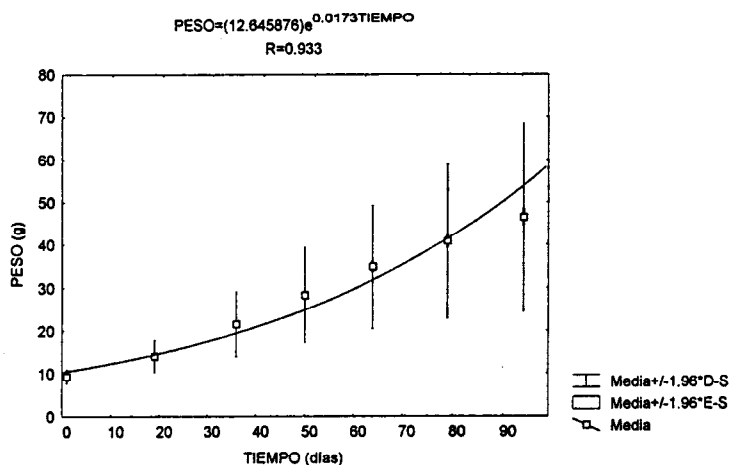


Figura 15. Curva de crecimiento exponencial de juveniles de cabrilla arenera alimentados con la dieta de 50 % proteína

Para las medidas de longitud patrón, la cefálica y la altura máxima de los peces se observaron diferencias significativas únicamente para el día 35 (anexo II, tabla f), donde se detectó que los peces alimentados con la dieta de 45 % de proteína, tuvieron las menores tallas respecto a los peces alimentados con dietas de mayor nivel de proteína (anexo II, tabla g). Sin embargo al final del experimento no se detectaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de proteína (Tablas 16, 17 y 18).

Tabla 16. Longitud patrón de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std.).

Proteína	0	18	35	49	63	78	93
40%	7.5 $\pm$ 0.2	8.5 $\pm$ 0.3	9.3 $\pm$ 0.5 ^a	10.1 $\pm$ 0.6	10.9 $\pm$ 0.7	11.2 $\pm$ 0.7	11.7 $\pm$ 0.8
45%	7.5 $\pm$ 0.2	8.4 $\pm$ 0.3	9.1 $\pm$ 0.5 ^b	10.1 $\pm$ 0.6	10.9 $\pm$ 0.7	11.3 $\pm$ 0.8	11.8 $\pm$ 0.8
50%	7.5 $\pm$ 0.2	8.5 $\pm$ 0.3	9.3 $\pm$ 0.5 ^a	10.2 $\pm$ 0.6	10.9 $\pm$ 0.7	11.2 $\pm$ 0.7	11.8 $\pm$ 0.8

Superíndices desiguales en las columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Cuando no hay superíndices no se detectó diferencia significativa.

Tabla 18. Longitud cefálica de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std.).

Proteína	0	18	35	49	63	78	93
40%	2.1 $\pm$ 0.1	2.4 $\pm$ 0.1	2.7 $\pm$ 0.2 ^a	2.9 $\pm$ 0.2	3.0 $\pm$ 0.2	3.2 $\pm$ 0.3	3.4 $\pm$ 0.3
45%	2.1 $\pm$ 0.1	2.4 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.2 ^b	2.9 $\pm$ 0.2	3.0 $\pm$ 0.2	3.2 $\pm$ 0.3	3.4 $\pm$ 0.3
50%	2.1 $\pm$ 0.1	2.4 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.2 ^a	2.9 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.2	3.2 $\pm$ 0.2	3.4 $\pm$ 0.3

Superíndices desiguales en las columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Cuando no hay superíndices no se detectó diferencia significativa.

Tabla 19. Altura máxima de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (Promedio $\pm$ desv. std.).

Proteína	0	18	35	49	63	78	93
40%	2.3 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.2 ^a	3.2 $\pm$ 0.2	3.3 $\pm$ 0.3	3.4 $\pm$ 0.3	3.6 $\pm$ 0.3
45%	2.3 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.2 ^b	3.2 $\pm$ 0.2	3.4 $\pm$ 0.3	3.5 $\pm$ 0.3	3.7 $\pm$ 0.3
50%	2.3 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.2 ^a	3.2 $\pm$ 0.2	3.4 $\pm$ 0.3	3.5 $\pm$ 0.3	3.7 $\pm$ 0.3

Superíndices desiguales en las columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Cuando no hay superíndices no se detectó diferencia significativa.

6.2.4 Supervivencia de juveniles.

Al comparar los coeficientes de supervivencia de los niveles de proteína (Tabla 19), no se detectaron diferencias significativas (anexo II, Tabla h), obteniendo valores por arriba del 90 % de supervivencia.

Tabla 19. Coeficiente de supervivencia de los juveniles de cabrilla arenera por nivel de proteína (promedio ± desv. std).

Proteína	Vivos	Muertos	Total	% Supervivencia
40%	118	8	126	93.7 ± 1.37 ^{ns}
45%	118	8	126	93.7 ± 5.49 ^{ns}
50%	123	3	126	97.6 ± 2.38 ^{ns}

No se detectaron diferencias significativas.

6.2.5 Indices de crecimiento y de calidad del alimento.

Con el fin de realizar comparaciones entre los índices de calidad del alimento se calcularon los siguientes valores promedio de consumo de alimento por densidad de siembra: los peces alimentados con la dieta de 50 % de proteína consumieron 2.623 ± 0.81 kg, los peces alimentados con la dieta de 45 % de proteína consumieron 2.539 ± 0.93 kg y los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína consumieron 2.642 ± 0.69 kg (cantidades calculadas en base húmeda). Para ninguno de los índices probados (Tabla 20), se detectaron diferencias significativas (anexo II, Tabla i), aunque si se observaron algunas tendencias. Para las tasas específicas de crecimiento (SGR), los peces alimentados con las dietas de 45 y 50 % de proteína fueron los que presentaron los valores más altos (1.74 y 1.73), además de las menores tasas de eficiencia proteica (PER: 1.42 y 1.34) y las mayores tasas de crecimiento absoluto (TCA: 0.39 y 0.40), respecto a los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (SGR: 1.65; PER: 1.48 y TCA: 0.36). En lo referente al valor proteico productivo

(PPV), se observó que los peces alimentados con la dieta de 45 % de proteína fueron los que tuvieron el mayor porcentaje (44.22 %), respecto a los peces alimentados con las dietas de 40 y 50 % (43.47 y 43.49 %). En cuanto al factor de conversión alimenticio (FCA), se observó que el valor más pequeño fue el de la dieta de 50 % de proteína (1.43) comparado con los peces alimentados con las dietas de 40 y 45 % de proteína (1.60 y 1.53). Los peces que presentaron el mayor factor de condición (FC), fueron los alimentados con la dieta de 50 % de proteína (2.83) comparados con los peces alimentados con las dietas de 40 y 45 % de proteína (2.72 y 2.80). Finalmente, para la ganancia en peso (WG), se observó que los peces alimentados con las dietas de 45 y 50 % de proteína fueron los que obtuvieron los mayores porcentajes (354.24 y 357.90), comparados con los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (330.26).

Tabla 20. Índices de crecimiento y de calidad del alimento calculados durante el experimento para los juveniles de la cabrilla arenera por nivel de proteína dietario (Promedio ± desv. std).

INDICES	40 % Proteína	45 % Proteína	50 % Proteína
SGR (%/día)	1.65 ± 0.05	1.74 ± 0.06	1.73 ± 0.32
PER	1.48 ± 0.04	1.42 ± 0.05	1.34 ± 0.11
TCA	0.36 ± 0.02	0.39 ± 0.03	0.40 ± 0.01
PPV (%)	43.47 ± 1.07	44.22 ± 1.25	43.49 ± 3.15
FCA	1.60 ± 0.04	1.53 ± 0.05	1.43 ± 0.11
FC	2.72 ± 0.03	2.80 ± 0.04	2.83 ± 0.04
Ganancia en peso (%)	330.26 ± 5.30	354.24 ± 25.03	357.90 ± 23.35

No se detectaron diferencias significativas.

6.2.6 Análisis químicos de la cabrilla arenera.

Las tablas 21, 22 y 23, muestran la composición química y el contenido calórico del pescado entero, hígado y músculo (anexo II, Tablas j y k) de los juveniles de la cabrilla arenera. Para el hígado y el músculo de los juveniles, no se detectaron diferencias significativas entre ninguno de los niveles de proteína

agua del sistema, pero además se adicionaron nauplios de *Artemia* en grandes cantidades, lo que provocó una baja en el nivel del oxígeno. Finalmente, la adición de *Artemia* juvenil y adulta, además de eleuteroembriones de cabrilla arenera en cantidades elevadas a partir del día 16 y hasta finalizar el experimento, pudo haber disminuido aún más la concentración de oxígeno, lo cual trató de evitarse incrementando el flujo de agua y la aireación al máximo, y realizando recambios de agua del sistema de hasta un 100 %. Además, las larvas presentan un crecimiento a lo largo del tiempo, aumentando su consumo de oxígeno y excretando mayor cantidad de desechos orgánicos al sistema, los cuales pudieron haber disminuido la concentración de oxígeno. Se ha reportado, que las larvas de peces marinos, son menos resistentes a los daños por hipoxia que los adultos de la misma especie. Durante el desarrollo de las larvas se observan cambios en la tolerancia a la hipoxia, como es el caso de los eleuteroembriones de *Micropterus dolomieu*, los cuales resisten concentraciones de 1 mg/l de oxígeno disuelto por un período de 6 horas con supervivencias hasta de 90 %. Sin embargo, a partir del segundo día de vida y hasta el día 10 las larvas se vuelven más sensibles, ya que con esa misma concentración de oxígeno se observa una supervivencia hasta de 0 % durante períodos de 3 horas sin aireación (Spoor, 1984).

El amonio total fue variando a lo largo del tiempo de 0 a casi 0.8 ppm, siendo este metabolito el más difícil de controlar. Como se sabe, el amonio es la principal sustancia de desecho de los peces. Bajo circunstancias normales el amonio es excretado por las branquias y el riñón, siendo oxidado a nitrito y nitrato por la acción de las bacterias nitrificantes. Pero cuando un sistema de producción no es el adecuado por la falta de maduración bacteriana del filtro biológico o el

exceso en la densidad de siembra de los organismos, la eficiencia del sistema tiende a disminuir, pudiendo llegar a niveles tóxicos, que pueden ser letales para los organismos, por lo que es necesario conocer los niveles que toleran cada una de las especies de acuerdo a su estadio de desarrollo (Holt y Arnold, 1983). A partir de lo anterior, se ha considerado que la concentración recomendada como segura para las larvas de peces marinos, debe ser menor a 0.01 ppm (Wise *et al.*, 1989; Tucker, 1998). A pesar de los esfuerzos realizados con el fin de disminuir o eliminar la carga de esta sustancia nitrogenada en el sistema y de haber madurado bacteriológicamente el filtro biológico, las concentraciones alcanzadas durante el experimento se mantuvieron por encima de las recomendadas.

Russo y Thurston (1991) mencionan que los altos niveles de amonio se han relacionado a los problemas de transporte de oxígeno al evitar que esta molécula se enlace con el grupo hemo de la hemoglobina, además del daño a las branquias, afectando la permeabilidad de la membrana, que en conjunto con bajos niveles de oxígeno pueden provocar un estrés que favorece la anoxia por intoxicación de amonio. Cuando la intoxicación es muy elevada, se produce una alta cantidad de mucus que cubre las branquias, ocasionando movimientos rápidos, hiperventilación o ventilación irregular, pérdida del equilibrio, desarrollo de la enfermedad del tornillo (twisting), convulsiones y muerte en pocos minutos. Sin embargo, este efecto no se evaluó.

En el caso de la salinidad, la concentración dependió en gran medida del tipo de agua que se bombeaba del pozo, por lo que se determinaron valores máximos de 35 ‰ y mínimos de 32 ‰ a lo largo de los 30 días que duró el experimento, estos valores fluctuaron poco, por lo que se considera que no

tuvieron efecto alguno sobre el desarrollo de las larvas, manteniéndose dentro de las concentraciones recomendadas (30 a 35 ‰) para peces marinos (Tucker 1998).

Los valores de temperatura registrados fluctuaron entre 24 y 26 °C, a excepción de los días 26 y 27 en los que su valor se elevó a 27 °C, debido a un ligero calentamiento provocado por la bomba que recirculó el agua y aunque se sabe que puede existir un efecto sobre el metabolismo de las larvas (Fukuhara, 1990), este cambió de temperatura en el sistema fue gradual y sobre larvas de mayor talla. Además no se observó algún efecto sobre el crecimiento y la supervivencia.

La concentración de nitrito total durante la crianza de las larvas, varió de 0.1 a 0.7 ppm, conforme transcurrió el tiempo, este incremento en la concentración depende en gran medida de la cantidad de amonio excretado por las larvas y su transformación a nitrito por acción de las bacterias (*Nitrosomonas*), por esta razón, tiende a acumularse a pesar del buen funcionamiento del filtro biológico. Asimismo, la cantidad de alimento vivo se incrementó de acuerdo a las necesidades alimenticias de las larvas, sumándose a la concentración de desechos orgánicos ya existentes en el sistema. Otro factor importante a considerar, es el tipo de alimento vivo suministrado, que varía a lo largo del tiempo, en especial la *Artemia*, ya que por el tipo de hábito alimenticio que presenta, tiende a excretar cantidades importantes de amonio, que nuevamente se transforman en nitritos incrementando aún más la concentración de este ion. El descenso en la concentración de nitrito total determinado el día 15, se debe a un

recambio total del agua del sistema, lo cual se empleó como una práctica rutinaria para evitar el aumento de los metabolitos monitoreados.

En el agua de mar, el efecto tóxico del ion nitrito en los peces se desconoce, por lo que se han sugerido concentraciones seguras de 0.1 a 5 ppm dependiendo de la especie y el estadio de desarrollo (Lewis y Morris, 1986; Wise y Tomasso, 1989; Losordo, 1991; Tucker, 1998). En esta investigación, se considera que no hubo un efecto de la concentración de nitritos, ya que las concentraciones determinadas estuvieron dentro de los intervalos considerados como seguros.

El nitrato total, se considera el metabolito menos tóxico de los componentes nitrogenados. A lo largo del experimento se determinaron valores de 1.1 a 1.8 ppm, por lo que se considera que no hubo un efecto sobre las larvas, ya que el límite considerado como seguro no debe de exceder 20 ppm (Tucker, 1998).

En este contexto, es necesario desarrollar sistemas cerrados para la producción de peces marinos lo suficientemente eficientes, que permitan mantener los parámetros de calidad de agua en concentraciones seguras, considerando los aspectos biológicos y nutricionales particulares de cada especie durante su crecimiento, garantizando la producción de semilla a gran escala y reduciendo significativamente los costos de producción (Russel y O'Brian, 1988; Kim *et al.*, 1993; Nehr *et al.*, 1996; Shuster y Stelz, 1998). De esta manera, el sistema de circulación cerrada de cría de larvas (SCC-12), presenta ciertas deficiencias, relacionadas posiblemente a problemas de su diseño en lo que a la capacidad de carga del filtro biológico se refiere. Cabe resaltar que la supervivencia y el crecimiento de las larvas, el número de peces cosechados y su resistencia al manejo, supera hasta el momento lo realizado en investigaciones previas en el

cultivo de cabrilla arenera (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995; Contreras-Olguín *et al.*, 1997), estando al nivel de lo realizado en otros países donde se cultivan peces marinos a escala comercial (Tucker, 1998).

7.1.2 Crecimiento de larvas.

El presente estudio, demostró que las larvas criadas en las densidades menores (50 y 100 larvas/l) fueron las que presentaron la mayor longitud comparadas con las densidades más altas (150 y 200 larvas/l). Esto ha sido corroborado por los estudios como los de Houde (1974), Taniguchi (1981), Teng (1981 a y b), Al-Ameeri *et al.* (1982), Blackburn y Clarke (1990) y Leu y Chou (1996), donde se ha demostrado que la utilización de densidades menores es benéfica tanto para el crecimiento como para la supervivencia de larvas de peces marinos, estos valores en general fluctúan entre 1 a 100 larvas/l (Tucker, 1998).

Al comparar la talla promedio de las larvas de cabrilla arenera (16 mm LP) alcanzada a los 30 días de edad, contra las tallas de otras especies emparentadas filogenéticamente (Fujita, 1975 en Kuroshima y Fukusho, 1984; Fernández-Palacios *et al.*, 1994), se observa un patrón de crecimiento mayor que para *Lateolabrax japonicus* (11.7 mm), *Trachurus japonicus* (11.0 mm), *Pagrus major* (9.8 mm), *Dentex gibbosus* (9.02) y *Acanthopagrus schlegeli* (10.0 mm). Mientras que al comparar las larvas de cabrilla contra larvas de *Morone saxatilis* (30 mm), *Rhabdosargus sarba* (19 mm) y *Ocyurus chrysurus* (20 mm), el patrón de crecimiento fue menor (Webster y Lovell, 1990; Leu, 1994; Riley *et al.*, 1995). Finalmente, en el trabajo de Avilés-Quevedo *et al.* (1995), se observó que las tallas que se pueden alcanzar con las larvas de la cabrilla arenera fluctuaron de 7.56 a 19.56 mm a los 30 días de edad, sin embargo, estos mismos autores

señalan que la crianza se realizó en un sistema abierto, sin tener un control completo de las variaciones ambientales, por lo que el tratar de repetir la crianza bajo estas condiciones sería sumamente difícil y sin poder garantizar un éxito en cuanto al abastecimiento de juveniles para la etapa de engorda.

Por otra parte, las tasas de crecimiento de las densidades más bajas fueron mayores en comparación con las densidades más altas (0.0664 para 50 larvas/l, 0.06311 para 100 larvas/l, 0.0608 para 150 larvas/l y 0.0589 para 200 larvas/l). Al comparar estos resultados contra el estudio de Fernández-Palacios *et al.* (1994), quienes evaluaron la tasa de crecimiento en larvas de *Dentex gibossus*, se observó que ésta fue menor (0.03975), comparada con las tasas calculadas para las larvas de la cabrilla arenosa. Otro estudio realizado con larvas de *Seriola quinqueradiata*, determinó una tasa de 0.048, que de igual manera, fue menor a las obtenidas en esta investigación. Lo anterior, puede ser explicado dependiendo del tipo de sistema desarrollado para la crianza de las larvas y las características particulares de cada especie (Landau, 1992). En el estudio de Aviles-Quevedo *et al.* (1995), con larvas de cabrilla arenosa, se determinó una tasa de crecimiento de 0.048, la cual fue menor a las obtenidas en este estudio, probablemente como resultado del tipo sistema de cultivo empleado en el cual las condiciones ambientales no están controladas.

Asimismo, se evaluó el efecto de la densidad de siembra sobre la dispersión de las tallas, donde el incremento en la densidad ocasionó la segregación a partir del día 10 hasta el día 25, siendo la densidad de 50 larvas/l la que tuvo la menor dispersión. La segregación de tallas provocó un incremento en el canibalismo, en especial en las altas densidades (150 y 200 larvas/l), aunque lo

anterior no fue cuantificado. Las larvas que presentan una ontogenia indirecta (Balon, 1984) son depredadores visuales activos y no presentan un instinto agresivo en sus primeros días de desarrollo (Down y Houde, 1980), por lo que al aumentar la cantidad de individuos en un área confinada, se incrementa la presión por espacio y competencia por alimento. Este efecto se reflejará en aquellos individuos que no fueron capaces de aprender a alimentarse rápidamente, aun cuando la densidad de alimento haya sido elevada, ocasionando un incremento en la dispersión de tallas, lo que puede traducirse en un aumento en la mortalidad por canibalismo. Así, a pesar de ser bien conocido este efecto, en la actualidad se desconoce en que porcentaje la muerte de las larvas es ocasionada por este tipo de interacción durante el desarrollo larvario (Loadman *et al.*, 1986; Van Damme *et al.*, 1989; Piennar, 1990).

Por otra parte, las características genéticas, son causantes de la variación de tallas en la población ocasionada por las diferencias genotípicas de los organismos, las cuales dictarán las tasas de crecimiento individual siendo esta variación, una de las causas del comportamiento antagonista que subsecuentemente se transformará en el canibalismo (De Angelis *et al.*, 1979; McKinnon, 1985; Valerio y Barlow, 1986).

De esta forma, el aumento de la densidad se asocia con la reducción del crecimiento, incremento en la dispersión de tallas, cambios del comportamiento, presencia de canibalismo y el incremento en la susceptibilidad de enfermedades por el deterioro de la calidad del agua del sistema (Wedemeyer y Mc Leay, 1981; Liu *et al.*, 1993).

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

7.1.3 Supervivencia de larvas.

Durante esta investigación los coeficientes de supervivencia variaron dependiendo de la densidad de siembra, donde la densidad de 50 larvas/l fue la que presentó el mayor porcentaje (11.1 %) en comparación con el resto de las densidades (6.4 % para 100 larvas/l, 6.6 % para 150 larvas/l y 5.0 % para 200 larvas/l). Comparando lo anterior con los coeficientes de supervivencia obtenidos al final del desarrollo larvario en condiciones controladas para larvas de la misma especie en la investigación de Avilés-Quevedo *et al.* (1995) los cuales reportaron un 2.5 % de supervivencia, las larvas de *Epinephelus tauvina* con 5 % (Teng *et al.*, 1981b), las larvas de *Dicentrarchus labrax* con 7 y 11 % (Nehr *et al.*, 1996), las larvas de *Acanthopagrus cuvieri* con 4 % (Teng *et al.*, 1981a), las larvas de *Sebastiscus marmoratus* con un 5.27 % (Seto Inland Sea, 1973) y las larvas de *Paralichthys lethostigma* con un 6.6 y 7.6 % (Daniels *et al.*, 1996), se denota una mayor supervivencia para las larvas de cabrilla arenera en esta investigación. Mientras que al compararlas contra las larvas de *Micropterus dolomieu* con 40 % (Hirata, 1975), *Archosargus rhomboidalis* con 60 % (Houde, 1975), *Lateolabrax japonicus* con 14.8 a 56.6 % (Fukunaga, 1976), *Pagrus major* con 60 % (Fushimi, 1979), *Sparus aurata* con 41 a 57.7 % (Kanazawa, 1997), *Paralichthys olivaceus* con 36.3 % (Hiramoto y Kobayashi, 1980) y *Limanda yokohamae* con 53.3 % (Ehrlich *et al.*, 1989) la supervivencia fue menor. Estas diferencias en supervivencia dependen, en la mayoría de los casos, de las diferencias propias entre las especies, el tipo de cultivo y la densidad de siembra, la cual fluctúa entre 1 a 100 larvas/l. A partir de estos resultados, se observó que las diferencias en los coeficientes de supervivencia obtenidos al utilizar altas densidades, fueron

provocadas por un incremento en la presión de competencia intraespecífica, lo que se traduce en que los individuos más aptos logren alimentarse y por lo tanto desarrollarse de una manera más rápida que el resto, como ha sido reportado por Tucker (1998).

En el presente trabajo se desconocen las causas de la mortalidad de las larvas durante los primeros días debido a la dificultad de cuantificarlas. Aunque se determinó que los primeros 15 días de vida de las larvas fue el tiempo de mayor mortalidad (85 %), la cual no puede ser explicada de forma contundente, pero que, de acuerdo al modelo propuesto por Kuronuma y Fukusho (1984) para explicar los eventos críticos durante el desarrollo larvario, la mayor mortalidad esté asociada al primer período, que se relaciona con la dificultad de controlar los parámetros de calidad del agua (oxígeno disuelto y amonio total), malformaciones congénitas y fallas en el inflado de la vejiga natatoria por la formación de una película de grasa sobre la superficie del tanque al proporcionar los alimentos vivos enriquecidos, problemas de nutrición y enfermedades, entre muchas posibles causas.

7.1.4 Prueba de resistencia y análisis químico de juveniles.

Después de aplicar la prueba de resistencia a los peces se observaron coeficientes de supervivencia altos para la densidad de siembra más baja (86.1 % para 50 larvas/l). Aun así, para el resto de las densidades se obtuvieron supervivencias mayores al 60 %. Comparando estos resultados con lo obtenido para juveniles de 10 g de *Coryphaena hippurus*, donde se calcularon supervivencias de 5 a 64 % al exponerlos al aire durante 60 y 120 segundos y para larvas de *Pagrus major* y *Limanda yokohamae*, donde se obtuvieron supervivencias desde 0 hasta 73 % exponiéndolas al aire durante 30 segundos se

observó que la supervivencia para las larvas de cabrilla arenosa fue mayor (Kraul *et al.*, 1993; Kanazawa, 1997) pero cabe resaltar que estas comparaciones no son equivalentes por las modificaciones realizadas a la prueba de resistencia en este trabajo.

Los análisis de lípidos totales realizados en este estudio no fueron estadísticamente diferentes entre las densidades (19.18 % en 50 larvas/l, 13.22 % en 100 larvas/l, 13.10 % en 150 larvas/l y 16.22 % en 200 larvas/l). Aunque, estos porcentajes son más bajos que los reportados por Rodríguez *et al.* (1997), en larvas de *Sparus aurata*, las cuales se cultivan de manera comercial, donde se cuantificaron porcentajes de 20.5 a 23.2 %. Por otra parte, Ozkizilik y Chu (1994), en larvas de *Morone saxatilis*, determinaron porcentajes de lípidos superior a 30 %. Cabe resaltar que la resistencia al manejo depende de la concentración de ácidos grasos poliinsaturados los cuales no fueron cuantificados durante esta investigación. Por lo cual no es posible atribuir la resistencia obtenida al total de los lípidos, siendo imprescindible realizar el perfil de ácidos grasos en especial de la serie n-3. Por lo que es importante adicionar cantidades adecuadas y suficientes de emulsiones enriquecedoras a los diferentes alimentos (McEvoy *et al.*, 1998). Es necesario resaltar, que a pesar de haber puesto mucho cuidado durante el enriquecimiento de los alimentos vivos (rotíferos y nauplios de *Artemia*), enriqueciéndolos de la forma y con las cantidades recomendadas por el productor, además de adicionar copépodos, *Artemia* adulta y eleuteroembriones como alimento a partir del día 20 (Kraul, 1993) se requieren realizar mayores investigaciones sobre los requerimientos nutricios óptimos, además de la

disponibilidad y la frecuencia alimenticia, los cuales conferirán una mayor resistencia al manejo de las larvas (Rainuzzo *et al.*, 1997).

7.2 NIVEL DE PROTEÍNA (EXP. 2).

7.2.1 Crecimiento de juveniles.

En el presente estudio, se detectaron diferencias en cuanto al peso húmedo entre los peces alimentados con la dieta de 45 y 50 % de proteína comparados con los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína cruda, los cuales tuvieron un menor peso. Este mismo comportamiento, se observó entre las tasas de crecimiento de los diferentes niveles de proteína, donde la mayor tasa fue la de los peces alimentados con 45 % de proteína (0.0174), sin ser diferente estadísticamente a la de los peces alimentados con la dieta de 50 % de proteína cruda (0.0173), pero sí en comparación con los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína cruda (0.0166).

Lo anterior concuerda con las investigaciones de Mohanty y Samantaray (1996), los cuales observaron que en la medida que se incrementa el nivel de proteína en la dieta las tasas de crecimiento de los peces también se incrementan, pero si el nivel de proteína es excedido, las tasas de crecimiento se mantienen constantes o decrecen, debido a que parte de la energía obtenida de la proteína dietaria es utilizada para excretar el exceso de aminoácidos absorbidos (Brett, 1979; Jaucey, 1982) y para el anabolismo de los lípidos provocando la acumulación de grasas en tejidos y en músculo (Degani *et al.*, 1989; Parazo, 1990 Swann *et al.*, 1994; Ballestrazi *et al.*, 1994).

En cuanto a las longitudes de los peces no se observaron diferencias entre los niveles de proteína evaluados. Lo cual se piensa está relacionado con el

instrumento de medición utilizado, ya que solamente tiene una precisión de 0.1 cm, por lo que las diferencias entre los peces no pudieron ser detectadas. Aunque esto aun debe ser corroborado.

7.2.2 Índices de crecimiento y calidad del alimento.

Los índices de crecimiento no pusieron en evidencia diferencias significativas entre los niveles de proteína, aunque si ciertas tendencias, donde la tasa de crecimiento específica (SGR), fue mayor para los peces alimentados con la dieta de 45 % de proteína (1.74 %/día), seguidos de los peces alimentados con la dieta de 50 % de proteína (1.73 %/día) y finalmente la de los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (1.66 %/día). Comparando estos resultados con otras investigaciones donde se utilizaron una amplia gama de niveles de proteína, como es el caso del trabajo de Moskness *et al.* (1995) con *Anarchias lupus* en los cuales se han calculado valores de 0.29 %/día para un nivel óptimo de proteína de 47 %, mostrando una tasa de crecimiento baja en comparación con la cabrilla: Mientras que en la investigación de Tacon *et al.* (1995) calcularon valores de 2.25 %/día para *Epinephelus tauvina* para 55 % de proteína óptima y de 2.96 %/día observado con *Lates calcalifer* para 55 % de proteína óptima. Además, Parazo (1990) calcularon valores de 3.77 %/día para *Siganus guttatus* para un nivel óptimo de proteína de 35 %, siendo mayores a los de la cabrilla, con lo que se demuestra que al aumentar el nivel de proteína en la dieta se incrementa el crecimiento, aunque estas diferencias en las tasas específicas de crecimiento dependen principalmente de las diferencias entre las especies y su edad. En cuanto a la comparación de la tasa absoluta de crecimiento (TCA), se observó una tendencia en la que conforme aumentó el nivel de proteína en la dieta, se

incrementó el peso en gramos al día (0.36 a 0.40 g/día). Al comparar este resultado con los obtenidos por Grayeb-Del Alamo *et al.* (1998), durante la fase de preengorda en jaulas flotantes, se determinaron tasas menores (0.27 a 0.32 g/día), debido a otros factores los cuales no pueden ser controlados para este tipo de cultivo. En la investigación realizada por Gracia-López y Castelló-Orvay (1996), con juveniles de *Epinephelus marginatus* (=guaza), se determinaron tasas de crecimiento absoluto de 0.2 a 0.43 g/día, similares a las de la cabrilla arenosa por lo que se considera que el alimento utilizado durante este estudio, cubrió de manera más apropiada los requerimientos nutricionales de los juveniles de la cabrilla arenosa que en el estudio de Grayeb-Del Alamo *et al.* (1998) llegando a niveles similares a los de otras especies.

En el caso de la ganancia en peso porcentual (WG), se observó la misma tendencia, donde al incrementar el nivel de proteína, se incrementó la ganancia en peso; los valores que se encontraron en esta investigación (330 a 358 %), fueron mayores que los observados para otras especies, como es el caso del híbrido de *Morone*, con una ganancia de 88 a 162 % (Swann *et al.*, 1994), y de *Epinephelus salmoides*, con una ganancia de 167 a 257 % (Teng *et al.*, 1978). Mientras que el estudio de Yousif *et al.* (1996) al compararlos con juveniles de *Siganus canaliculatus*, (298 a 425 %) y de juveniles de *Dicentrarchus labrax* (416 a 539 %), se denotaron valores menores para la cabrilla arenosa (Pérez *et al.*, 1997); aunque, estos valores dependen de la especie y la talla o peso inicial de los peces en cultivo, por lo que se considera que el crecimiento de la cabrilla arenosa es similar que el de otras especies que actualmente se cultivan de manera

comercial, pero se requiere mayor investigación en otros campos para incrementar aun más el crecimiento obtenido.

En cuanto al factor de conversión alimenticio (FCA), los ejemplares que consumieron la menor cantidad de alimento con relación a su ganancia en peso, fueron los peces alimentados con la dieta de 50 % de proteína (1.43), seguidos de los peces alimentados con la dieta de 45 % de proteína (1.53) y el mayor factor se observó para los peces alimentados con la dieta de 40 % de proteína (1.60). De esta forma, se observó esta misma tendencia en el caso de *Epinephelus malabaricus* (=guaza) con valores de 1.3 (Gracia-López y Castelló-Orvay, 1996); para *Epinephelus salmoides* de 1.67 a 2.85 (Teng *et al.*, 1978); para el híbrido de *Morone* de 1.01 a 1.37 (Tucker *et al.*, 1993); con *Sciaenops ocellatus* de 2.14 a 2.59 (Serrano *et al.*, 1992; Moon y Gatlin III, 1994); existiendo una relación inversamente proporcional ya que al aumentar el nivel de proteína el factor de conversión alimenticio disminuye (Mohanty y Samantaray, 1990), siendo en términos generales valores similares a los reportados en este trabajo para la cabrilla arenera. Finalmente, al comparar con la investigación de Grayeb-Del Alamo (com. pers.), al cultivar cabrillas en jaulas flotantes utilizando una dieta semihúmeda peletizada a partir de alimento fresco (atún y calamar), se determinó un factor de conversión alimenticio para la etapa de engorda de 3.2 mayor a los obtenidos en este trabajo. Sin embargo, cabe resaltar que para la alimentación de los peces en este trabajo se realizó con dietas semihúmedas, elaboradas con ingredientes secos. Por lo anterior, se corrobora que se ha avanzado de manera importante en el campo de la nutrición de la cabrilla arenera.

Las tasas de eficiencia proteica (PER), observadas en este trabajo, fueron de 1.34 a 1.50, indicando que en la medida que el nivel de proteína aumentó, la eficiencia en el consumo de proteína disminuyó siendo similares a las investigaciones de Robaina *et al.* (1997) con *Sparus aurata*, calculando valores de 1.2 a 1.5 para un nivel de proteína de 42 %, para *Dicentrarchus labrax* con valores de 1.18 a 1.66 para un nivel de proteína entre 45 y 50 % (Ballestrezi *et al.*, 1994; Pérez *et al.*, 1997). Mientras que en otros estudios se reportaron eficiencias mayores como en el estudio de Degani *et al.* (1989) cultivando juveniles de *Clarias gariepinus*, los cuales reportaron valores de 1.02 a 2.66 para un nivel de proteína de 40 %. Teng *et al.* (1978) con *Epinephelus salmoides*, calcularon valores desde 1.04 a 2.27 para un nivel de proteína de 50 % y finalmente Chen y Tsay (1994) con *Epinephelus malabaricus* (=guaza) calcularon valores de 1.97 a 3.01 para un nivel de proteína de 48 %. Aunque estas diferencias van a depender del tipo de cultivo empleado, el cual permita optimizar la alimentación, evitando al máximo las pérdidas, así como de la capacidad de asimilación de proteína dietaria para cada especie (Alvarez-Lajonchere y Hernández-Molejón, 1994).

Los valores proteicos productivos calculados (PPV) para la cabrilla arenera en este trabajo variaron de 44.22 a 43.49 %, siendo mayor para los peces alimentados con la dieta de 45 % de proteína. En relación con estos valores, las estimaciones hechas para otras especies, son diferentes en la medida que los peces presentan mayor o menor capacidad de asimilación proteica dependiendo de la especie, la edad, el sexo y los requerimientos nutricionales. De esta manera, en el caso de *Siganus canaliculatus* y *Siganus guttatus*, sus valores fueron fijados desde 23.1 hasta 60.7 %, aumentando en la medida que se incrementa la cantidad

la dieta, aunque estos valores no son tan altos como en el caso de la cabrilla arenera, debido a las características morfológicas de esta especie (Webster *et al.*, 1997). De forma similar los factores de condición calculados para *Epinephelus salmoides* de 1.46 a 1.57 (Swann *et al.*, 1994) fueron menores a los obtenidos para la cabrilla arenera. Mientras que para *Epinephelus malabaricus* (=guaza) el factor de condición calculado (2.98) fue similar a los calculados en este trabajo (Gracia-López y Castelló-Orvay, 1996). Estas diferencias varían dependiendo de la especie, forma del pez, talla, edad, sexo y tipo de cultivo, aunque en este estudio un factor de condición de 3 puede ser apropiado para comparar la condición general de los organismos de la misma especie o cercanamente emparentados. Sin embargo, es necesario que este índice se analice en conjunto con el estado fisiológico de los organismos. Es importante resaltar, que en algunas ocasiones el incremento en peso esta dado por un exceso de grasa en los órganos, lo cual no es adecuado en un nivel de producción comercial. En esta investigación, se observó que la condición de los peces fue mejor que la condición de los peces en la investigación de Grayeb-Del Alamo *et al.* (1998) aunque se observó un ligero exceso de grasa en la cavidad mesentérica y sobre los órganos, en especial en los peces alimentados con la dieta de 50 % de proteína.

7.2.3 Análisis químicos de la cabrilla arenera.

Las tendencias observadas entre el pescado entero al inicio y al final del experimento, en especial en cuanto al porcentaje de cenizas en el que si se detectó significancia, pueden ser atribuidas a dos factores principales: el tipo de dieta empleado durante la etapa de acondicionamiento a la dieta (1 mes) antes de iniciar el experimento, la cual fue mayor en lo referente a los porcentajes de

proteína cruda (50.47 %), extracto etéreo (19.8 %) y cenizas (13.94 %) comparada con las dietas experimentales. En segundo lugar, las diferencias en los requerimientos nutricionales de acuerdo al desarrollo de los peces, ya que a lo largo del tiempo la tasa de crecimiento tiende a disminuir en la medida que se presentan diversos cambios fisiológicos y metabólicos (Balon, 1984). La composición proximal de los peces, denotó una tendencia a acumular mayor cantidad de lípidos, tanto en el pescado entero, como en el hígado, así como una disminución del porcentaje de proteína en estos mismos a medida que se incrementó el nivel de proteína en la dieta. Esta misma relación se encontró en las investigaciones de Serrano *et al.* (1992), Chen y Tsay (1994), Shiau y Lan (1996), Pérez *et al.* (1997) y Robaina *et al.* (1997), donde al aumentar el nivel de proteína en la dieta se incrementó la cantidad de lípidos en los tejidos, hasta el grado de tener peces gordos con grandes cantidades de grasa acumulada en los tejidos y en algunas ocasiones en el músculo.

En el caso del músculo, se detectó que el porcentaje de proteínas aumentó y el porcentaje de lípidos disminuyó, conforme el porcentaje de proteína dietaria se incrementó. Esto se ha relacionado con la calidad de la dieta, que aparentemente, cubrió los requerimientos nutricios mínimos de la cabrilla arenera, sin observarse una acumulación de lípidos en el músculo, lo cual es adecuado, de acuerdo a las investigaciones de Shiau y Lan (1996), donde el incremento de lípidos en el músculo, puede ser causado por un exceso de proteína o carbohidratos en la dieta, lo que puede no ser agradable para el consumidor.

En cuanto a los porcentajes obtenidos de proteína y de lípidos para la cabrilla, tanto en el músculo, el pescado entero y el hígado, se considera que son

similares para especies emparentadas como es el caso de *Dicentrarchus labrax*, *Epinephelus malabaricus*, híbridos de *Morone*, *Trachinotus carolinus*, *Sparus aurata* y *Sciaenops ocellatus*; los cuales varían en el caso del filete desde 75 hasta 80 % de proteína y de 25 a 30 % de lípidos; para el pez completo entre 51 hasta 63 % de proteína y de 18 a 30 % de lípidos; para el hígado desde 5 hasta 10 % de proteína y de 50 a 80 % de lípidos (Serrano *et al.*, 1992; Ballestrezzzi *et al.*, 1994; Chen y Tsai, 1994; Swann *et al.*, 1994; Pérez *et al.*, 1997; Shiau y Lan, 1996; Asknes *et al.*, 1996; Lazo *et al.*, 1998). Además de ser mayores los porcentajes de estos componentes en cuanto a los requerimientos nutricionales con especies menos relacionadas filogenéticamente; lo que demuestra que para las especies de percoideos marinos incluyendo a la cabrilla estos requerimientos son mayores a los de otras especies de hábitos herbívoros y omnívoros (Dabrowski, 1977; Ogino, 1980; Wong *et al.*, 1985; Webster *et al.*, 1992; Robinson y Robinette 1994).

Cabe mencionar, que en esta investigación se pretendió desarrollar una dieta lo suficientemente completa para los juveniles de la cabrilla arenera, que permitiera mantener en buenas condiciones a los organismos mientras se continúan las investigaciones sobre los requerimientos nutricionales óptimos para esta especie. Siendo la presente tesis una de las primeras investigaciones en el campo de la nutrición de peces marinos en México, y dado que se ha logrado superar lo realizado anteriormente, se requiere continuar con este tipo de investigaciones y así lograr mayores avances en el desarrollo de la biotecnología sobre el cultivo de peces marinos en nuestro país.

8. CONCLUSIONES

8.1 DENSIDAD DE LARVAS (EXP. 1).

El sistema de circulación cerrada de cría de larvas (SCC-12), tuvo algunos problemas al controlar la calidad del agua, en especial el oxígeno disuelto y el amonio, sin embargo el crecimiento y la supervivencia obtenidas, son similares a los de otras especies que se cultivan comercialmente, por lo que se considera que es lo bastante eficiente para lograr un cultivo exitoso de larvas de cabrilla arenera.

Se observó un menor crecimiento y un aumento en la dispersión de tallas conforme la densidad de siembra aumentó, detectándose una mayor incidencia de canibalismo observado, en especial en las altas densidades (150 y 200 ind/l).

La supervivencia de las larvas, disminuye al incrementarse la densidad de siembra, sin embargo, los coeficientes obtenidos son mejores a los obtenidos en experiencias previas y similares a los de otras especies que se cultivan comercialmente en especial en la densidad de 50 ind/l.

Se considera que la densidad de siembra más adecuada en función del crecimiento y la supervivencia fue la de 50 ind/l, aunque se debe tomar en cuenta, que desde un enfoque productivo, no necesariamente esta densidad es la mejor, ya que se requiere considerar los aspectos de rentabilidad, con el fin de conocer al nivel de costo-beneficio, si el crecimiento y la supervivencia con mayores o menores densidades puede ser factible.

La resistencia al manejo de los juveniles cosechados al final del período larvario, se considera como alta, lo que está determinado durante el proceso de producción, y en la medida en que se conoce adecuadamente cada uno de sus componentes, se obtendrán peces de mejor calidad al pasar a la etapa de engorda.

La cabrilla arenera, es una especie con un gran potencial acuicultural, ya que en la actualidad el CICIMAR-IPN, cuenta con la capacidad de desarrollar la biotecnología para la producción de semilla bajo condiciones controladas y de forma intensiva.

8.2 NIVEL DE PROTEÍNA (EXP. 2).

La capacidad del sistema de circulación cerrada de cría de juveniles (SCC-22) es considerada como suficiente, al mantener los parámetros de calidad de agua por debajo de los niveles que pudieran afectar el crecimiento o la supervivencia de los juveniles de la cabrilla arenera.

De los niveles de proteína probados en esta experiencia, se considera que es adecuado el uso de 45 o 50 % en dietas prácticas en función del crecimiento, aunque es necesario determinar de forma más precisa el nivel óptimo de proteína; además que a escala comercial, sería más adecuado el uso de 45 % de proteína en la dieta, lo que disminuirá los costos por alimentación si se considera que la principal fuente de proteína en la dieta es la harina de sardina.

Desde un punto de vista práctico, la dieta que se utilizó, es considerada adecuada en relación con la aceptabilidad que tuvo por parte de los peces, además que el crecimiento de éstos, fue superior a los reportados en experiencias anteriores y se encuentra al mismo nivel que otras especies que en la actualidad se cultivan de forma comercial en diversos países.

Los índices de crecimiento y de calidad del alimento determinados para la cabrilla arenera, mostraron similitudes en relación con otras especies, por lo que el cultivo a una escala comercial sería factible, en la medida que se incremente la producción de semilla, se disminuya el costo de producción, se abran mercados adecuados y se integren canales de comercialización para el producto final.

Los análisis de composición de proteína y lípidos de la cabrilla arenera, mostraron que esta especie contiene altos niveles de proteína, en especial en el músculo, siendo similares a los reportados para otras especies de peces filogenéticamente relacionados.

RECOMENDACIONES

Densidad de larvas.

Se necesita mejorar la eficiencia del sistema de cría de larvas (SCC-12), ya sea incrementando la capacidad del filtro biológico, instalando inyectoros de oxígeno o realizando pruebas con densidades menores, además de aumentar la capacidad del sistema.

Es imprescindible estudiar el efecto de las interacciones intraespecíficas y realizar evaluaciones de la supervivencia desde el inicio del período larvario.

Nivel de proteína.

Se recomienda continuar con los estudios que permitan conocer los niveles óptimos de todos los componentes nutricionales durante el desarrollo de la cabrilla arenera, en especial en la fase de engorda en jaulas.

Se requiere realizar pruebas sobre el efecto del porceso de secado de las dietas sobre su calidad nutricional, además de evaluar la posibilidad de elaborar dietas completas con diferentes tipos de insumos locales dependiendo de su disponibilidad.

SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

Densidad de siembra.

Se sugiere realizar investigaciones de nutrición larvaria y de ontogenia enzimática tendientes a lograr el destete temprano durante su crianza con el fin de detectar el tiempo adecuado para alimentar con microdietas o microencapsulados.

Se requiere el desarrollo de una técnica estándar para probar la calidad de las larvas producidas, y relacionarlo con perfiles de ácidos grasos poliinsaturados tanto en larvas como en los alimentos vivos o dietas inertes.

Para complementar el conocimiento sobre su potencial acuicultural, se sugiere realizar un estudio de factibilidad, para determinar hasta que punto, la producción comercial de larvas de cabrilla arenera sería posible.

Nivel de proteína.

Se sugiere continuar con investigaciones de nutrición en cabrilla que permitan determinar las cantidades óptimas de los nutrimentos. Así como, estudiar la asimilación de las harinas que permitan lograr la sustitución parcial de harinas de pescado o calamar por harinas de origen terrestre, evaluando su efecto en el crecimiento y la composición química proximal de los peces. Investigar para cada etapa de crecimiento (preengorda, engorda y reproducción) los requerimientos óptimos en la dieta.

Es imprescindible evaluar el costo real de los juveniles producidos, para determinar el tiempo máximo que deben permanecer en el sistema cerrado de crianza antes de ser trasladados a las jaulas flotantes para continuar su crecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Abi-Ayad, S-M., E-A. C. Melard y P. Kastemont. 1997. Effects of n-3 Fatty acids in eurasian perch broodstock diet on egg fatty acid composition and larvae stress resistance. *Aquaculture International* 5:161-168.
- Al-Ameeri, A., A. Al-Marzouk, S.K. Teng y M.H. Khamis. 1982. Effects of stocking density on sobaity (*Acanthopagrus cuvieri*). *Ann. Res. Rep. Kuwait Inst. Sci. Res.* 1981:60-62.
- Alvaréz-Lajonchere, L. y O.G. Hernández-Molejón. 1994. Manual técnico para la producción piloto de juveniles de peces marinos. Centro de Investigaciones Pesqueras (Cuba). Universidad Juárez de Tabasco. 102 p.
- Asknes, A., T. Hjertnes y J. Opstvedt. 1996. Effect of dietary protein level on growth and carcass composition in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 145:225-233.
- Austreng, E. y T. Storebakken. 1984. Practical formulation of salmonid diets with emphasis on fat and protein. *Acts of the Norwegian, French Workshop on Aquaculture* 3:5-8.
- Avilés-Quevedo, A., M. Izawa, C. Zúñiga-Pacheco, R. Rodríguez-Ramos, U. Mc Gregor-Pardo, A. Arce-Rincón y L. Mendez-López. 1994. Estudio preliminar para evaluar el cultivo de *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) en jaulas flotantes. *Mem. X Simp. Int. Biol. Mar., La Paz, B.C.S., junio 1994*.
- Avilés-Quevedo, A., U. McGregor-Pardo, R. Rodríguez-Ramos, O. Hiraes-Cosio, M. Huerta-bello y M. Izawa. 1995. Biología y cultivo de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868). *SEPESCA México*, 85 p.
- Badui-Dergal, S. 1988. *Diccionario de tecnología de los alimentos*. Editorial Alhambra Mexicana, México. 300 p.
- Balon, E.K. 1984. Reflections on some decisive events in the early life of fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 113:178-185.
- Ballestrazzi, R., D. Lanari, E.D. Agaro y A. Mion. 1994. The effect of dietary level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 127:197-206.
- Blackburn, J. y W.C. Clarke. 1990. Lack of effect on growth and smolt quality in zero-age coho salmon. *Aquaculture Eng.* 9:121-131.

- Bligh, E.G. y W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37:911-917.
- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. 599-675 pp. In: W.S. Hoar ed., *Fish Physiology: Bioenergetics and growth*. VIII. New York. Academic Press.
- Brock, D., H.R. Robinette y J. Heinen. 1992. Culture system for evaluating live and formulated diets for larval fish. *Progr. Fish Cult.* 54:270-273.
- Cadena-Roa, M.A. y G. Roldán-Liebenson. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de cabrilla. SEPESCA-UABCS. México. 93 p.
- Castelló-Orvay, F. 1993. *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnológicos de la producción*. Publicaciones de la Universidad de Barcelona. 739 p.
- Coll-Morales, J. 1986. *Acuicultura Marina Animal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España. 669 p.
- Contreras-Olguín, M; R.A. Rueda-Jasso, E. Matus-Nivón, J.L. Ortiz-Galindo, S. Dumas y M. Osorio-Galindo. 1997. Crianza de larvas y juveniles de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus*. V Congreso Nacional de Ictiología, Mazatlán, Sinaloa. 3 - 5 febrero 1997.
- Coves, D., G. Dewavrin, G. Breuil y N. Devauchelle. 1991. Culture of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). 3-20 pp. In: McVey J.P. ed., *Finfish Aquaculture*. Boston. CRC Press.
- Chen, H-Y. y J-C. Tsay. 1994. Optimal dietary protein level for the growth of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*, fed semipurified diets. *Aquaculture* 119:265-271.
- Dabrowski, K. 1977. Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val). *Aquaculture* 12:63-74.
- Daniel, W.W. 1997. *Bioestadística*. LIMUSA, México. 756 p.
- Daniels, H.V., D.L. Berlinsky R.G. Hodson y C.V. Sullivan. 1996. Effects of stocking density, salinity, and light intensity on growth and survival of southern flounder *Paralichthys lethostigma* larvae. *J. World Aquaculture Soc.* 27:153-159.
- Davis, T.A. y R.R. Stickney. 1978. Growth response of *Tilapia aurea* to dietary protein quality and quantity. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:479-483.

- De Angelis, D.L., D.K. Cox y C.C. Countant. 1979. Cannibalism and size dispersal in young of the year largemouth bass: experiment and model. *Ecol. Mod.* 8:133-148.
- Degani, G., Y. Ben-Zvi y D. Levanon. 1989. The effect of different protein level and temperatures on feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1982). *Aquaculture* 76:293-301.
- Dhert, P., P. Divanach, M. Kentouri y P. Sorgeloos. 1998. Difficult marine fish larvae. *J. World Aquac. Soc.* 3:48-55.
- Down, C.E. y E.D. Houde. 1980. Combined effect of prey concentration and photoperiod on survival of larval sea bream, *Archosargus rhomboidalis* (Sparidae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 3:181-185.
- Ehrlich, K.F., M.C. Cantin, B. Rust y B. Grant. 1989. Growth and survival on larval and postlarval smallmouth bass fed a commercially prepared dry feed and/or *Artemia* nauplii. *J. World Aquac. Soc.* 20:1-6.
- Everhart, W.H., A.W. Eipper y W.D. Youngs. 1953. Principles of fishery science. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA. 753 p.
- FAO. 1997. Aquaculture production statistics.1986-1995. Roma. FAO 195 p.
- Fernández-Palacios, H., D. Montero, J. Socorro, M.S. Izquierdo y J.M. Vergara. 1994. First studies on spawning, embryonic and larval development of *Dentex gibbosus* (Rafinesque, 1810) (Osteichthyes, Sparidae) under controlled conditions. *Aquaculture* 122:63-73.
- Ferry, L.A., S.L. Stephens y G.M. Cailliet. 1997. Food habits of spotted sand bass (*Paralabrax maculatofasciatus*, Serranidae) from Bahia de Los Angeles, Baja California. *Bull. Southern California Acad. Sci.* 96:1-21.
- Fukuhara, O. 1990. Effects of temperature on yolk utilization, initial growth, and behaviour of unfed marine fish larvae. *Mar. Biol.* 106:169-174.
- Fukunaga, T. 1976. Production of common flounder (*Limanda yokohamae*) seeding operated in one rearing tank. Japan Sea-Farming Association, Bull. Technol. Study 5:37-44.
- Fushimi, T. 1979. Production of japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) seedling and damage occurring with special reference to the early stages and cultivation in net cages. Japan Sea-Farming Association, Bull. Technol. Study 8:53-61.

- Goytortúa-Bores, E., R. Civera-Cerecedo y S.G. Rocha-Meza. 1996. Manual de análisis químico proximal de insumos y alimentos. Manual Interno. CIBNOR. 50 p.
- Gracia-López, V. y F. Castelló-Orvay. 1996. Crecimiento del mero *Epinephelus marginatus* (=guaza) bajo distintas condiciones de cultivo. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura, Segundo Simposium. Avances y Perspectivas de la Acuicultura en Chile, Universidad Católica del Norte, Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Coquimbo, Chile.
- Grayéb-Del Alamo, T. y J.L. Ortiz-Galindo. 1997. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y la supervivencia de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* cultivadas en jaulas flotantes. V Congreso Nacional de Ictiología, Mazatlán, 3-5 feb. 1997.
- Grayeb-Del Alamo, T., J.L. Ortiz-Galindo, R. Civera-Cerecedo y S. Dumas. 1998. Effect of density on growth and survival during the nursery and growout of spotted sand bass in floating sea cages. *Aquicultura Brasil* 98. Recife, 2-6 nov.1998.
- Gurure, R.M., R.D. Moccia y J.L. Atkinson. 1995. Optimal protein requirements of young arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed practical diets. *Aquaculture Nutrition* 1:227-234.
- Hart, F.L. y H.J. Fisher. 1971. Análisis moderno de los alimentos. Editorial Acribia. España. 619 p.
- Heath, A.G. 1990. Water pollution and fish physiology. C.R.C., U.S.A. 245 p.
- Hecht, T. y S. Appelbaum. 1988. Observation on intraspecific aggression and coeal sibling cannibalism by larvae and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pices) under controlled conditions. *J. Zool.* 214:21-44.
- Hecht, T. y A. G. Pienaar. 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *J. World Aquac. Soc.* 24:246-261.
- Hepher, B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. LIMUSA. México. 406 p.
- Hiramoto, Y. y K. Kobayashi. 1980. Studies on artificial reproduction of the plaice, *Paralichthys olivaceus*. II. Rearing of the plaice in 10 L tanks. *Aquaculture* 28:152-158.
- Hirata, M. 1975. Studies on the mass rearing of larvae of the sea bream (*Pagrus major*) larvae. I. food value of minced short-necked clams (*Tapes philippinarum*) for the red sea bream fry. *Aquaculture* 22:20-123.

- Holt, G.J. y C.R. Arnold. 1983. Effects of ammonia and nitrite on growth and survival of red drum eggs and larvae. *Am. Fish. Soc.* 112:314-318.
- 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.* 7:115-129
- Jauncey, K. 1982. The effect of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapia *Sarotherodon mosambicus*. *Aquaculture* 27:43-54.
- Kanazawa, A. 1997. Effect of docosahexanoic acid and phospholipids on stress tolerance of fish. *Aquaculture* 155:129-134.
- Kendall, A.W., Jr, E.H. Ahlstrom y H.G. Moser. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. 11-22. In: H.G. Moser, W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall Jr y S.L. Richardson. *Ontogeny and systematics of fishes. An. Assoc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Pub. No.1.*
- Kim, B.G., A.C. Ostrowski y C. Brownell. 1993. Review of hatchery desing and techniques used at the oceanic institute for intensive culture of the mahimahi (*Coryphaena hippurus*) on a commercial scale. *TML Conf. Proc.* 3:179-190.
- Kraul, S.A.N. 1993. Larviculture of mahimahi *Coryphaena hippurus* in Hawaii, U.S.A. *J. World Aquac. Soc.* 24:410-420.
- Kraul, S.A.N., K. Brittain, R. Cantrell, T. Nagao, H. Ako, A. Ogasawara y H. Kitagawa. 1993. Nutritional factors affecting stress resistance in the larval mahimahi *Coryphaena hippurus*. *J. World Aquac. Soc.* 24:186-193.
- Kuronuma, K. y K. Fukusho. 1984. Rearing of marine larvae in Japan. *I.D.R.C. Ottawa.* 109 p.
- Landau, M. 1992. Introduction to aquaculture. John Wiley and Sons. E.U.A. 440 p.
- Lazo, J.P., D.A. Davis y C.R. Arnold. 1998. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*). *Aquaculture* 169:225-232.
- Leu, M-Y. 1994. Natural spwning and larval rearing of silver bream *Rhabdosargus sarba* (Forssål) in captivity. *Aquaculture.* 120:115-122.
- Leu, M-Y. y Y. Chou. 1996. Induced spawning and larval rearing of captive yellowfin porgy *Acanthopagrus latus* (Houttuyn). *Aquaculture* 143:155-166.
- Levens, P. 1993. Nutrient requirements of fish. National Research Council Nutrient Requirements of Domestic Animals. 32 p.

- Lewis, W.M. y D.P. Morris. 1986. Toxicity of nitrite to fish: A review. *Trans. Am. Fish. Soc.* 115:183-195.
- Li, S. y J.A. Mathias. 1982. Causes of high mortality among cultured larval walleyes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 111:710-721.
- Lin, B. y C.R. Arnold. 1983. The growth response of red fish (*Sciaenops ocellatus*). *Ann. World Maricult. Soc.* 21-25.
- Liu, H.W., R.R. Stickney, W.W. Dickhoff y D.A. McCaughran. 1993. Early larval growth of Pacific halibut *Hippoglossus stenolepis*. *J. World Aquac. Soc.* 24:482-485.
- Loadman, N.L., G.E.E. Moodie y J.A. Mathias. 1986. Significance of cannibalism in larval walleye (*Stizostedion vitreum*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:613-618.
- Losordo, T.M. 1991. Engineering considerations in closed recirculating systems. In: *Aquaculture Systems Engineering*. American Society of Agricultural Engineers. World Aquaculture Society 22nd Annual Meeting, San Juan, Puerto Rico. 16-20 junio 1991
- Lovell, R.T. 1972. Protein requirement of cage cultured channel catfish. *Proc. Ann. Conf. Southeast. Assoc. Game Fish.* 26:357-360.
- McEvoy, L.A., T. Naess, J.G. Bell y Ø. Lie. 1998. Lipid and fatty acid composition of normal and malpigmented Atlantic halibut (*Hippoglossus hippiglossus*) fed enriched Artemia: a comparison with fry fed wild copepods. *Aquaculture*. 163:237-250
- McKinnon, M.R. 1985. Barramundi breeding and culture in Thailand. Queensland Dept. of Primary Industries Study Tour Report. Songkhla, Thailand. 19 p.
- Millikin, M.R. 1983. Interactive effects of dietary protein and lipids on growth and protein utilization of age 0 striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 111:373-381.
- Mohanty, S.S. y K. Samantaray. 1996. Effect of varying levels of dietary protein on growth performance and feed conversion efficiency of snakehead *Channa striata* fry. *Aquaculture Nutrition* 2:89-94.
- Moksness, E., G. Rosenlund y O. Lie. 1995. Effect of fish meal quality on growth of juvenile wolfish, *Anarchias lupus* L. *Aquaculture Res.* 26:109-115.
- Moon, H.Y.L. y D.M. Gatlin III. 1994. Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 120:327-340.

- Muroga, K., M. Higashi y H. Keitoku. 1987. The isolation of intestinal microflora of farmed red sea bream (*Pagrus major*) and black seabream (*Acanthopagrus Schlegelii*) at larval and juvenile stages. *Aquaculture* 65:79-88.
- Nehr, O., J.P. Blancheton y E. Alliot. 1996. Development of an intensive culture system for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae in sea enclosures. *Aquaculture* 142:43-58.
- New, M.B., G.J., A.G.J. Tacon y I. Csavas. 1993. Farm-made aquafeeds. Proceedings of the Regional Expert Consultation. 14-18 dic. 1992. RAPA. 434 p.
- Ogino, C. y K. Saito. 1970. Protein nutrition in fish. The utilization of dietary protein by young carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 36:250-254.
- Ogino, C. 1980. Protein requirement of carp and rainbow trout. *Apl. Soc. Sci. Fish.* 46:385-391.
- Ortiz-Galindo, J.L. 1991. Ontogenia inicial de la mojarra rayada *Eugerres axillaris* Gunther, 1864. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. 36 p.
- Ozkizilcik, S. Y Chu F-L. E. 1994. Evaluation of omega-3 fatty acid enrichment of *Artemia* nauplii as food for striped bass *Morone saxatilis* Walbaum larvae. *J. World Aquac. Soc.* 25:147-154.
- Parazo, M.M. 1990. Effect of dietary protein and energy level on growth, protein utilization and carcass composition of rabbitfish, *Siganus guttatus*. *Aquaculture* 84:41-49.
- Pérez, L., H. González, M. Jover y J. Fernández-Carmona. 1997. Growth of european sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. *Aquaculture* 156:183-193.
- Pienaar, A.G. 1990. A study of coeval sibling cannibalism in larval and juveniles fishes and its control under culture conditions. Grahamstown, South Africa. Rhodes University. 235 p.
- Rainuzzo, J.R., K.I. Reitan y Y. Olsen. 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture* 155:103-115.
- Ricker, W.E. 1984. Computation and uses of central trend lines. *Can. J. Zool.* 62: 1897-1905.
- Riley, C.M., G.J. Holt y C.R. Arnold. 1995. Growth and morphology of larval and juvenile captive bred yellowtail snapper *Ocyurus chrysurus*. *Fish Bull.* 93:179-185.

- Robaina, L., F.J. Moyano, M.S. Izquierdo, J. Socorro, J. M. Vergara y D. Montero 1997. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture* 157:347-359.
- Robinson, E.H. y H.R. Robinette. 1994. Effects of dietary protein level and feeding regimen on growth and fattiness of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Appl. Aquacult.* 1:67-89.
- Rodríguez, C., J.A. Pérez, M. Díaz, M.S. Izquierdo, H. Fernández-Palacios y A. Lorenzo. 1997. Influence of the EPA/DHA ratio in rotifers on gilthead seabream (*Sparus aurata*) larval development. *Aquaculture* 150:77-89
- 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, CICIMAR-IPN. 62 p.
- Russell, D.J. y J.J. O'Brian. 1988. Small-scale water recirculating system for experimental rearing of fish eggs and larvae. *Prog. Fish Cult.* 50:247-247.
- Russo, C.R. y R.V. Thurston. 1991. Toxicity of ammonia, nitrite, and nitrate to fish. *Adv. World Aquac.* 3:58-89.
- Salhi, M. 1997. Estudio de los requerimientos lipídicos de larvas de dorada (*Sparus aurata*) alimentadas con microdietas. Departamento de Biología. Tesis de Doctorado. Universidad Las Palmas de Gran Canarias. 178 p.
- Santinha, P.J.M., E.F.S. Gomes y J.O. Coimbra. 1996. Effects of protein level of the diet on digestibility and growth of gilthead sea bream, *Sparus aurata* L. *Aquaculture Nutrition* 2:81-87.
- Serrano, J.A., G.R. Nenematipour y D.M. Gatlin III. 1992. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture* 101:283-291.
- Seto Inland Sea Fish-Farming Center. 1973. Present status of the production of scorpion (*Sebastes marmoratus*) seeding. Japan Sea-Farming Association, Bull. Technol. Study 2:43-48.
- Shiau, S. Y y C.W. Lan. 1996. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture* 145:259-266.
- Shuster, C. y H. Stelz. 1998. Reduction in the make-up water in semi-closed recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Eng.* 17:167-174.

- Sokal, R. y J. Rohlf. 1981. Biometry. W.H. Freeman and Company, New York. 859 p.
- Sorgeloos, P., P. Lavens, P. Leger y W. Tacket. 1991. State of the art in larviculture of fish and shellfish. In: Larvi'91 Fish & Crustacean Larviculture Symposium. (P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jaspers y F. Ollevier. Eds.). European Aquaculture Society, Special Publication. No. 15 Gent, Belgium.
- Spoor, W.A. 1984. Oxygen requirements of larvae of smallmouth bass, *Micropterus dolomieu* Lacepede, J. Fish Biol. 25:587-591.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1997. Bioestadística: Principios y Procedimientos. McGraw-Hill, México. 522 p.
- Steffens, E. 1989. Principles of fish nutrition. Halsted Press. U.S.A. 384 p.
- Stickney, R., J.D. Castell, R.W. Hardy, H.G. Ketola, R.T. Lovell y R.P. Wilson. 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy Press. Washington. 102 p.
- Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa. 309 pp.
- Swann, D.L., J.R. Riepe, J.D. Stanley, M.E. Griffin y P.B. Brown. 1994. Cage culture of hybrids striped bass in Indiana and evaluation of diets containing three levels of dietary protein. J. World Aquac. Soc. 25:281-288.
- Tabachek, J.L. 1986. Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of arctic char, *Salvelinus alpinus* L. J. Fish Biol. 24:139-143.
- Tacon, A.G.J. 1993. Feed formulation and on-farm feed management. 61-74. In: M. B. New, A.G.J. Tacon y I. Csavas. Farm-made aquafeeds. Thailandia.
- Tacon, A.G.J. 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species: alternative to fishmeal and other fisheries resources. FAO. Rome. 35 p.
- Tacon, A.G.J., M.J. Phillips y U.C. Barg. 1995. Aquaculture feeds and the environment: The asian experience. Wat. Sci. Tech. 31:41-59.
- Taniguchi, K. 1981. Survival and growth of larval spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*) in relation to temperature, prey abundance and stocking densities. Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. 178:507-508.
- Teng, S.K., T.E. Chua y P.E. Lim 1978. Preliminary observation on dietary protein requirement of estuary grouper *Epinephelus salmoides* Maxwell cultured in floating net cages. Aquaculture 15:257-271.

- Teng, S.K., S. Akatsu, K.M. Abdul-Elah, C.R. El-Zahr, N. Downing, A. Al-Marzouk y N. Ghazal. 1981a. Spawning, fingerling, production and market size culture of hamoor (*Acanthopagrus cuvieri*) in Kuwait, Ann. Res. Rep. Kuwait Inst. Sci. Res. 1980:66-71
- Teng, S.K., S. Akatsu, K.M. Abdul-Elah, A. Al-Marzouk, N. Downing, C.R. El-Zahr y K. Al-Ghenlas. 1981b. Spawning, fingerling, production and market size culture of hamoor (*Epinephelus tauvina*) in Kuwait, Ann. Res. Rep. Kuwait Inst. Sci. Res. 1980:71-74
- Theilacker, G.H. y A.S. Kimball. 1984. Comparative quality of rotifers and copepods as foods for larval fishes. Cal. Coop. Ocean. Fish Invest. Rep. 25:80-86.
- Tucker, J.W., R.M. Baptiste, F.A. Prahly y M.S. Clark. 1993. Growth of sunshine bass on dry feeds. Prog. Fish Cult. 55:199-203.
- Tucker, J.W. 1998. Marine fish culture. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, U.S.A. 750 p.
- Valerio, M. y G.W. Barlow. 1986. Ontogeny of young midas cichlids: a study of feeding, filial cannibalism and antagonism in relation of difference in size. Biol. Behaviour 11:16-35.
- Van Damme, P., S. Appelbaum y T. Hecht. 1989. Sibling cannibalism in koi carp, *Cyprinus carpio* L., Larvae and juvenile reared under controlled conditions. J. Fish Biol. 34:855-863.
- Walton, M.J., 1987. Metabolismo de proteínas y aminoácidos en peces. In: P. Lovel, Nutrición en Acuicultura I, 1987. Plan de Formación de Técnicos en Acuicultura, Madrid, España. 303 p.
- Watanabe, T. 1988. Fish Nutrition and Mariculture. JICA. Tokio, Japan. 233 p.
- Watanabe, T., M.S. Izquierdo, T. Takeuchi, S. Satoh y C. Kitajima. 1989. Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficacy in larval red seabream. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 55:1635-1640.
- Watanabe, T. 1991. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. In: Larvi'91 Fish & Crustacean Larviculture Symposium. Eds. P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jaspers y F. Ollevier. European Aquaculture Society, Special Publication. No. 15 Gent, Belgium.
- Weatherley, A.H. y H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth. Academic Press. Orlando, Florida. 443 p.

- Webster, C.D. y R.T. Lovell. 1990. Response of striped bass larvae fed brine shrimp from different sources containing different fatty acid combination. *Aquaculture*. 90:49-61.
- Webster, C.D., J.H. Tidwell, J.A. Clark y D.H. Yancey. 1992. Effects of feeding diets containing 34 and 38 % protein at two frecuencies on growth and body composition of channel catfish. *J. Appl. Aquacult.* 13:67-79.
- Webster, D.C., L.G. Tiu y J.H. Tidwell. 1997. Growth and body composition of juvenile hibrid bluehill *Lepomis cyanellus* X *L. macrochirus* fed practical diets containing varius percentages of protein. *J. World Aquac. Soc.* 28:230-240.
- Wedemayer, G.A. y. D.J. Mc Leay. 1981. Methods for determining the tolerance of fishes to enviromental stressors. 51-78. In: D. Pickering. *Stress and Fish*. Academic Press. London.
- Wilson, R.P. 1994. Requerimientos de aminoácidos en peces. Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Monterrey, Nuevo León 7-9 nov. 1994.
- Wise, D.J., C.R. Weirich y J.R. Tomasso. 1989. Toxicity of ammonia to red drum *Scianepos ocellatus* fingerlings with information on uptake and depuration. *J. World Aquac. Soc.* 20:188-192.
- Wise, D.J. y J.R. Tomasso. 1989. Acute toxicity of nitrite to red drum *Sciaenops ocellatus*: Effect of salinity. *J. World Aquac. Soc.* 20:193-198.
- Wong, K.W., T. Takeuchi y T. Watanabe. 1985. Optimum protein and digestible energy levels in diets for *Tilapia nilotica*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 51:141-153.
- Wong, I.H. y R. Chou. 1989. Dietary protein requirement of the early growth-out sea bass (*Lates calcalifer*, Bolch) and some observations on the performance of two practical formulated feeds. *Singapour J. Primary Ind.* 17:134-138.
- Yousif, O.M., M.F. Osman, A.A. Anawhi y T. Cherain 1996. Optimum protein to energy ratio for two size groups of rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). *Aquaculture Nutrition* 2:229-233.
- Zar, J.H., 1996. *Biostatistical Analysis*. Tercera Edición. Prentice Hall. N.J. USA. 718 p.

ANEXO I (Densidad de larvas)

Tabla a) Análisis de regresión y correlación de los parámetros ambientales

Densidad contra oxígeno disuelto.

R= .91818137 R²= .84305702 R² ajustada= .82736273

F(1,10)=53.717 p<.00003 Error std. estimado: 24.260

	BETA	Error std de beta.	B	Error std de b.	t(10)	P
Intersección			602.598631	65.5389094	9.19451722	3.4129E-06
O.D.	-0.91818137	0.12527688	-145.248923	19.8177975	-7.32921621	2.5139E-05

Densidad contra temperatura.

R= .06177500 R²= .00381615 R² ajustada= ----

F(1,10)=.03831 p<.84875. Error std. estimado: 61.120

	BETA	Error std de beta.	B	Error std de b.	t(10)	P
Intersección			-886.238303	5166.69724	-0.17152898	0.86722916
TEMP	0.061775	0.3156238	40.5973516	207.421931	0.19572353	0.84874648

Densidad contra amonio total

R= .66044387 R²= .43618611 R² ajustada= .37980472

F(1,10)=7.7363 p<.01940 Error std. estimado: 45.982

	BETA	Error std de beta.	B	Error std de b.	t(10)	P
Intersección			-62.8081037	68.8144853	-0.91271632	0.38286889
AMONIO	0.66044387	0.23744766	556.367714	200.029428	2.78142931	0.01940301

Densidad contra nitritos totales

R= .28646675 R²= .08206320 R² ajustada= ----

F(1,10)=.89400 p<.36668 Std. Error of estimate: 58.671

	BETA	Error std de beta.	B	Error std de b.	t(10)	P
Intersección			237.519363	120.202618	1.97599161	0.07638004
NITRITOS	-0.28646675	0.30297472	-413.273181	437.08852	-0.94551369	0.36668208

Densidad contra nitratos totales

R= .32951075 R²= .10857733 R² ajustada= .01943507

F(1,10)=1.2180 p<.29560 Error std. estimado: 57.817

	BETA	Error std de beta.	B	Error std de b.	t(10)	P
Intersección			198.260388	68.4467647	2.89656332	0.01592709
NITRATOS	-0.32951075	0.29856702	-57.6347767	52.2224049	-1.1036408	0.29559806

Densidad contra oxígeno disuelto y amonio total.

R= .92780533 R²= .86082274 R² ajustada= .82989445
F(2,9)=27.833 p<.00014 Std.Error of estimate: 24.081

	BETA	Error std de beta.	B	Error std de b.	t(9)	P
Intersección			502.579818	113.754647	4.41810361	0.00167579
OD	-0.81728599	0.15596539	-129.288084	24.672472	-5.24017551	0.00053464
AMONIO	0.16716934	0.15596539	140.825932	131.387554	1.07183617	0.31169242

Tabla b) Pruebas de Kolmogorov-Smirnov de normalidad por tiempo de vida de las larvas.

día 5	Densidad	N	D máxima	p
	50	35	0.120160958	p > .20
	100	32	0.12839641	p > .20
	150	31	0.14567696	p > .20
	200	32	0.110253606	p > .20
día 10	50	30	0.098364659	p > .20
	100	30	0.102279027	p > .20
	150	31	0.157255053	p > .20
	200	34	0.100594818	p > .20
día 15	50	31	0.165982139	p > .20
	100	34	0.111447141	p > .20
	150	35	0.085357057	p > .20
	200	37	0.108458858	p > .20
día 20	50	30	0.199090801	p < .20
	100	30	0.133364606	p > .20
	150	30	0.147879921	p > .20
	200	30	0.091094119	p > .20
día 25	50	30	0.121011062	p > .20
	100	31	0.12266218	p > .20
	150	32	0.119106069	p > .20
	200	32	0.075919861	p > .20
día 30	50	31	0.118706157	p > .20
	100	35	0.140438781	p > .20
	150	32	0.200905025	p < .15
	200	33	0.128490567	p > .20

Tabla c) Prueba de Levine de homogeneidad de la varianza entre réplicas.

	SC efecto	gl	CM efecto	SC error	gl	CM error	F	P
día 5 den 50	0.095305	2	0.04765	0.6938	32	0.0217	2.19787	0.12752
día 5 den 100	0.0136	2	0.0068	0.43992	29	0.0152	0.44826	0.64309
día 5 den 150	0.015677	2	0.00784	0.34571	28	0.0123	0.63486	0.53747
día 5 den 200	0.018432	2	0.00922	0.66857	29	0.0231	0.39976	0.67412

dia 10 den 50	0.06562	2	0.03281	0.52743	27	0.0195	1.67957	0.20535
dia 10 den 100	0.063321	2	0.03166	0.87922	27	0.0326	0.97226	0.39108
dia 10 den 150	0.011856	2	0.00593	0.39601	28	0.0141	0.41915	0.66167
dia 10 den 200	0.197428	2	0.09871	0.45457	31	0.0147	6.73194	0.30282
dia 15 den 50	0.566552	2	0.28328	3.77503	28	0.1348	2.1011	0.14119
dia 15 den 100	0.273925	2	0.13696	9.68667	31	0.3125	0.43832	0.64906
dia 15 den 150	0.159904	2	0.07995	11.0582	32	0.3456	0.23136	0.79477
dia 15 den 200	0.042119	2	0.02106	6.19698	34	0.1823	0.11554	0.89123
dia 20 den 50	0.114579	2	0.05729	9.95457	27	0.3687	0.15539	0.85684
dia 20 den 100	0.542928	2	0.27146	10.02	27	0.3711	0.73149	0.49049
dia 20 den 150	4.256606	2	2.1283	20.1677	27	0.747	2.84932	0.07538
dia 20 den 200	0.012186	2	0.00609	8.8697	27	0.3285	0.01855	0.98164
dia 25 den 50	1.404934	2	0.70247	52.2132	27	1.9338	0.36325	0.69876
dia 25 den 100	4.625768	2	2.31288	55.2544	28	1.9734	1.17205	0.32447
dia 25 den 150	3.219503	2	1.60975	85.0754	29	2.9336	0.54872	0.58357
dia 25 den 200	5.595816	2	2.79791	50.1671	29	1.7299	1.61738	0.21581
dia 30 den 50	4.697236	2	2.34862	127.972	28	4.5704	0.51387	0.60371
dia 30 den 100	12.54877	2	6.27439	131.591	32	4.1122	1.52579	0.23285
dia 30 den 150	6.933559	2	3.46678	153.634	29	5.2977	0.65439	0.52726
dia 30 den 200	2.158016	2	1.07901	166.53	30	5.551	0.19438	0.82437

Tabla d) ANOVA para la longitud notocordal o patrón por fecha.

	Gl efecto	CM efecto	gl error	CM error	F	p
dia 5	3	0.2247185	126	0.050869	4.418	0.0005
dia 10	3	0.6939539	121	0.079721	8.705	0.0001
dia 15	3	2.2020252	133	0.795124	2.769	0.0442
dia 20	3	9.7467852	116	1.536962	6.342	0.0005
dia 25	3	7.313168	121	6.924683	1.056	0.37048
dia 30	3	67.848083	127	13.35749	5.079	0.00205

Tabla e) Pruebas de Duncan en función del tiempo.

DIA 5

	{1}	{2}	{3}	{4}
Promedio	2.907162	2.906152	2.934771	2.750483
50 {1}		0.985624552	0.622053564	0.000000000
100 {2}	0.985624552		0.633940458	0.000000000
150 {3}	0.622053564	0.633940458		0.000000000
200 {4}	0.000000000	0.000000000	0.000000000	

DIA 10

	{1}	{2}	{3}	{4}
Promedio	3.882719	4.047911	3.797418	3.697659
50 {1}		0.020915866	0.23301369	0.000000000
100 {2}	0.020915866		0.000000000	0.000000000
150 {3}	0.23301369	0.000000000		0.163091242
200 {4}	0.000000000	0.000000000	0.163091242	

DIA 15

	{1}	{2}	{3}	{4}
Promedio	5.638856	5.548395	5.287305	5.082909
50 {1}		0.675252259	0.124633424	
100 {2}	0.675252259		0.226591408	
150 {3}	0.124633424	0.226591408		
200 {4}				

DIA 20

	{1}	{2}	{3}	{4}
Promedio	7.784228	7.824402	7.350180	6.596920
50 {1}		0.900444865	0.177832365	
100 {2}	0.900444865		0.165520802	
150 {3}	0.177832365	0.165520802		
200 {4}				

DIA 25

	{1}	{2}	{3}	{4}
Promedio	10.44228	10.22764	9.854608	9.337811
50 {1}		0.747235358	0.409583658	0.131949157
100 {2}	0.747235358		0.57538265	0.209468767
150 {3}	0.409583658	0.57538265		0.43774277
200 {4}	0.131949157	0.209468767	0.43774277	

DIA 30

	{1}	{2}	{3}	{4}
Promedio	15.98051	14.70665	13.82436	12.53008
50 {1}		0.158839345		
100 {2}	0.158839345		0.329121113	
150 {3}		0.329121113		0.152264297
200 {4}			0.152264297	

Tabla f) Análisis de covarianza entre rectas de regresión del modelo $Y=ae^{bx}$
Comparación entre las pendientes del modelo.

	S x2	S xy	S y2	n	b	SC residual	gl residual
DEN 50	13903.89785	924.1515612	65.85623518	186	0.066467085	4.430574731	184
DEN 100	14293.61979	902.0744294	63.0946491	192	0.063110286	6.1644741	190
DEN 150	13731.21693	835.6763411	59.02009307	189	0.060859598	8.161166978	187
DEN 200	14285.4798	842.7891762	57.09203403	198	0.058996211	7.370666207	196
REG ESTIM						26.12688202	757
REG COMUN	56214.21437	3504.691508	245.0630114		0.06234529	26.56200227	760
F calculada							
F (0.05,3,757)		2.6					
Bc		0.06234529					

Tabla g) Análisis de Tukey entre las pendientes de los tratamientos.

bB vs bA	bB - bA	SE	q calc	q (0.05,757,4)
50 vs 100	0.003356799	0.034513715	2.145252831	3.633
50 vs 150	0.005607487	0.034513715	3.547967203	3.633
50 vs 200	0.007470874	0.034513715	4.757379218	3.633
100 vs 150	0.002250688	0.034513715	1.433799726	3.633
100 vs 200	0.004114075	0.034513715	2.647193039	3.633
150 vs 200	0.001863387	0.034513715	1.186904338	3.633

Tabla h) Prueba de razón de varianzas entre densidades.

día 5	n	media	varianza		RV	F tab
den 200	32	2.75048245	0.0585132	d200/150	1.201067746	1.84
den 150	31	2.934770873	0.04871765	d200/100	1.672183845	1.84
den 100	32	2.906152245	0.03499209	d50/200	1.030090803	1.84
den 50	35	2.907162199	0.06027391	d150/100	1.392247731	1.84
				d50/150	1.237208839	1.84
				d50/100	1.722501199	1.84

día 10	n	media	varianza		RV	F tab
den 200	34	3.697659286	0.10399091	d200/150	1.007306322	1.84
den 150	31	3.797417663	0.05205817	d100/200	1.016762609	1.84
den 100	30	4.047911389	0.10573406	d200/50	1.008680009	1.84
den 50	30	3.882719063	0.05470634	d100/150	1.004170384	1.84
				d50/150	1.050869541	1.84
				d100/50	1.032755102	1.84

día 15	n	media	varianza		RV	F tab
den 200	37	5.08290862	0.54096442	d150/200	1.000000000	1.74
den 150	35	5.287305541	0.96933551	d100/200	1.000000000	1.74
den 100	34	5.548395293	1.16700747	d200/50	1.095949681	1.74
den 50	31	5.638855851	0.49360333	d100/150	1.203925222	1.84
				d150/50	1.054104397	1.84
				d50/100	1.060471131	1.84

día 20	n	media	varianza		RV	F tab
den 200	30	6.596919817	1.12875442	d150/200	1.000000000	1.84
den 150	30	7.350180097	2.69215463	d100/200	1.001744842	1.84
den 100	30	7.824402453	1.13072392	d50/200	1.059764748	1.84
den 50	30	7.784228103	1.19621414	d150/100	1.000000000	1.84
				d150/50	1.000000000	1.84
				d100/50	0.94525209	1.84

dia 25	n	media	varianza		RV	F tab
den 200	32	9.3378105	5.81286199	d150/200	1.651364161	1.84
den 150	32	9.854607756	9.59915196	d100/200	1.271343228	1.84
den 100	31	10.23725282	7.39014272	D200/50	1.197615656	1.84
den 50	30	10.45227894	4.85369572	D150/100	1.298912933	1.84
				D150/50		1.84
				D100/50	1.522580553	1.84

dia 30	n	media	varianza		RV	F tab
den 200	33	12.53310357	14.0557608	D150/200	1.072167297	1.84
den 150	32	13.82436464	15.070127	D200/100	1.14142161	1.84
den 100	35	14.70664907	12.3142585	D200/50	1.168083633	1.84
den 50	31	15.9805076	12.0331801	D150/100	1.223794921	1.84
				D150/50	1.252381071	1.84
				D50/100	1.023358611	1.84

Tabla i) Prueba de Kruskal – Wallis entre los coeficientes de supervivencia por día.

Día 15
H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 16
H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 17
H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 18

H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji ² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 19

H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji ² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 20

H (3, N= 12) = 8.774271 p =.0325

Ji ² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 21

H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji ² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 22

H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji ² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 23

H (3, N= 12) = 8.743591 p =.0329

Ji ² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 24

$H(3, N=12) = 8.743591$ $p = .0329$

$Ji^2(0.05,3)$		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	7
Grupo 3	150	3	18
Grupo 4	200	3	20

Día 25

$H(3, N=12) = 6.897433$ $p = .0753$

$Ji^2(0.05,3)$	7.81	n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	12
Grupo 3	150	3	19
Grupo 4	200	3	14

Día 26

$H(3, N=12) = 9.666668$ $p = .0216$

$Ji^2(0.05,3)$		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	17
Grupo 3	150	3	22
Grupo 4	200	3	6

Día 27

$H(3, N=12) = 9.666668$ $p = .0216$

$Ji^2(0.05,3)$		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	17
Grupo 3	150	3	22
Grupo 4	200	3	6

Día 28

$H(3, N=12) = 9.666668$ $p = .0216$

$Ji^2(0.05,3)$		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	17
Grupo 3	150	3	22
Grupo 4	200	3	6

Día 29

$H(3, N=12) = 9.461538$ $p = .0238$

$Ji^2(0.05,3)$		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	18
Grupo 3	150	3	21
Grupo 4	200	3	6

Día 30

H (3, N= 12) = 9.494737 p =.0234

$Ji^2 (0.05,3)$		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	18
Grupo 3	150	3	21
Grupo 4	200	3	6

Cosecha.

H (3, N= 12) = 9.358976 p =.0249

Ji² (0.05,3)		n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	33
Grupo 2	100	3	19
Grupo 3	150	3	20
Grupo 4	200	3	6

Tabla j) Comparación multiple no paramétrica de Kruskal – Wallis para el dia 30 (cosecha).

Comp.	Diferencia rangos	Error std.	q calc	q(0.05,inf,4)
50 VS 100	14	6.244998	2.24179415	3.63
50 VS 150	13	6.244998	2.081666	3.63
50 VS 200	27	6.244998	4.32346015	
150 VS 100	1	6.244998	0.16012815	3.63
100 VS 200	13	6.244998	2.081666	3.63
150 VS 200	14	6.244998	2.24179415	3.63

Tabla k) Comparación pareada entre proporciones poblacionales con respecto a la densidad inicial.

Comparaciones	P. ponderada	Var. Poderada	Z calculada	Z(0.01)
PR50/100	0.079466667	0.002704657		2.325
PR50/150	0.077216667	0.002516687		2.325
PR50/200	0.062293333	0.002206295		2.325
PR100/150	0.065053333	0.001838197	1.22704809	2.325
PR100/200	0.054644444	0.001607147		2.325
PR150/200	0.056904762	0.001444657		2.325

Tabla l) Comparación pareada entre proporciones poblacionales respecto al número de larvas vivas y muertas a las que se les aplicó la prueba de resistencia.

Comparaciones	P. ponderada	Var. Poderada	Z calculada	Z(0.01)
PR50/100	0.777777778	0.07408341	1.61925162	2.325
PR50/150	0.717073171	0.06849074		2.325
PR50/200	0.765625	0.06538028	1.65096331	2.325
PR100/150	0.68115942	0.07008714	0.77638116	2.325
PR100/200	0.726804124	0.06804324	0.17664108	2.325

PR150/200	0.695970696	0.05574358	1.1917708	2.325
-----------	-------------	------------	-----------	-------

Tabla m) Prueba de Kruskal – Wallis comparando el porcentaje de proteínas de las larvas a las que se les aplicó la prueba de resistencia por densidades.

$H(3, N=12) = 3.307692$ $p = .3466$

$Ji^2(0.05,3)$	7.815	n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	20
Grupo 2	100	3	20
Grupo 3	150	3	27
Grupo 4	200	3	11

Tabla n) Prueba de Kruskal – Wallis comparando el porcentaje de lípidos de las larvas a las que se les aplicó la prueba de resistencia por densidades.

$H(3, N=12) = 7.102567$ $p = .0687$

$Ji^2(0.05,3)$	7.815	n	Suma de rangos
Grupo 1	50	3	32
Grupo 2	100	3	13
Grupo 3	150	3	11
Grupo 4	200	3	22

Tabla o) Correlación entre el porcentaje de supervivencia y lípidos totales.

$R = .38171964$ $R^2 = .14570988$ Ajustada $R^2 = .06028087$
 $F(1,10) = 1.7056$ $p < .22080$ Error estándar de la estimación: .12007

	Beta	Error std de beta.	b	Error std de beta	t(10)	P
Intersección			0.52648252	0.17190636	3.06261234	0.01199094
% Lípidos	0.38171964	0.29228242	1.42767917	1.09317278	1.3059959	0.22079618

ANEXO II (Nivel de proteína)

Tabla a) Pruebas de Kolmogorov-Smirnov para los juveniles y por fecha.

Normalidad por biometría.

PESO

	N	max D	p
DIA0	378	0.065047	$p < .10$
DIA18	372	0.063765	$p < .10$
DIA35	361	0.055592	$p > .20$
DIA49	358	0.058531	$p < .20$
DIA63	350	0.053824	$p > .20$
DIA 78	348	0.07261	$p < .10$
DIA93	346	0.066623	$p < .10$

LONGITUD PATRON

	N	max D	p
DIA0	378		$p < .01$
DIA18	372		$p < .01$
DIA35	361	0.067452	$p < .10$
DIA49	358		$p < .01$
DIA63	350	0.069155	$p < .10$
DIA 78	348	0.06489	$p < .15$
DIA93	346	0.061519	$p < .15$

LONGITUD CEFALICA

	N	max D	p
DIA0	378		$p < .01$
DIA18	372		$p < .01$
DIA35	361		$p < .01$
DIA49	358		$p < .01$
DIA63	350		$p < .01$
DIA 78	348		$p < .01$
DIA93	346		$p < .01$

ALTURA MAXIMA

	N	max D	p
DIA0	378		$p < .01$
DIA18	372		$p < .01$
DIA35	361		$p < .01$
DIA49	358		$p < .01$
DIA63	350		$p < .01$
DIA 78	348		$p < .01$
DIA93	346		$p < .01$

Tabla b) Prueba de Levine de homogeneidad de varianza entre réplicas.

	SC efecto	gl efecto	CM efecto	SC error	gl error	CM error	F	P
DOP50	0.015632	2	0.007816	23.11958	123	0.187964	0.041582	0.959284

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

DOP45	0.211324	2	0.105662	24.13849	123	0.196248	0.53841	0.585045
DOP40	0.022136	2	0.011068	22.29916	123	0.181294	0.06105	0.940804
D18P50	1.925126	2	0.962563	132.1087	118	1.119565	0.859765	0.425896
D18P45	0.901137	2	0.450568	98.41259	122	0.806661	0.55856	0.573488
D18P40	0.289969	2	0.144985	115.8988	123	0.942266	0.153868	0.85755
D35P50	20.92128	2	10.46064	565.6593	118	4.793723	2.182153	0.11733
D35P45	1.242147	2	0.621073	436.5207	115	3.795832	0.16362	0.849262
D35P40	8.276687	2	4.138343	404.199	119	3.39663	1.218367	0.299374
D49P50	40.05615	2	20.02807	1300.922	118	11.02476	1.816644	0.167087
D49P45	2.030494	2	1.015247	972.1684	112	8.680075	0.116963	0.889727
D49P40	20.03715	2	10.01858	882.7038	119	7.417679	1.350635	0.263018
D63P50	65.70286	2	32.85143	2222.104	114	19.49214	1.685368	0.189962
D63P45	5.16164	2	2.58082	1680.579	112	15.00517	0.171995	0.842205
D63P40	60.87771	2	30.43886	1409.655	115	12.25787	2.483209	0.087941
D78P50	61.70179	2	30.85089	3488.27	114	30.59886	1.008237	0.368092
D78P45	14.07619	2	7.038095	2585.245	111	23.2905	0.302187	0.739806
D78P40	129.3188	2	64.65938	2343.193	114	20.55432	3.14578	
D93P50	161.5303	2	80.76513	4986.402	113	44.12745	1.83027	0.165092
D93P45	107.2654	2	53.63272	4340.602	111	39.10452	1.371522	0.257986
D93P40	119.9886	2	59.99428	2960.341	113	26.19771	2.290058	0.105942

Tabla c) Análisis de varianza con respecto al peso de los peces en función del nivel de proteína en la dieta.

	gl efecto	CM efecto	gl error	CM error	F	p
DO	2	1.476199	375	0.648613	2.275931	0.104118
D18	2	5.52094	369	3.070988	1.797773	0.167115
D35	2	57.21838	358	12.3291	4.640921	
D49	2	84.4444	355	27.12942	3.112651	
D63	2	99.75637	347	46.83302	2.130044	0.120383
D78	2	207.5481	345	74.29492	2.793571	0.062587
D93	2	367.6808	343	108.687	3.382934	

Tabla d) Pruebas LSD de comparaciones pareadas del peso de los peces según el nivel de proteína en la dieta.

DIA 35

	{1}	{2}	{3}
	20.36639	20.43729	21.59240
40 {1}		0.875827	
45 {2}	0.875827		
50 {3}			

DIA 49

	{1}	{2}	{3}
	26.68361	27.44965	28.34942
40 {1}		0.258571	0.016331
45 {2}	0.258571		0.185538
50 {3}		0.185538	

DIA 93

	{1}	{2}	{3}
	43.13138	45.84193	46.48940
40 {1}		0.452776	0.144602
45 {2}	0.452776		0.637998
50 {3}		0.637998	

Tabla e) Análisis de las tasas de crecimiento en el crecimiento de los peces por nivel de proteína.

PESO	S x2	S xy	S y2	n	b	SC RESID	GL RESID
Proteína 50%	790050.15	13658.57	273.7223	844	0.01728	37.589	842
Proteína 45%	781113.00	13637.41	270.1458	827	0.01745	32.050	825
Proteína 40%	790453.42	13150.33	252.5580	847	0.01663	33.783	845
REG ESTIM						103.423	2512
REG COMUN	2361616.5	40446.32	796.4262		0.01712	103.720	2513
REG TOTAL				2518			2516
F calculada		3.52					
F (0.05,2,2513)		3					

bB vs bA	bB - bA	SE	q calc	q (0.05,2513,3)
50 vs 45	0.000170725	0.041171934	0.745734662	3.314
50 vs 40	0.000651791	0.041171934	2.855553526	3.314
45 vs 40	0.000822515	0.041171934	3.5932476	3.314

Tabla f) Análisis de Kruskal-Wallis para la longitud patrón, longitud cefálica y altura máxima por fecha.

Longitud patrón

H (2, N= 378) = .2815197 p =.8687

DIA 0	Código	n	Suma de rangos
Grupo 1	40	126	23688.5
Grupo 2	45	126	24395
Grupo 3	50	126	23547.5

H (2, N= 372) = 2.557250 p =.2784

D18	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	126	23252
Grupo 2	45	125	22115.5

Grupo 3	50	121	24010.5
---------	----	-----	---------

H (2, N= 361) = 13.00869 p =.0015

D35	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	122	23915
Grupo 2	45	118	23038.5
Grupo 3	50	121	23687.5

H (2, N= 358) = .2603773 p =.8779

D49	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	122	22113.5
Grupo 2	45	115	20177.5
Grupo 3	50	121	21970

H (2, N= 350) = .0523783 p =.974

D63	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	118	20509
Grupo 2	45	115	20245.5
Grupo 3	50	117	20670.5

H (2, N= 348) = 1.035785 p =.5958

D78	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	117	19920
Grupo 2	45	114	20786.5
Grupo 3	50	117	20019.5

H (2, N= 346) = 2.469523 p =.2909

D93	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	116	18747.5
Grupo 2	45	114	20445.5
Grupo 3	50	116	20838

Longitud cefálica.

H (2, N= 378) = .0569290 p =.9719

D0	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	126	23729.5
Grupo 2	45	126	24103
Grupo 3	50	126	23798.5

H (2, N= 372) = 1.650251 p =.4382

D18	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	126	24632
Grupo 2	45	125	22326
Grupo 3	50	121	22420

H (2, N= 361) = 29.27572 p =.0000

D35	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	122	23915
Grupo 2	45	118	23038.5
Grupo 3	50	121	23687.5

H (2, N= 358) = .3140774 p =.854

D49	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	122	21429.5
Grupo 2	45	115	21041.5

Grupo 3	50	121	21790
---------	----	-----	-------

$H(2, N=350) = 5.747097$ $p = .0565$

D63	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	118	19367.5
Grupo 2	45	115	19425.5
Grupo 3	50	117	22632

$H(2, N=348) = 2.200205$ $p = .3328$

D78	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	117	21241
Grupo 2	45	114	20360
Grupo 3	50	117	19125

$H(2, N=346) = .7622612$ $p = .6831$

D93	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	116	19473.5
Grupo 2	45	114	19764
Grupo 3	50	116	20793.5

Altura máxima.

$H(2, N=378) = .2148569$ $p = .8981$

D0	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	126	24326.5
Grupo 2	45	126	23665
Grupo 3	50	126	23639.5

$H(2, N=372) = 3.197692$ $p = .2021$

D18	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	126	24723
Grupo 2	45	125	21660.5
Grupo 3	50	121	22994.5

$H(2, N=361) = 32.19921$ $p = .0000$

D35	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	122	24677.5
Grupo 2	45	118	20436
Grupo 3	50	121	22676

$H(2, N=358) = .8000628$ $p = .6703$

D49	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	122	21165.5
Grupo 2	45	115	20683.5
Grupo 3	50	121	22412

$H(2, N=350) = 3.222362$ $p = .1997$

D63	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	118	19790.5
Grupo 2	45	115	19512.5
Grupo 3	50	117	22122

$H(2, N=348) = .7346299$ $p = .6926$

D78	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	117	19854.5

Grupo 2	45	114	20607
Grupo 3	50	117	20264.5

$H(2, N=346) = 2.094817$ $p = .3509$

D93	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	116	18873
Grupo 2	45	114	20552.5
Grupo 3	50	116	20605.5

Tabla g) Comparación múltiple no paramétrica de Kruskal – Wallis.

LONGITUD PATRON DIA 35

Comp.	Diferencia entre rangos	Error std.	q calc	q(0.05,inf,3)
50 VS 40	5148.5	1135.45514	4.53430507	■
50 VS 45	928	1154.37939	0.80389515	3.31
45 VS 40	6076.5	1154.38038	5.26386286	■

LONGITUD CEFALICA DIA 35

Comp.	Diferencia entre rangos	Error std.	q calc	q(0.05,inf,3)
50 VS 40	8378.5	1135.45514	7.37897932	■
50 VS 45	655	1154.37939	0.56740445	3.31
45 VS 40	7723.5	1154.38038	6.69060229	■

ALTURA MAXIMA DIA 35

Comp.	Diferencia entre rangos	Error std.	q calc	q(0.05,inf,3)
50 VS 40	8451.5	1135.45514	7.44327072	■
50 VS 45	30	1154.37939	0.02598799	3.31
45 VS 40	8481.5	1154.38038	7.34723161	■

Tabla h) Análisis de Kruskal – Wallis entre los coeficientes de supervivencia y comparaciones pareadas entre las proporciones de dos poblaciones entre los niveles de proteína.

Kruskal-Wallis test: $H(2, N=9) = 2.505746$ $p = .2857$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	12.5
Grupo 2	45	3	11.5
Grupo 3	50	3	21

DENSIDAD	TOTAL	VIVOS	MUERTAS	% SUPERVIVENCIA
40	126	118	8	94
45	126	118	8	94
50	126	123	3	98
	P POND	SIGMA POND	VALOR	Z tab
PR50/100	0.936508	0.030721695	0	1.645
PR50/40	0.956349	0.025741512	1.54157767	1.645
PR50/45	0.956349	0.025741512	1.54157767	1.645

Tabla 1) Análisis de Kruskal – Wallis entre los índices de crecimiento por nivel de proteína.

Tasa de crecimiento específico (SGR).

$H (2, N= 9) = 2.4000 \text{ p } =.3012$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	9
Grupo 2	45	3	18
Grupo 3	50	3	18

Tasa de eficiencia proteica (PER).

$H (2, N= 9) = 3.822221 \text{ p } =.1479$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	22
Grupo 2	45	3	14
Grupo 3	50	3	9

Tasa de crecimiento absoluta (TCA).

$H (2, N= 9) = 2.755556 \text{ p } =.2522$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	9
Grupo 2	45	3	16
Grupo 3	50	3	20

Valor proteico (PPV).

$H (2, N= 9) = .6222229 \text{ p} =.7326$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	16
Grupo 2	45	3	17
Grupo 3	50	3	12

Factor de conversión alimenticio (FCA).

$H (2, N= 9) = 5.955554 \text{ p} =.0509$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	24
Grupo 2	45	3	13
Grupo 3	50	3	8

Factor de condición (FC).

$H (2, N= 9) = 5.803920 \text{ p} =.0549$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	6
Grupo 2	45	3	17.5
Grupo 3	50	3	21.5

Ganancia en porcentaje.

$H (2, N= 9) = 5.422221 \text{ p} =.0665$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	6
Grupo 2	45	3	19
Grupo 3	50	3	20

Tabla j) Análisis de Kruskal – Wallis entre la composición proximal de los peces por nivel de proteína (para hígado, músculo y pez completo).

Proteína en hígado.

$H (2, N= 9) = 5.600000 \text{ p} = .0608$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	24
Grupo 2	45	3	12
Grupo 3	50	3	9

Lípidos en hígado.

$H (2, N= 9) = 5.955554 \text{ p} = .0509$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	8
Grupo 2	45	3	13
Grupo 3	50	3	24

Cenizas en hígado.

$H (2, N= 9) = 1.688887 \text{ p} = .4298$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	20
Grupo 2	45	3	12
Grupo 3	50	3	13

Proteína en músculo.

$H (2, N= 9) = 1.422221 \text{ p} = .4911$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	11
Grupo 2	45	3	15
Grupo 3	50	3	19

Lípidos en músculo.

$H (2, N= 9) = 1.066667 \text{ p} = .5867$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	17
Grupo 2	45	3	17
Grupo 3	50	3	11

Cenizas en músculo.

$$H(2, N=9) = .8000000 \text{ p} = .6703$$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	40	3	12
Grupo 2	45	3	15
Grupo 3	50	3	18

Proteína en pescado entero.

$$H(3, N=12) = 6.407018 \text{ p} = .0934$$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	INICIO	3	20
Grupo 2	40	3	15
Grupo 3	45	3	11
Grupo 4	50	3	32

Lípidos en pescado entero.

$$H(3, N=12) = 6.282048 \text{ p} = .0987$$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	INICIO	3	23
Grupo 2	40	3	24
Grupo 3	45	3	25
Grupo 4	50	3	6

Cenizas en pescado entero.

$$H(3, N=12) = 8.897432 \text{ p} = .0307$$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	INICIO	3	
Grupo 2	40	3	
Grupo 3	45	3	
Grupo 4	50	3	

Calorías en pescado entero.

$$H(3, N=12) = 6.384615 \text{ p} = .0943$$

	Código	N	Suma de rangos
Grupo 1	INICIO	3	22
Grupo 2	40	3	25
Grupo 3	45	3	25
Grupo 4	50	3	6

Tabla k) Comparación múltiple no paramétrica de Kruskal – Wallis de la composición proximal en función del nivel de proteína para las cenizas en el pescado entero.

	RB-RA	SE	q	q (0.05, inf, 4)
inicio – 40	12	4.041451884	2.96923	3.633
inicio – 45	16	4.041451884	2.96923	3.633
inicio – 50	26	4.041451884	2.96923	3.633
40 – 45	4	4.041451884	0.989743	3.633
40 – 50	14	4.041451884	3.464102	3.633
45 – 50	10	4.041451884	2.474358	3.633

ANEXO III (Formulación de dietas)

Tabla a) Análisis químico proximal de insumos: Primera remesa (promedio±desv.std).

Muestra	Humedad %	Proteína %	Lípidos %	Cenizas %	Fibra %	E.L.N.	Energía Cal/g
H. Pescado	3.73±0.06	66.93±0.27	11.80±0.35	14.0±0.07	-	7.2	4809.72 ±9.78
H. trigo	8.21±0.13	14.38±0.38	8.97±0.27	2.43±0.04	1.09±0.22	73.13	4049.37 ±1.68
H. calamar	11.86±0.11	84.15±0.22	6.86±0.06	7.37±0.28	-	1.62	4923.91 ±23.24
P. soya	7.77±0.13	43.40±0.41	7.59±0.21	7.35±0.36	5.18±0.22	36.48	4389.34 ±54.12
Levadura	2.92±0.01	47.06±0.22	4.48±0.39	5.16±0.07	0.075±0.002	43.29	4811.39 ±54.12
Alginato	5.89±0.15	0.68±0.06	7.33±0.09	25.67±0.55	-	66.22	2597.78 ±3.53

Tabla b) Formulación de la dieta de destete (%).

H. Pescado	45
P. soya	18.74
H. calamar	13.00
H. trigo	6.87
Ac. Pescado	4
Lectina de soya	4
Levadura	3.1
Premix vitaminas	0.7
Premix minerales	2.4
Alginato	2
Cloruro de colina	0.2
Vit. C	0.08

Tabla c) Análisis químico proximal de la dieta de destete (promedio±desv. Std).

	Humedad %	Proteína %	Lípidos %	Cenizas %	Fibra %	E.L.N.	Energía Cal/g
Dieta destete	30.41±0.21	50.47±0.17	19.80±0.09	13.94±0.04	1.74±0.19	14.05	4640.05 ±96.1

Tabla d) Análisis químico proximal de insumos: Segunda remesa (promedio $\pm$ desv.std).

Muestra	Humedad %	Proteína %	Lípidos %	Cenizas %	Fibra %	E.L.N.	Energía Cal/g
H. Pescado defectuosa	-	49.35 $\pm$ 0.17	-	-	-	-	No se Determinó
H. Pescado nueva	3.86 $\pm$ 0.16	67.21 $\pm$ 0.08	10.96 $\pm$ 0.03	10.33 $\pm$ 0.12	-	11.5	4796.35 $\pm$ 42.27
H. trigo	6.38 $\pm$ 0.013	18.28 $\pm$ 0.22	8.97 $\pm$ 0.27	2.51 $\pm$ 0.12	1.68 $\pm$ 0.08	68.56	4490.79 $\pm$ 2.36
H. calamar	11.56 $\pm$ 0.13	77.61 $\pm$ 0.43	7.75 $\pm$ 0.79	10.12 $\pm$ 0.12	-	4.52	4965.99 $\pm$ 35.29
P. soya	7.48 $\pm$ 0.12	40.58 $\pm$ 0.80	5.97 $\pm$ 0.01	6.07 $\pm$ 0.10	5.01 $\pm$ 0.03	42.37	4631.34 $\pm$ 31.65
Levadura	2.23 $\pm$ 0.04	46.67 $\pm$ 0.27	5.92 $\pm$ 0.15	5.36 $\pm$ 0.02	1.29 $\pm$ 0.43	40.76	4947.74 $\pm$ 3.18
Alginato	5.89 $\pm$ 0.15	0.68 $\pm$ 0.06	7.33 $\pm$ 0.09	25.67 $\pm$ 0.55	-	66.22	2597.78 $\pm$ 3.53

Tabla e) Formulación de las dietas experimentales utilizando la harina de pescado defectuosa (%).

	Dieta 35 %	Dieta 45 %	Dieta 55 %
H. Pescado	22.9	32.3	41.72
P. soya	10	10	10
H. calamar	10	10	10
H. trigo	42.05	32.9	23.7
Ac. Pescado	2.1	1.85	1.58
Lectina de soya	1.5	1.5	1.5
Levadura	6	6	6
Premix vitaminas	0.7	0.7	0.7
Premix minerales	2.4	2.4	2.4
Alginato	2	2	2
Cloruro de colina	0.2	0.2	0.2
Vit. C	0.08	0.08	0.08

Tabla f) Análisis químico proximal de las dietas utilizando las segunda remesa de insumos incluyendo la harina de pescado defectuosa (promedio $\pm$ desv. Std).

Dieta	Humedad %	Proteína %	Lípidos %	Cenizas %	Fibra %	E.L.N.	Energía Cal/g
35 %	21.45 $\pm$ 0.2	34.93 $\pm$ 0.19	11.36 $\pm$ 0.23	10.28 $\pm$ 0.05	2.08 $\pm$ 0.21	41.34	4437.13 $\pm$ 19.83
45 %	18.35 $\pm$ 0.2	39.48 $\pm$ 0.35	11.52 $\pm$ 0.5	12.97 $\pm$ 0.02	2.33 $\pm$ 0.02	33.68	4492.36 $\pm$ 12.0
55 %	16.95 $\pm$ 0.4	44.68 $\pm$ 0.46	11.40 $\pm$ 0.1	15.12 $\pm$ 0.17	2.73 $\pm$ 0.13	26.07	4504.64 $\pm$ 31.01

Tabla g) Formulación de las dietas experimentales corregidas (%).

	Dieta 40 %	Dieta 45 %	Dieta 50 %
H. Pescado	31.3	41.5	51.96
P. soya	10	10	10
H. calamar	10	10	10
H. trigo	33.8	24.3	14.6
Ac. Pescado	1.9	1.21	1
Lectina de soya	1.5	1.5	1
Levadura	6	6	6
Premix vitaminas	0.7	0.7	0.7
Premix minerales	2.4	2.4	2.4
Alginato	2	2	2
Cloruro de colina	0.2	0.2	0.2
Vit. C	0.08	0.08	0.08

Tabla h) Análisis químico proximal de las dietas corregidas eliminando la harina de pescado defectuosa (promedio $\pm$ desv. std).

Dieta	Humedad %	Proteína %	Lípidos %	Cenizas %	Fibra %	E.L.N.	Energía Cal/g
50 %	23.92 $\pm$ 0.17	52.52 $\pm$ 0.09	8.11 $\pm$ 0.01	11.5 $\pm$ 0.02	0.7 $\pm$ 0.11	27.17	4934.50 $\pm$ 12.22
45 %	18.56 $\pm$ 0.3	46.37 $\pm$ 0.09	8.5 $\pm$ 0.26	11.0 $\pm$ 0.12	1.19 $\pm$ 0.32	32.94	4842.01 $\pm$ 15.2
40 %	22.27 $\pm$ 0.09	41.92 $\pm$ 0.26	8.9 $\pm$ 0.03	9.56 $\pm$ 0.07	1.35 $\pm$ 0.07	38.27	4821.54 $\pm$ 27.36

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO