

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

EFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA Y LÍPIDO DIETARIOS SOBRE EL
DESEMPEÑO BIOLÓGICO DE LA CURVINA GOLFINA (*Cynoscion othonopterus*)



TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CON OPCIÓN EN: ACUACULTURA

PRESENTA:

CARLOS ALBERTO MALDONADO OTHÓN

Hermosillo, Sonora

Junio de 2013

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Carlos Alberto Maldonado Othón la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Acuicultura.

Dr. Martín Pérez Velázquez

Director de Tesis

Dra. Mayra L. González Félix

Sinodal Secretario

MC. Lorena Bringas Alvarado

Sinodal

Dr. Gerardo Navarro García

Suplente

DEDICATORIA

A mis padres, Osvelia Encinas Othón y Bernardo Maldonado Calvario: por guiarme durante mi vida por el camino correcto con sus consejos, por darme valores y siempre buscar mi bienestar. Muchas gracias ya que ustedes fueron fundamentales para alcanzar esta mi mas grande meta hasta el momento.

A mis hermanos Diana Maldonado Othón y Luis Bernardo Maldonado: Othón; por ser pilares fundamentales en mi vida, gracias por todos los momentos que hemos compartido juntos que nos han servido para unirnos más y por el apoyo que me brindaron durante la realización de mi trabajo.

A mi novia Lyra Duarte Rodríguez: por tu apoyo durante la realización de mi trabajo, por siempre preocuparte por que terminara las cosas a tiempo y en forma. Gracias por tu cariño y siempre estar ahí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora y Al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS) por ser un universidad de calidad que me permitió nutrirme con conocimientos con maestros excelentes.

A mi Director Martín Pérez Velázquez, por apoyarme incondicionalmente durante la realización de mi trabajo de tesis, donde siempre estuvo dispuesto a ayudarme y asesorarme para obtener un trabajo con calidad.

A mi comité de tesis la Dra. Mayra Lizett González Félix, MC. Lorena Bringas Alvarado y el Dr. Gerardo Navarro García; por apoyarme con sus consejos, todo en fin de la mejora de este trabajo. Así mismo por los conocimientos adquiridos por sus clases durante mi estancia en la carrera de Biología.

A mis compañeros de laboratorio Christian Minjarez Osorio, Misael Rosales Leija, Edith Lopez Yocupicio y Perla Urquidez Bejarano por su ayuda y consejos durante la realización de mi experimento.

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándome y comprendiéndome durante este tiempo, especialmente al grupo secreto la onda.

CONTENIDO

FORMATO DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II.1. Acuicultura	3
II.1.2. Acuicultura en México	3
II.2. Acuicultura de Peces Marinos	4
II.2.1. Acuicultura de peces marinos en México	4
II.3. La Familia Sciaenidae	5
II.3.1. Verrugato del sur (<i>A. japonicus</i>)	6
II.3.2. Curvina pinta (<i>C. nebulosus</i>)	7
II.3.3. Curvina roja (<i>S. ocellatus</i>)	8
II.3.4. Curvina blanca (<i>A. nobilis</i>)	8
II.3.5. Curvina amarilla (<i>P. crocea</i>)	9
II.4. Curvina Golfina (<i>C. othonopterus</i>)	10

II.4.1. Morfología de la curvina golfina	11
II.4.2. Sistemática de la curvina golfina	13
II.4.3. Distribución y abundancia	13
II.4.4. Evaluación de la fecundidad	14
II.4.5. Edad y crecimiento	14
II.5. Nutrición	15
II.5.1. Proteína y lípido	15
III. JUSTIFICACIÓN	17
IV. HIPOTESIS	18
V. OBEJTIVO	19
V.1. General	19
V.2. Específicos	19
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	20
VI.1. Obtención, Traslado y Aclimatación de los Organismos	20
VI.2. Sistema de Cultivo Experimental	21
VI.3. Tratamientos Experimentales	22
VI.4. Preparación de Dietas Experimentales	24
VI.5. Asignación de Tratamientos a Tanques Experimentales	26
VI.6. Siembra, Alimentación y Mantenimiento de Organismos	26
VI.7. Calidad de Agua	29
V1.7.1. Temperatura, oxígeno disuelto y salinidad	29

VI.7.2. Mediciones de pH, concentración de nitrógeno amoniacal total y nitritos	30
VI.8. Análisis Proximal	31
VI.8.1. Humedad	31
VI.8.2. Proteína cruda	32
VI.8.3. Grasa cruda	32
VI.8.4. Cenizas	33
VI.8.5. Energía	34
VI.9. Análisis de Digestibilidad Aparente	34
VI.10. Desempeño Biológico	36
VI.11. Análisis Estadístico	36
VII. RESULTADOS	37
VII.1. Calidad de Agua	37
VII.2. Análisis Proximal	41
VII.3. Contenido Energético de las Dietas Experimentales	42
VII.4. Análisis de Digestibilidad Aparente	44
VII.5. Desempeño Biológico	44
VIII. DISCUSIÓN	48
VIII.1. Calidad de Agua	48
VIII.2. Análisis Proximal	50
VIII.2.1. Análisis proximal de dietas experimentales	50
VIII.2.2. Análisis proximal del músculo de peces	51

VIII.3. Contenido Energético de las Dietas Experimentales	52
VIII.4. Análisis de Digestibilidad Aparente	54
VIII.5. Desempeño Biológico	55
IX. CONCLUSIONES	58
X. RECOMENDACIONES	60
XI. LITERATURA CITADA	61

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Composición de ingredientes (% del peso seco) de las dietas experimentales utilizadas en el presente estudio.	23
Tabla II	Composición proximal* de las dietas experimentales.	42
Tabla III	Composición proximal* del músculo de <i>C. othonopterus</i> alimentado con diferentes niveles dietarios de proteína y lípido.	43
Tabla IV	Contenido energético* de las dietas experimentales.	45
Tabla V	Digestibilidad aparente* de <i>C. othonopterus</i> alimentado con diferentes niveles dietarios de proteína y lípido.	46
Tabla VI	Desempeño biológico de <i>C. othonopterus</i> alimentado con diferentes niveles dietarios de proteína y lípido.	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Juvenil de curvina golfina, <i>C. othonopterus</i> .	11
Figura 2	Morfología de una curvina golfina adulta.	12
Figura 3	Sistema de cultivo experimental del Laboratorio Húmedo de Nutrición de la Unidad Experimental Kino.	22
Figura 4	Elaboración de las dietas experimentales con un extrusor Hobart.	25
Figura 5	Secado de dietas experimentales.	25
Figura 6	Asignación de tratamientos experimentales a tanques de los sistemas de cultivo de la Unidad Experimental Kino.	27
Figura 7	Siembra de organismos en los tanques de cultivo.	28
Figura 8	Oxímetro multi-función utilizado para la medición de temperatura, oxígeno disuelto y salinidad del agua de cultivo.	29
Figura 9	Potenciómetro utilizado para la medición de pH.	30
Figura 10	Muestras de heces obtenidas para el análisis de digestibilidad aparente.	35
Figura 11	Temperatura del agua de cultivo durante el experimento.	38
Figura 12	Concentración de oxígeno disuelto del agua de cultivo durante el experimento.	38
Figura 13	Comportamiento de los valores de pH del agua de cultivo.	39
Figura 14	Salinidad del agua de cultivo durante el experimento.	39
Figura 15	Concentración de NH ₄ -N del agua de cultivo durante el experimento.	40
Figura 16	Concentración de NO ₂ -N del agua de cultivo durante el experimento.	40

RESUMEN

Aunque históricamente el cultivo de peces en México se ha enfocado en especies dulceacuícolas, existe en la actualidad un gran interés en el cultivo comercial de peces marinos, mismo que ha propiciado la búsqueda de especies con potencial acuícola. Entre ellas destaca la curvina golfina, *Cynoscion othonopterus*, especie que cuenta con buena demanda en el mercado y que tiene excelente calidad de carne. Un requisito fundamental para desarrollar el cultivo comercial de esta o cualquier otra especie es conocer sus requerimientos nutricionales. Entre los diversos nutrientes, la proteína es el mayor constituyente y también el de mayor costo en las dietas balanceadas para peces. Debido a que la proteína y el lípido pueden ser usados por los peces como fuente de energía metabólica, es importante mantener no solo niveles adecuados sino también un balance óptimo entre estos nutrientes. Por ello, en el presente estudio se investigaron los efectos de 3 niveles de proteína dietaria (40, 45 y 50%) y 3 niveles de lípido (8, 12 y 16%), sobre el desempeño biológico de *C. othonopterus*. La mayor disponibilidad de proteína y lípido dietarios favoreció la mayor incorporación de estos nutrientes en el tejido muscular de los peces. Así mismo, los contenidos de humedad y ceniza en el músculo también mostraron una tendencia a aumentar con el nivel de proteína dietaria. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para los diversos índices de crecimiento, i.e., peso final, peso ganado y tasa de crecimiento específico, ni para la supervivencia o el factor de conversión alimenticia, con la única excepción de la tasa de crecimiento específico, sobre la que se observó un efecto significativo del nivel dietario de lípido. En general, estos resultados indican que no es necesario exceder un nivel de proteína dietaria de 40%, en combinación ya sea con 8, 12 o 16% de lípido, para obtener crecimiento y supervivencia adecuados de la curvina golfina. La magnitud del crecimiento de la curvina golfina, cuya tasa de crecimiento específico varió de 0.82 a 1.14%/día en este estudio, se compara favorablemente con la de otras especies de peces, de tallas similares y también pertenecientes a la familia Sciaenidae. Finalmente, el factor de conversión alimenticia, que varió de 1.4 a 2.1, se encuentra dentro del intervalo de valores reportado para diversos sciaénidos.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas la obtención de alimentos de origen marino por medio de la acuicultura ha tenido un aumento muy considerable, cumpliendo así con las expectativas de contribuir a la alimentación de las poblaciones alrededor del mundo y aportando actualmente alrededor del 47% de la producción mundial de alimentos de origen acuático (FAO, 2012).

A lo largo de la historia de la acuicultura se han diversificado los organismos en cultivo, siendo actualmente los peces, crustáceos y moluscos los que más destacan por su producción (FAO, 2012). No obstante, la investigación ha logrado ampliar los grupos de organismos cultivados. Por ejemplo, actualmente se realizan cultivos de cefalópodos, como el pulpo (Iglesias et al., 2000) y equinodermos, como el pepino de mar (Guisado et al., 2012).

México es uno de los países que destacan en la camaronicultura, ya que ha tenido un desarrollo acelerado debido a las condiciones propicias para su cultivo en sus abundantes litorales tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de México, además de excelentes condiciones de temperatura para el cultivo. Esta actividad ha sido fuente de alimento, trabajo y divisas en los países en donde se logró un buen desarrollo (Páez-Osuna, 2001). Sin embargo, actualmente esta actividad se ha visto afectada debido a la aparición de enfermedades, principalmente la ocasionada por el virus de la mancha blanca (WSSV, por sus siglas en inglés), que ha frenado de manera significativa el desarrollo de esta actividad (Gonzales-Rocha, 2000). Debido a lo anterior, se han buscado especies alternativas de cultivo que permitan a los productores seguir ofreciendo productos marinos de calidad a la población.

En este contexto, una de las especies de peces marinos por las que muy recientemente ha habido un creciente interés en su cultivo en nuestro país es la curvina golfina, *Cynoscion othonopterus*, que pertenece a la familia Sciaenidae. Así como otras especies de curvinas pertenecientes a la misma familia, la curvina golfina es apreciada por la calidad de su carne y la buena aceptación en el mercado regional. Es por ello que se han iniciado estudios para lograr la reproducción de esta especie en cautiverio, así como para elucidar aspectos

nutricionales con la finalidad de disponer de alimentos balanceados para su cultivo comercial (Carta Nacional Pesquera, 2012).

En el estudio de la nutrición de especies acuáticas, se ha observado que los requerimientos nutricionales de proteína de especies de peces carnívoras, como la curvina golfina, generalmente son altos. El uso eficiente de proteína se relaciona con la calidad de las fuentes de proteína y energía ofrecidas, donde un suministro insuficiente de energía no proteica, o bien, un suministro excesivo de proteína, pueden conducir al uso de proteína como fuente de energía, reduciendo la cantidad de proteína utilizada para el crecimiento (Pirozzi et al, 2010). Además de lo anterior, es importante resaltar que el alimento balanceado a menudo representa el mayor costo de producción en el cultivo comercial de peces y crustáceos. A su vez, la proteína constituye el ingrediente de mayor proporción en los alimentos balanceados y es también el de mayor costo (Thoman et al., 1999). Con la finalidad de que este tipo de especies no utilicen la proteína de la dieta como fuente de energía sino para crecimiento, es necesario lograr un equilibrio entre la proporción de proteína y energía disponible en la dieta. Por ello, la elucidación de los requerimientos de proteína dietaria y su relación con la energía es un aspecto prioritario para lograr con éxito el cultivo comercial de esta especie.

II. ANTECEDENTES

II.1. Acuicultura

La acuicultura actualmente es una actividad de gran importancia, ya que provee de alimento a las poblaciones de diferentes culturas y niveles socioeconómicos en todo el mundo, brindando así la oportunidad de adquirir proteína de muy buena calidad a un bajo, medio o alto costo, dependiendo del valor económico de las especies en el mercado. El aporte de la acuicultura de peces, crustáceos, moluscos y otras especies ha ido en aumento año con año, debido principalmente al mejoramiento de técnicas de cultivo, manejo y optimización de los recursos bióticos y abióticos (FAO, 2012).

El cultivo semi-intensivo e intensivo de peces son las técnicas más utilizadas actualmente en la acuicultura. Un aspecto importante a considerar en estos tipos de cultivo es el uso de alimento balanceado que provee los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de los organismos. La proteína es uno de los nutrientes más importantes adquiridos de la dieta, se emplean preferentemente de fuentes de origen animal y marino, siendo ejemplos de ello las harinas de pescado, calamar y camarón (Lim y Dominy, 1990).

II.1.2. Acuicultura en México

En el año 2003, el valor de la producción acuícola en México fue de de 270,717 toneladas, donde las especie de mayor producción fue el camarón con 105,000 toneladas (SAGARPA, 2012).

II.2. Acuicultura de Peces Marinos

El cultivo de peces marinos a nivel mundial ha adquirido gran relevancia debido a las buenas características acuaculturales que el grupo refleja y que los convierte en buenos prospectos de producción acuícola. Actualmente se ha logrado cerrar por completo el ciclo de vida de algunas especies de peces marinos y su cultivo se realiza en gran escala. Algunos ejemplos son el salmón (*Salmo salar*), la dorada (*Sparus aurata*), la lubina (*Dicentrarchus labrax*) y el rodaballo (*Psetta máxima*), todos ellos cultivados en Europa en donde el cultivo de peces marinos está más desarrollado (FAO, 2012).

El semi-cultivo o semi-acuicultura consiste en la obtención de juveniles directamente del mar y llevarlos hasta talla comercial, ya sea en estanques, raceway y jaulas flotantes, entre otros. El atún de aleta azul, cuya captura, engorda y comercialización se autorizó desde el año 2004 en Ensenada, Baja California, México, es un excelente ejemplo de lo anterior (SAGARPA, 2004).

La producción mundial de peces marinos en el año 2010 fue de 1.8 millones toneladas representando el 3.1% de la producción acuícola total, las especies más destacadas son la lubina y la dorada, principalmente cultivados en Europa, donde la producción conjunta en 2010 ascendió a 265,100 toneladas (FAO, 2012).

II.2.1. Acuicultura de peces marinos en México

La acuicultura de peces en México se ha caracterizado por tener una mayor proyección en el cultivo de especies dulceacuícolas, con respecto a las especies marinas. Sin embargo, el cultivo de peces marinos es una actividad que año con año va adquiriendo importancia debido a la rentabilidad de sus cultivos, aunque aún falta desarrollar las tecnologías y manejo de los cultivos para poder optimizar y aprovechar al máximo el potencial de este grupo de peces.

Además de representar una opción rentable para los productores, el cultivo de peces marinos tiene la característica de cumplir con un objetivo primordial en la acuicultura, satisfacer las necesidades de requerimientos de proteína de la población (Avilés, 2000).

La acuicultura de peces marinos inició en nuestro país a finales de los años 80, con estudios experimentales de engorda del pámpano (*Trachinotus paitiensis*) en jaulas flotantes en la costa de Baja California Sur. A partir de este trabajo experimental, se continuó con trabajos de estudios biológicos de especies con potencial de convertirse en buenos candidatos de cultivo con alto valor comercial como la cabrilla, robalo, totoaba, curvina, lenguado y huachinango, entre otros (Avilés, 2000).

II.3. La Familia Sciaenidae

La familia Sciaenidae o curvinas, como comúnmente se les conoce, incluye 270 especies, distribuidas en 70 géneros. Una característica que identifica a los miembros de esta familia es una aleta dorsal larga que llega cerca de la cola. A este grupo de peces se le conoce como roncadores por el sonido que hacen con su vejiga natatoria (Nelson, 1994).

Las curvinas habitan aguas costeras, desde la franja litoral hasta profundidades entre los 250 y 350 m, sobre fondos arenosos o fangosos. Estos peces son muy resistentes a los cambios de salinidad, característica que les permite introducirse a desembocaduras de ríos o estuarios. Son consideradas especies eurihalinas, esto significa que tienen un amplio rango de tolerancia a la salinidad, entre 0 y 75 ppt, lo que les permite adaptarse a una gran variedad de hábitats. Generalmente llegan a la etapa de adultos entre uno y seis años de edad (Nelson, 1994).

Las curvinas cuentan con excelentes características biológicas que las hacen buenas candidatas para la acuicultura, tienen rápido crecimiento y buena tasa de conversión alimenticia, además de tener una buena demanda en el mercado por la excelente calidad de su

carne (Cárdenas, 2011). Otra ventaja es el tamaño del huevo se encuentra entre 1.2 y 1.4 mm, lo que permite que la fase de cría larvaria se más sencilla. Estos organismos pueden llegar a alcanzar tallas máximas entre 1.5 y 2.9 m de longitud y entre 40 y 100 kg de peso (Cárdenas, 2011). Existen 60 especies de sciaenidos en el mundo que tienen buenas posibilidades de desarrollo acuícola. Actualmente son 6 especies de curvinas las que se están cultivando en el mundo para fines comerciales: curvina verrugato del sur (*Argyrosomus japonicus*), curvina blanca (*Atractoscion nobilis*), curvina pinta (*Cynoscion nebulosus*), curvina roja (*Sciaenops ocellatus*), *Cilus gilgerti* y curvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*), todas estas con buenos resultados en cultivo (Cárdenas, 2011). En el año 2008 la producción total de curvinas rondaba entre las 124,000 toneladas, con un valor de 168 millones de dólares, siendo las de mayor producción *P. crocea* y *S. ocellatus* (FAO, 2012).

La familia Sciaenidae es uno de los grupos de mayor importancia comercial entre los recursos marinos en el mundo, incluyendo a México. (Villamer 1972; Chao y Musick, 1977; Araya, 1984). Esta familia está bien representada en nuestro país. Solamente en el Golfo de California, la familia Sciaenidae cuenta con 30 especies conocidas (van der Heiden, 1985), de las cuales 3 se consideran nativas de la región: la totoaba, *Totoaba macdonaldi*, el chano norteño, *Micropogonias megalops* y la curvina golfina, *C. othonopterus* (Thompson y McKibbin, 1978). Junto con la curvina golfina, la totoaba y el chano norteño son especies consideradas como importantes candidatos para la acuicultura regional. En este contexto, es de suma importancia para la acuicultura utilizar especies endémicas para fortalecer la actividad, y a la vez, evitar riesgos sanitarios con la introducción de especies exóticas.

II.3.1. Verrugato del sur (*A. japonicus*)

El verrugato del sur habita en las aguas del sur y centro de Australia. Su longevidad es de alrededor de 30 años y puede alcanzar una longitud máxima cercana de los 2 m. La salinidad óptima para estos organismos se encuentra entre 30 y los 35‰. Las hembras maduran cuando

alcanzan un peso aproximado de 10 kg y los huevos que desovan tienen aproximadamente 1 mm de diámetro. El desarrollo larvario en esta especie se suscita a una salinidad entre 5 y 35‰, con una temperatura óptima entre 18 y 25°C. La salinidad óptima para el crecimiento de los juveniles se encuentra entre 5 y 12‰.

La acuicultura de esta especie inició en Australia en el año de 1992 y continúa con éxito hasta la actualidad. Esta especie alcanza un buen desarrollo en jaulas y es muy dócil, lo que facilita las inspecciones sanitarias. Una característica interesante de esta especie es que observa sus alrededores en lugar de nadar, característica que reduce la cantidad de energía gastada para el nado y que puede utilizar para crecer, alcanzando la talla comercial después de 16 a 26 meses de engorda (Cárdenas, 2011).

II.3.2. Curvina pinta (*C. nebulosus*)

La curvina pinta tiene una longevidad de hasta 18 años de edad y puede alcanzar hasta 1.5 m de talla máxima. Su distribución abarca desde Massachusetts, Estados Unidos, hasta el Golfo de México. Pueden soportar salinidades entre 0 y 37‰. La maduración hasta la etapa de adultos varía entre machos y hembras, alcanzando los primeros su madurez a los 2-3 años, mientras que las hembras lo logran entre los 3-4 años, cuando su longitud es de alrededor de 26 y 29 cm (Brown-Peterson et al., 2002; Hill, 2005).

La producción de alevines se obtiene mediante manipulación hormonal de reproductores en Estados Unidos y México, con supervivencias hasta del 40% (Sánchez et al., 2010).

II.3.3. Curvina roja (*S. ocellatus*)

La acuicultura de la curvina roja comenzó en la década de los 70 con la manipulación de organismos para desarrollo de técnicas de cría larvaria (Arnold et al., 1977). Esta especie muestra excelentes características acuaculturales al adaptarse bien al cautiverio y condiciones de cultivo; acepta bien el alimento artificial y tiene un buen crecimiento, alcanzando los 500 g en 9 meses (Holt, 2000).

La curvina roja se produce a gran escala en las costas norteamericanas del Golfo de México y del sureste Atlántico. El alimento larvario durante las primeras etapas está basado en rotíferos, siendo este el alimento crucial hasta el momento del destete, aunque actualmente se han obtenido buenos resultados suministrándose alimento microparticulado acompañado de microalga (*Isocrysis galbana*) como reemplazo de los rotíferos (Lazo et al., 2000).

Esta especie puede crecer a una tasa superior a los 2 g de peso por día en el periodo comprendido entre abril y octubre, a una temperatura entre los 19-30°C. Esta especie puede criarse a altas densidades sin detener ni disminuir el crecimiento de los alevines (Sandifer et al., 1993).

II.3.4. Curvina blanca (*A. nobilis*)

Dentro de la familia Sciaenidae, la curvina blanca es la especie que alcanza la mayor longitud. Su distribución abarca desde la Baja California hasta la Bahía de San Francisco. Su temporada de reproducción se encuentra entre los meses de abril y agosto, mostrando afinidad por las aguas cálidas. Los huevos de la curvina blanca tienen un diámetro entre 1.24-1.32 mm (Cárdenas, 2011).

Los inicios de la acuicultura de esta especie se dieron en el año de 1982, cuando se mantuvieron reproductores en cautiverio con el fin de obtener alevines. En el año de 1999 se realizó un programa de repoblamiento de alevines en las costas de California (Vojkovich y Crokke, 2001).

La cantidad de lípidos necesarios en la dieta de esta especie se encuentra entre 15 y 18%, logrando con esto un crecimiento de aproximadamente 9% de su peso diariamente (López et al., 2006).

II.3.5. Curvina amarilla (*P. crocea*)

La curvina amarilla es una especie nativa del este de Asia, donde vive en aguas costeras hasta el límite de los 100 m de profundidad. Su distribución abarca desde China hasta Corea. Su reproducción es interesante, ya que tiene desoves bianuales, el primero en primavera y el segundo en otoño. Los adultos alcanzan la madurez entre los 2 y los 4 años de edad. El organismo más longevo registrado alcanzó los 29 años de edad (Cárdenas, 2011).

Esta curvina ha sido fuente de alimento de las poblaciones chinas desde la década de los años 50. Con respecto a su captura en los años 70, cuando se obtenían hasta 200,000 toneladas, la sobreexplotación provocó el decaimiento de su captura un 90% en las décadas de los 80 y 90 (Liu y Sadovy, 2008). A partir de ese decremento, se iniciaron programas de reproducción entre los años 1995-2000, lográndose obtener muy buenos resultados. Los alevines obtenidos no solamente se utilizan para la acuicultura comercial, sino también para programas de repoblamiento de poblaciones naturales, que se realiza en los meses de mayo, junio y julio con juveniles entre 3 y 8 cm de longitud (Hong y Zhang, 2003).

II.4. Curvina Golfina (*C. othonopterus*)

La curvina golfina (*C. othonopterus*), descrita por Jordan y Gilbert 1881, se distribuye desde La Paz, Baja California Sur, hasta el Delta del Rio Colorado (Chao, 1995).

Esta es una especie de alto valor pesquero en la reserva de la biosfera Alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado, Sonora-Baja California. La pesquería de curvina golfina resurgió en los años 90, lo que la coloca actualmente como la segunda pesquería de escama de mayor producción en el Golfo de California, registrando capturas de hasta 1,200 toneladas en el mes de marzo de 2011 (Carta Nacional Pesquera, 2012).

Es una especie migratoria que, al igual que la totoaba, migra hacia los campos de desove en el alto Golfo de California y Delta del Rio Colorado una vez al año. La llegada de la curvina golfina al alto Golfo de California inicia en el mes de Octubre y concluye en el mes de mayo. La longitud máxima registrada para un organismo de esta especie es de 920 mm (Román Rodríguez, 2000) (Figura 1). Aunque la curvina golfina comparte el área de desove con la totoaba, especie semejante que también se alimenta mayormente de sardina bocona (*C. myscelatus*), no hay evidencia que indique una competencia directa entre las dos especies (Román-Rodríguez, 1990).

La curvina golfina se ha encontrado como parte del contenido estomacal de tiburones blancos (*Charcharodon carcharias*), siendo ésta la única evidencia de depredadores para la especie. No existe un dimorfismo sexual evidente entre machos y hembras, excepto durante etapas de maduración gonádica avanzadas donde las hembras se caracterizan por un vientre muy abultado (Román-Rodríguez, 2000).



Figura 1. Juvenil de curvina golfina, *C. othonopterus*.

II.4.1. Morfología de la curvina golfina

El nombre curvina viene del latín *curvinus*, que significa parecido al cuervo, nombre que adoptan gran parte de las especies que pertenecen al género *Cynoscion* de la familia Sciaenidae. Las características morfológicas que distinguen a la curvina golfina es un cuerpo alargado, fusiforme y poco comprimido. Tienen una boca grande, oblicua y prognata, lo que significa que la mandíbula inferior sobresale de la superior dando un aspecto característico de este género (Figura 2). El mentón no tiene barbillas ni poros y el margen opercular es liso (Álvarez-Castillo, 2000).

La aleta dorsal es larga y continua, pero presenta una escotadura entre las posiciones posterior y anterior; la posterior compuesta por nueve o diez espinas y la anterior por varios radios suaves. La aleta anal va precedida por dos espinas y su base es más corta que la base suave dorsal; la aleta caudal presenta distintas formas dependiendo de la especie. En el caso de la curvina golfina la cola tiene una forma homocerca semilunada. El cuerpo de esta especie está casi totalmente cubierto por las escamas, omitiendo el hocico. La coloración es de un plateado brillante en todo el cuerpo (Álvarez-Castillo, 2000).

La línea lateral se extiende hasta el margen superior de la aleta caudal. Se encuentra mayormente en lugares cerca de la costa con fondos arenosos en aguas someras. Penetran a los esteros y lagunas costeras principalmente en etapas de reproducción o alimentación. Son depredadores principalmente de peces o crustáceos. La curvina golfina tiene escamas en las aletas con una coloración amarilla con puntos negros (Álvarez-Castillo, 2000).

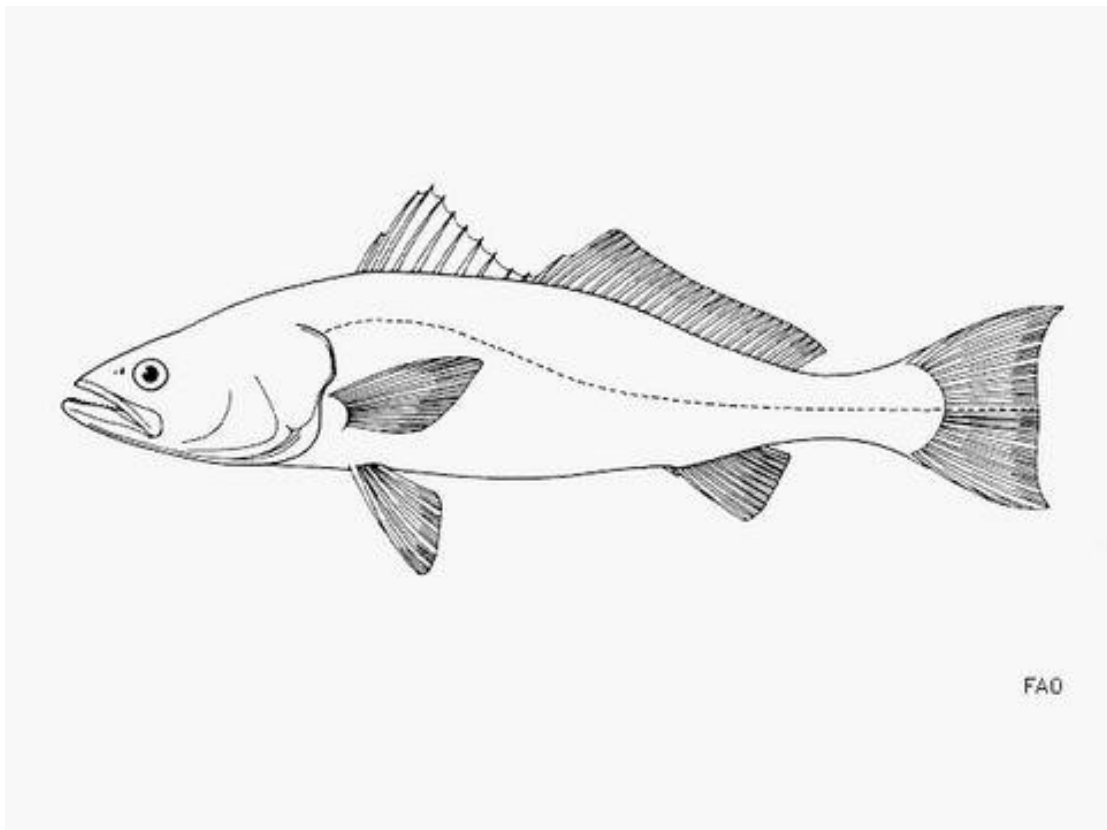


Figura 2. Morfología de una curvina golfina adulta.

II.4.2. Sistemática de la curvina golfina

- Reino: Animalia
- Filo: Chordata
- Clase: Actinopterygii
- Superorden: Acanthopterygii
- Orden: Perciformes
- Suborden: Percoidei
- Familia: Sciaenidae
- Género: *Cynoscion*
- Especie: *C. othonopterus*

II.4.3. Distribución y abundancia

De acuerdo con Román-Rodríguez (2000), durante el primer año de edad los juveniles de curvina se mueven hacia el sur respecto al Alto Golfo de California, su zona de crianza, ya que es posible encontrar juveniles en zonas aledañas a San Felipe y Puertecitos, Baja California. En este mismo estudio se encontraron ausencia de organismos de la talla entre 390 y 550 mm de longitud, lo que indica que la población migra a lugares donde no hay acceso fácil a flotas pesqueras que operan en el alto Golfo de California (Román-Rodríguez, 2000).

II.4.4. Evaluación de la fecundidad

La curvina golfina tiene una fecundidad por desove de 249,556 a 808,166 ovocitos en hembras de longitudes patrón de 600 a 720 mm. Por los resultados de cortes histológicos y las determinaciones encontradas en el estudio de Román-Rodríguez (2000), se determinó que la curvina golfina es un desovador total, esto indica que la hembra libera todos los ovocitos en una sola oviposición.

II.4.5. Edad y crecimiento

Al igual que en muchos otros peces, la determinación de la edad por medio de otolitos resulta eficaz también en el caso de la curvina golfina, ya que estas estructuras fueron adecuadas para la estimación de edad de ejemplares de esta especie. De la misma manera que en el chano norteño (*M. megalops*), especie de la misma familia, las dimensiones de los otolitos de la curvina golfina mantienen una relación estrecha con la longitud total del pez (Román-Rodríguez, 2000).

El crecimiento de la curvina es alométrico, lo que nos indica que no existe una proporcionalidad entre el peso ganado con respecto al incremento de su longitud. Igual que en chano norteño, el factor de condición se ve alterado de acuerdo a la etapa de reproducción de estas dos especies, pues durante la época en la que desovan se observa un decremento en este índice, ya que estos organismos tienden a no alimentarse y la mayoría de la energía va dirigida a la producción de los gametos (Román-Rodríguez, 2000).

De acuerdo con la relación entre el diámetro del otolito y longitud total del pez, se observa que los individuos más jóvenes crecen de manera exponencial, mientras que el crecimiento en los individuos adultos se vuelve más lento (Román-Rodríguez, 2000).

II.5. Nutrición

La nutrición es un factor determinante en la producción comercial de peces y muchas otras especies acuícolas, ya que la compra de alimento balanceado constituye el mayor costo de producción, mismo que oscila entre el 50 y 70% (FAO, 2009). En este sentido, el conocimiento de los requerimientos nutricionales de los organismos en cultivo es un aspecto fundamental que permite optimizar la composición de los ingredientes empleados para su elaboración y, de este modo, reducir costos por este concepto.

II.5.1. Proteína y lípido

En función de que la proteína es el mayor componente de los alimentos balanceados para peces, además de ser el nutriente más determinante del crecimiento y también el de mayor costo, es importante determinar el requerimiento de proteína exacta de cada especie para obtener la más alta eficiencia de utilización de los nutrientes (Thoman et al., 1999).

Debido a que los peces tienen la capacidad metabólica de obtener energía a partir de proteínas, lípidos y carbohidratos (Kleiber, 1975), es importante mantener un balance entre estos macronutrientes en los alimentos balanceados con el fin de que la proteína de la dieta sea utilizada para el crecimiento y no como fuente de energía. En efecto, se ha demostrado que la utilización de las proteínas se ve afectada no solo por factores tales como su calidad, es decir, el balance de aminoácidos, sino también por la cantidad de energía disponible (Pirozzi et al., 2010). Es aquí donde el lípido de la dieta, el macronutriente de mayor densidad energética, 9.5 Kcal/g contra 5.6 y 4.1 kcal/g en proteínas y carbohidratos, respectivamente (Cho et al., 1982), juega un papel preponderante en la respuesta en crecimiento de los peces en cultivo. Por ejemplo, el uso adecuado del lípido en la dieta será utilizado como fuente de energía, permitiendo que la proteína no sea utilizada para este mismo fin sino para el crecimiento,

fenómeno conocido como “acción de ahorro de proteína”, limitando al mismo tiempo la producción de nitrógeno amoniacal (Bromley, 1980).

Se han realizado estudios de los requerimientos de proteína y energía en varias especies de peces pertenecientes a la familia Sciaenidae como la curvina roja (*S. ocellatus*) y la totoaba (*T. macdonaldi*). En el caso de la curvina roja, sus requerimientos proteicos fueron estimados entre 35-45%, dependiendo de su talla, sistema de cultivo, calidad de la proteína y los niveles de energía en la dieta, entre otros factores. (Daniels y Robinson, 1986; Serrano et al., 1992; Johnson et al., 2002; Turano et al., 2002). Thoman et al. (1999) Reportaron que la curvina roja cultivada en agua de mar requiere de al menos 44% de proteína dietaria para alcanzar su máximo crecimiento y eficiencia alimentaria, en tanto que Gatlin (2002) afirmó que para esta especie se observan crecimiento y supervivencia adecuados si los lípidos dietarios provienen de aceites de peces marinos, incluidos a niveles de 7-11%, en combinación con niveles de proteína cercanos a 40%.

En un estudio de 10 semanas de duración, Rueda-López et al. (2011) encontraron que el peso ganado de la totoaba (*T. macdonaldi*) se incrementó directamente con el nivel de proteína dietaria, pero se observó una reducción del crecimiento al utilizarse altos niveles de lípido. El mayor peso ganado se observó al utilizar una combinación de 52% de proteína y 8% de lípido, mientras que la menor respuesta en crecimiento se registró con una dieta con bajo contenido de proteína (43%) y alto contenido de lípido (19%), aunque la supervivencia de estos organismos no se vio afectada por las dietas.

III. JUSTIFICACIÓN

La curvina golfina, *C. othonopterus*, se destaca como un buen candidato para la acuicultura. Sin embargo, no existe un alimento balanceado para esta especie, ya que se desconocen por completo sus requerimientos nutricionales. Entre los macronutrientes más importantes de los alimentos balanceados se encuentran la proteína y el lípido. La primera constituye el principal componente de los alimentos balanceados y también el de mayor costo. El lípido, el macronutriente de mayor densidad energética, cuando es incluido a niveles adecuados, permite que la proteína sea utilizada para el crecimiento y no como fuente de energía. Por ello, es fundamental optimizar los niveles dietarios de proteína y lípido para la curvina golfina, lo que contribuirá significativamente a la obtención de un alimento balanceado comercial para esta especie.

IV. HIPOTESIS

De acuerdo con lo observado en otras especies de peces marinos con hábitos alimenticios similares y que también pertenecen a la familia Sciaenidae, se considera que existe un nivel dietario y proporción óptimas de la proteína y lípido para el crecimiento de la curvina golfina (*C. othonopterus*).

V. OBEJTIVO

V.1. General

Determinar el efecto de diferentes niveles dietarios de proteína y lípido sobre el desempeño biológico la curvina golfina (*C. othonopterus*).

V.2. Específicos

Elaborar alimentos balanceados experimentales con diferentes niveles de proteína y lípido.

Determinar parámetros fisicoquímicos de calidad de agua de cultivo: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, nitrógeno amoniacal total y nitritos.

Determinar la composición proximal de los alimentos balanceados experimentales y del tejido muscular de peces.

Determinar el contenido energético de las dietas experimentales.

Determinar la digestibilidad aparente *in vivo* de las dietas experimentales.

Determinar parámetros de desempeño biológico de los organismos en cultivo: peso final, peso ganado (expresado en g y como un porcentaje del peso inicial), tasa instantánea de crecimiento, factor de conversión alimenticia y supervivencia.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un experimento con una duración de 56 días con juveniles de curvina golfina (*C. othonopterus*), en el Laboratorio Húmedo de Nutrición Acuícola de la Unidad Experimental Kino (UEK), Bahía Kino, Sonora, del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS) de la Universidad de Sonora.

VI.1. Obtención, Traslado y Aclimatación de los Organismos

Se obtuvieron juveniles de curvina golfina (*C. othonopterus*), con un peso promedio individual de 102.2 g, del Centro de Reproducción de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES), Bahía Kino, Sonora. Un total de 250 organismos fueron transportados a la UEK en tanques de 250 l de capacidad, a una densidad de 60 organismos/tanque, provistos de aireación e inyección de oxígeno para mantener el contenido de oxígeno del agua en saturación, mismo que fue monitoreado durante el trayecto con un oxímetro multifunción (modelo Y85, YSI, Yellow Springs, Ohio, E.U.A.). Para su recepción, los organismos fueron colocados directamente en el sistema de cultivo experimental donde se llevó a cabo el presente estudio, a razón de 5-6 individuos/tanque (ver descripción de esta infraestructura más adelante en VI.2. Sistema de Cultivo Experimental), utilizando cubetas de plástico de 19 l de capacidad y evitando en todo momento el uso de redes, ya que se ha observado previamente que los estadios juveniles de esta especie son muy susceptibles a mortalidades causadas por la manipulación con este equipo. Los organismos se mantuvieron en el sistema de cultivo por un período de aclimatación a estas condiciones de cultivo de aproximadamente 15 días antes de dar inicio al experimento, alimentándolos durante este tiempo con un alimento balanceado

comercial para peces marinos con un contenido de proteína de 38.6% (Alimentos Balanceados Super S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México).

VI.2. Sistema de Cultivo Experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en un par de sistemas de cultivo de recirculación idénticos, denominados Módulo 1 y Módulo 2, cada uno constituido por 24 tanques circulares de plástico con 71 cm de diámetro (área del fondo de 0.39 m²) y 250 l de capacidad, mismos que se llenaron con 200 l de agua de mar y que se proveyeron de aireación constante, utilizando mangueras y piedras difusoras, suministrada con un soplador de 1.0 HP (Fuji, Modelo VFC40, Saddle Brook, New Jersey, EUA) (Figura 3). Mediante una bomba de 1.5 HP (Jacuzzi, Modelo 150MF-T, Little Rock, Arkansas, EUA), se hizo recircular el agua a través de los sistemas de cultivo, cada uno de los cuales estaba constituido por los siguientes componentes: un tanque colector de 1,100 l de capacidad, un biofiltro, un filtro de arena de 19 (Jacuzzi, Modelo L-190-7, Little Rock, Arkansas, EUA), una cámara de luz ultravioleta de 120 Watts (Rainbow Lifeguard, Modelo UV97, El Monte, California, EUA), un calentador en línea de 1,500 Watts (Aquatic Ecosystems, Modelo DE-6115, Apopka, Florida, USA), y un enfriador de 1 HP (Aquatic Ecosystems, Modelo AE62B, Apopka, Florida, USA). Con el fin de que los sistemas de cultivo compartieran la misma calidad de agua, éstos se interconectaron entre sí. El agua fluyó en cada uno de los tanques de cultivo a una tasa de aproximadamente 1.5 l/min, con lo que su volumen era reemplazado en su totalidad aproximadamente cada 166 min. Adicionalmente, entre el 50 y 90% del volumen total de agua de los sistemas de cultivo se reemplazó diariamente con agua de mar limpia y previamente filtrada.



Figura 3. Sistema de cultivo experimental del Laboratorio Húmedo de Nutrición de la Unidad Experimental Kino.

VI.3. Tratamientos Experimentales

Se realizó un experimento factorial 3 x 3, con niveles de proteína y lípido de 40, 45 y 50%, y de 8, 12 y 16% respectivamente, con los que se originaron 9 dietas experimentales cuya composición de ingredientes se muestra en la Tabla I. Adicionalmente, el alimento balanceado comercial utilizado durante la aclimatación de los organismos fue incluido como un tratamiento control externo por lo que no se incluyó en el análisis estadístico.

Tabla I. Composición de ingredientes (% del peso seco) de las dietas experimentales utilizadas en el presente estudio. ^aSelecta de Guaymas, S.A. de C.V., Guaymas, Sonora, México; ^bLos Gallos, Molino La Fama S.A. de C.V., Hermosillo, Sonora, México; ^cSumilab S.A. de C.V., Mazatlán, Sinaloa, México; ^dGluten y Almidones Industriales, S.A. de C.V., México D.F., México; ^eAceite Nutrioli, Ragasa Industrias S.A. de C.V., Guadalupe, Nuevo León, México; ^fGolden Harvest, Impulsora Golden, S.A. de C.V., México D.F., México; ^gMP Biomedicals Inc., Solon, Ohio, EUA, g/kg de premezcla: tiamina HCl 0.5, riboflavina 3.0, piridoxina HCl 1.0, DL ácido pantoténico 5.0, ácido nicotínico 5.0, biotina 0.05, ácido fólico 0.18, vitamina B12 0.002, inositol 5.0, menadiona 2.0, vitamina A acetato (20,000 IU/g) 5.0, vitamina D3 (400,000 IU/g) 0.002, dl-alfa-tocoferil acetato (250 IU/g) 8.0, Alfa-celulosa 865.266; ^hMP Biomedicals Inc., Solon, Ohio, EUA, g/100 g de premezcla: cloruro de cobalto 0.004, sulfato cuprico pentahidratado 0.250, sulfato ferroso 4.0, sulfato de magnesio pentahidratado 28.398, sulfato manganeso monohidratado 0.650, yoduro de potasio 0.067, selenita de sodio 0.010, sulfato de zinc heptahidratado 13.193, relleno 53.428; ⁱSigma Aldrich, Saint Louis, Missouri, EUA; ^jStay C 35%, Rovimix, Parsippany, Nueva Jersey, EUA; ^kFagalab, Mocorito, Sinaloa, México; ^lJalmek, Monterrey, Nuevo León, México; ^mGeneral Nutrition Centers, Co., Pittsburg, Pennsylvania, EUA.

Dieta No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(Proteína/lípido)	(40/8)	(40/12)	(40/16)	(45/8)	(45/12)	(45/16)	(50/8)	(50/12)	(50/16)
Ingrediente									
Harina de									
pescado (sardina) ^a	43.75	44.50	45.30	51.10	51.90	52.70	58.50	59.25	60.00
Harina de trigo ^b	31.30	26.5	21.6	23.85	18.95	14.05	16.30	11.45	6.65
Harina de soya ^c	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Gluten de maíz ^d	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Almidón de									
trigo ^d	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de									
pescado. (sardina) ^a	4.85	7.65	10.45	4.90	7.75	10.55	5.00	7.85	10.65
Aceite de soya ^e	1.70	2.95	4.25	1.75	3.00	4.30	1.80	3.05	4.30
Lecitina ^f	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Premezcla de vitaminas (sin colina) ^g	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premezcla de minerales ⁱ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cloruro de colina ^j	0.20	0.20	0.20	0.2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamina C ⁱ	0.20	0.20	0.20	0.2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Metionina ^k	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Lisina ^l	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
α -Tocoferol ^m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

VI.4. Preparación de Dietas Experimentales

La preparación de las dietas experimentales se realizó en el Laboratorio de Nutrición Acuícola del DICTUS, Unidad Regional Centro, Hermosillo, Sonora, siguiendo un método de extrusión en frío y utilizando un extrusor Hobart (Hobart, Modelo A-200, Troy, Ohio, EUA) (Figura 4). Una vez preparadas, las dietas se secaron en cedazos a una temperatura de 40°C durante 24 horas (Figura 5), se molieron hasta obtener un tamaño de partícula adecuado y se colocaron en bolsas de plástico para ser transportadas a la UEK, en donde se mantuvieron en refrigeración hasta el momento de ser suministradas a los peces.



Figura 4. Elaboración de las dietas experimentales con un extrusor Hobart.



Figura 5. Secado de dietas experimentales.

VI.5. Asignación de Tratamientos a Tanques Experimentales

La Figura 6 ofrece una representación esquemática de los sistemas de cultivo, (Módulo 1 y Módulo 2, cada uno con 24 tanques) utilizados en el presente estudio, así como de la asignación de los tratamientos a los tanques de cultivo. Como puede apreciarse, cada tratamiento experimental (tratamientos 1 al 9), señalados con un color distinto y fueron asignados a un total de 5 tanques experimentales, distribuidos en los dos sistemas de cultivo, con excepción del tratamiento control externo (tratamiento 10, representado por el alimento balanceado comercial), que fue asignado a 3 tanques experimentales.

VI.6. Siembra, Alimentación y Mantenimiento de Organismos

Como se indicó anteriormente, los organismos trasladados del CREMES al DICTUS se colocaron en número de 5 a 6 en cada tanque experimental. Para dar inicio al experimento, de éstos se seleccionaron y pesaron grupalmente 3 individuos, retirando el resto. Así, la cantidad de organismos en cada tanque fue equivalente a una densidad de siembra de 15 peces/m³, con un peso inicial individual promedio de 102.6 ± 14.1 g (Figura 7). La duración del estudio fue de 56 días.

MODULO 1

Dieta 2	13	Dieta 6	1
Dieta 8	14	Dieta 3	2
Control	15	Dieta 6	3
Dieta 9	16	Dieta 5	4
Dieta 6	17	Dieta 9	5
Dieta 1	18	Dieta 2	6
Dieta 8	19	Dieta 4	7
Dieta 4	20	Dieta 7	8
Dieta 3	21	Dieta 8	9
Dieta 1	22	Dieta 5	10
Dieta 5	23	Dieta 1	11
Dieta 7	24	Dieta 4	12

MODULO 2

Dieta 1	13	Dieta 3	1
Dieta 9	14	Dieta 4	2
Dieta 5	15	Dieta 1	3
Dieta 7	16	Dieta 8	4
Dieta 2	17	Dieta 6	5
Dieta 4	18	Dieta 3	6
Dieta 6	19	Dieta 7	7
Dieta 8	20	Dieta 5	8
Dieta 7	21	Dieta 9	9
Control	22	Dieta 2	10
Dieta 2	23	Dieta 9	11
Dieta 3	24	Control	12

Figura 6. Asignación de tratamientos experimentales a tanques de los sistemas de cultivo de la Unidad Experimental Kino. El número de tanque de cada sistema de cultivo se indica en la esquina superior derecha de cada rectángulo.



Figura 7. Siembra de organismos en los tanques de cultivo.

Utilizando una tasa de alimentación diaria de 3% del peso corporal húmedo, las dietas experimentales y control se pesaron diariamente en una balanza analítica (Ohaus Corporation, Modelo EIRR80, Pine Brook, Nueva Jersey, EUA), manteniéndose en refrigeración hasta el momento de su administración. La ración diaria de alimento se suministró en tres porciones equivalentes, la primera de ellas a las 08:00 horas, la segunda a las 13:00 horas y la tercera a las 18:00 horas. Diariamente, antes de la primera alimentación, se retiraron tanto el alimento no consumido como las heces mediante sifoneo. Con el fin de realizar el análisis de digestibilidad aparente de las dietas experimentales se cambió la periodicidad de la alimentación de acuerdo con lo descrito más adelante en la sección correspondiente.

VI.7. Calidad de Agua

Con el fin de mantener óptima calidad de agua, diariamente se reemplazó aproximadamente 80% del volumen de agua del sistema de cultivo con agua limpia y previamente filtrada.

V1.7.1. Temperatura, oxígeno disuelto y salinidad

Diariamente se registró la temperatura, oxígeno disuelto y salinidad del agua de cultivo con un oxímetro multi-función (YSI, Modelo Y85, Yellow Springs, OH, EUA), (Figura 8).



Figura 8. Oxímetro multi-función utilizado para la medición de temperatura, oxígeno disuelto y salinidad del agua de cultivo.

VI.7.2. Mediciones de pH, concentración de nitrógeno amoniacal total y nitritos

Diariamente se midió el pH del agua de cultivo con un potenciómetro manual inalámbrico (Oakton®, Modelo Double Junction pHTestr 1, Vernon Hills, Illinois, EUA), calibrando en cada medición con soluciones amortiguadoras de pH conocido (Figura 9).



Figura 9. Potenciómetro utilizado para la medición de pH.

Semanalmente se midieron las concentraciones de nitrógeno amoniacal total ($\text{NH}_4\text{-N}$) y nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$) del agua de cultivo utilizando un medidor Thermo Scientific Orion ISE (Modelo 4-Star pH/ISE Meter, Beverly, Maryland, EUA), equipado con los electrodos selectivos de iones 9512BNWP y 9546BN) para la medición de $\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{NO}_2\text{-N}$, respectivamente.

VI.8. Análisis Proximal

La determinación de la composición proximal del músculo de los organismos y de las dietas experimentales, en términos de humedad, proteína cruda, grasa cruda y cenizas, se realizó siguiendo los métodos descritos por la AOAC (2005). Adicionalmente, se determinó el contenido de energía de las dietas experimentales.

VI.8.1. Humedad

La humedad se determinó de acuerdo con el método 930.15 (AOAC, 2005), en el que 2 g de muestra se secaron en un horno a 105°C durante 4 h, retirando la muestra para dejarla enfriar en un desecador durante 40 min. Posteriormente, la muestra seca se pesó en una balanza analítica y el porcentaje de humedad se determinó de la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso crisol} + \text{muestra húmeda} - \text{Peso crisol} + \text{muestra seca}}{\text{Peso muestra húmeda}} \times 100$$

VI.8.2. Proteína cruda

Esta determinación se realizó con el método 976.05 (AOAC, 2005), basado en la digestión con de ácido sulfúrico concentrado, destilación y titulación de la muestra.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 0.014}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

% Proteína Cruda = (% N) × Factor 6.25, donde:

V_1 = Mililitros de HCl gastados en la titulación de la muestra

V_0 = Mililitros de HCl gastados en la titulación del blanco

N = Normalidad del HCl = 0.05

g = Peso de la muestra en gramos

0.014 = Miliequivalentes del HCl

VI.8.3. Grasa cruda

Se siguió el método 2003.05 de la AOAC (2005) para esta determinación, que involucra el uso de un equipo Soxhlet (Modelo 2050, AVANTI, Höganäs, Suecia), en el que muestras entre 1 y 2 g de peso se colocan en vasos de aluminio a los que se agregan 80 ml de éter de petróleo. El programa del equipo es de 70 minutos y consta de 15 minutos de inmersión, 40 minutos de goteo del solvente, 10 de recuperación del solvente, y 5 minutos de presecado. Los vasos se colocan subsecuentemente en una campana de extracción durante 5-10 minutos para evaporar el solvente

remanente y luego se colocan en una estufa a 103°C durante 2 horas, para posteriormente llevarlas a un desecador por 30 minutos y finalmente se pesan. El porcentaje de grasa cruda se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{\text{Peso del vaso} + \text{lípidos extraídos} - \text{Peso del vaso vacío}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

VI.8.4. Cenizas

De acuerdo con el método 942.05 (AOAC, 2005), aproximadamente 5 g de material proveniente de la determinación de humedad se colocaron en un crisol que se incineró en una mufla (Modelo F6028C, Thermolyne 6000, Dubuque, Iowa, EUA) a 600°C durante 5 horas. Posteriormente, el crisol se colocó en una estufa durante 30 minutos a 100°C y luego en un desecador durante 40 minutos. Finalmente se pesó para calcular el porcentaje de cenizas de la siguiente manera:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso crisol con cenizas} - \text{Peso crisol vacío}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

VI.8.5. Energía

Para determinar el contenido energético de las dietas experimentales, aproximadamente 1 g de muestra se colocó en un crisol de peso conocido dentro una estufa por 12 h a 70°C. Los extremos de un segmento de 10 cm de longitud de alambre de níquel-cromo se ataron a los extremos de los electrodos de la cabeza de un calorímetro (Modelo 1261, Parr, Moline, Illinois, EUA). El crisol con la muestra se colocó sobre el soporte que forman los electrodos, acomodando el alambre de tal modo que éste tocara ligeramente la muestra. Utilizando 0.5 ml de agua destilada como secuestrante de los productos de la combustión, se operó el calorímetro adiabático, midiendo los trozos de alambre quemado, titulando los líquidos de lavado, mismos que tienen ácido, con una solución de carbonato de sodio 0.725 N, usando naranja de metilo como indicador. Con base en la cantidad de alambre quemado y la cantidad de álcali utilizado, el calorímetro reporta el resultado como kcal/g de muestra.

VI.9. Análisis de Digestibilidad Aparente

Para la realización de análisis de digestibilidad aparente, se empleó un método in vivo, en el que la periodicidad de la alimentación se cambio de tres a dos veces por día, la primera suministrada a las 11:00 horas y la segunda a las 19:00 horas. Quince minutos después de cada alimentación, se retiró el alimento no consumido de los tanques de cultivo. Aproximadamente 2 horas después de cada alimentación, se colectaron las heces de cada tanque de cultivo con ayuda de un tubo de vidrio de 8 mm de diámetro, mismas que se colocaron en tamices de luz de malla de 5 µm para ser enjuagados ligeramente con agua destilada. Las heces acumuladas provenientes tanto de la colecta matutina como vespertina se almacenaron en congelación en tubos de centrifuga Falcon de 15 ml (Corning Inc., Corning, New York, EUA), utilizando un tubo para cada tanque de cultivo (Figura 10).

La digestibilidad de las dietas experimentales se determinó utilizando el método de cenizas insolubles en ácido previamente validado por Montaña-Vargas et al. (2002), en el que después de secar a peso constante aproximadamente 2 g de heces en un horno a °C y luego reducirlas a cenizas a 450°C, éstas se hirvieron durante 5 min en HCL 2N en vasos de precipitado de 50 ml con tapa de vidrio para evitar pérdidas por evaporación. Posteriormente, la solución se hizo pasar a través de un papel filtro sin cenizas, para luego ser enjuagado con agua destilada en ebullición para eliminar el ácido. Enseguida, la muestra se sometió nuevamente al proceso de calcinación a 450°C, se dejó enfriar y se registró su peso seco. Mediante este método, en el que las cenizas insolubles en ácido (CIA) sirven como índice marcador, se calculó el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CDA} = 100 - [100 * (\text{CIA}_{\text{alimento}}/\text{CIA}_{\text{heces}})], \text{ donde}$$

$$\text{CIA (\%)} = \frac{[(\text{peso muestra} + \text{ceniza, g}) - (\text{peso crisol, g})] \times 100}{\text{peso seco muestra, g}}$$



Figura 10. Muestras de heces obtenidas para el análisis de digestibilidad aparente.

VI.10. Desempeño Biológico

Al final del experimento se calcularon los siguientes índices de desempeño biológico de los organismos: peso final, peso ganado (expresado en gramos y también como un porcentaje del peso inicial), tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA) y supervivencia, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso ganado (g)} = (\text{peso final, g} - \text{peso inicial, g})$$

$$\text{Peso ganado (\%)} = [(\text{peso final, g} - \text{peso inicial, g}) \times 100] / \text{peso inicial, g}$$

$$\text{TCE} = [\ln (\text{peso final, g} - \text{peso inicial, g})] [100] / \text{tiempo (días)}$$

$$\text{FCA} = \text{Cantidad alimento consumido, g} / \text{Peso ganado, g}$$

$$\text{Supervivencia} = (\text{No. final organismos} \times 100) / \text{No. inicial organismos}$$

VI.11. Análisis Estadístico

Utilizando un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ e identificando diferencias significativas por medio de la prueba de Duncan, se aplicó análisis de varianza (ANOVA) de dos vías a los valores de los índices de desempeño biológico de los organismos, i.e., peso final, peso ganado, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimenticia y supervivencia, así como a los valores del análisis proximal de músculo y dietas experimentales. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa “Statistical Analysis System software” (SAS Institute, 1999-2000, Software Release 8.1, Cary, Carolina del Norte, EUA). Los datos de supervivencia se transformaron previamente a su análisis estadístico (transformación arcoseno), pero se presentan los datos no transformados.

VII. RESULTADOS

VII.1. Calidad de Agua

El promedio de los valores de temperatura del agua de cultivo fue de $27.8 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$, con valores mínimo y máximo de 24.5 y 29.8°C , respectivamente (Figura 11). La concentración de oxígeno disuelto tuvo valores promedio, mínimo y máximo de 6.2 ± 0.2 , 5.6 y 6.7 mg/l, respectivamente (Figura 12). Los valores mínimo y máximo del pH del agua fueron de 7.3 y 7.4 , respectivamente, en tanto que el promedio fue de 7.4 ± 0.1 (Figura 13). La salinidad promedio del agua de cultivo fue de $37.3 \pm 0.5\%$, con valores mínimo y máximo de 35.3 y 37.9% , respectivamente (Figura 14). En cuanto a la concentración del nitrógeno amoniacal total, se obtuvo un valor promedio de 0.17 ± 0.11 mg/l, con valores mínimo y máximo de 0.08 y 0.33 mg/l, respectivamente (Figura 15). Por su parte, el valor promedio de la concentración de nitritos fue aún más bajo (0.02 ± 0.01 mg/l), con valores mínimo y máximo de 0.01 y 0.03 mg/l, respectivamente (Figura 16).

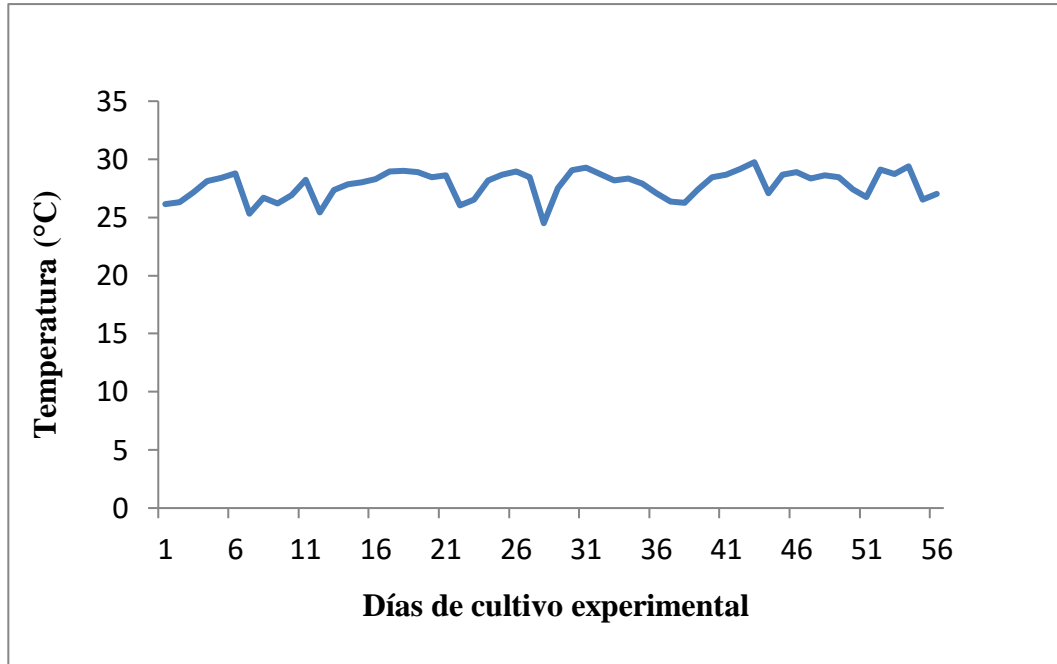


Figura 11. Temperatura del agua de cultivo durante el experimento.

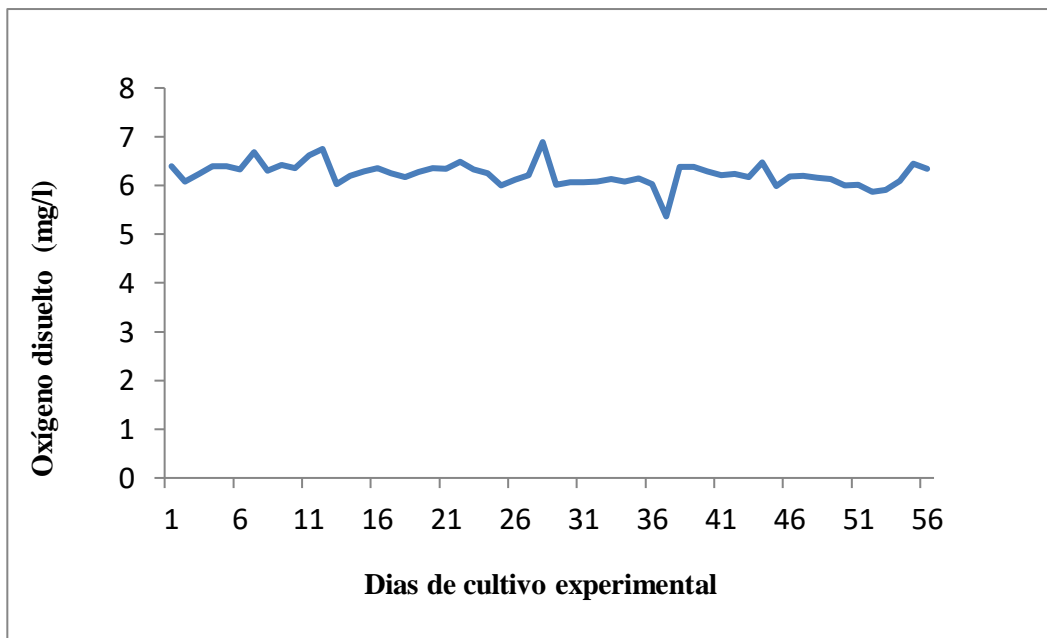


Figura 12. Concentración de oxígeno disuelto del agua de cultivo durante el experimento.

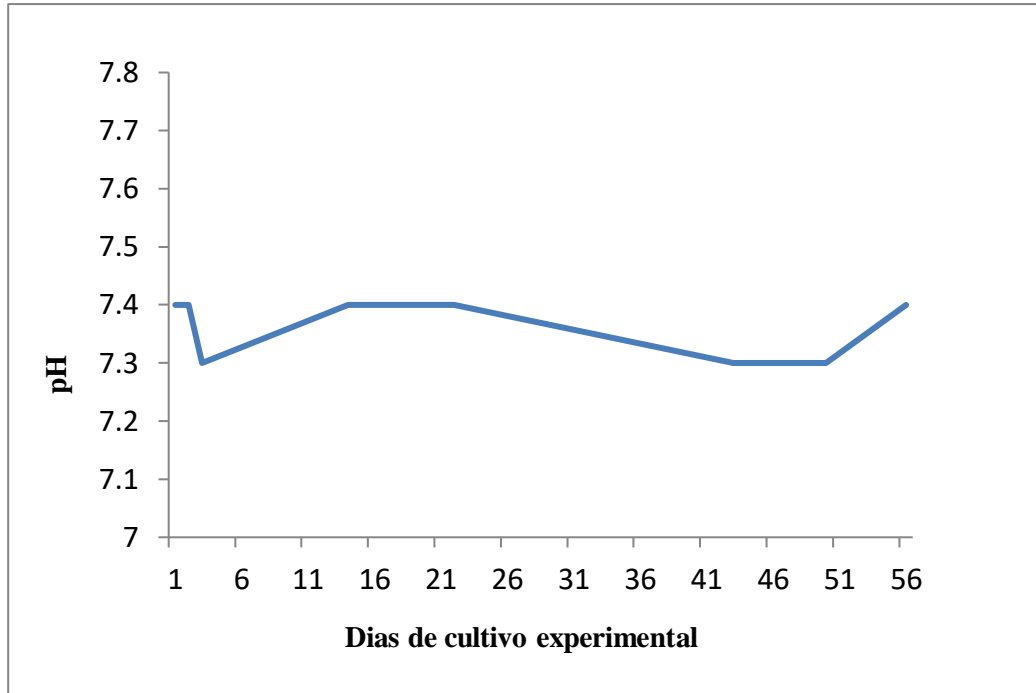


Figura 13. Comportamiento de los valores de pH del agua de cultivo.

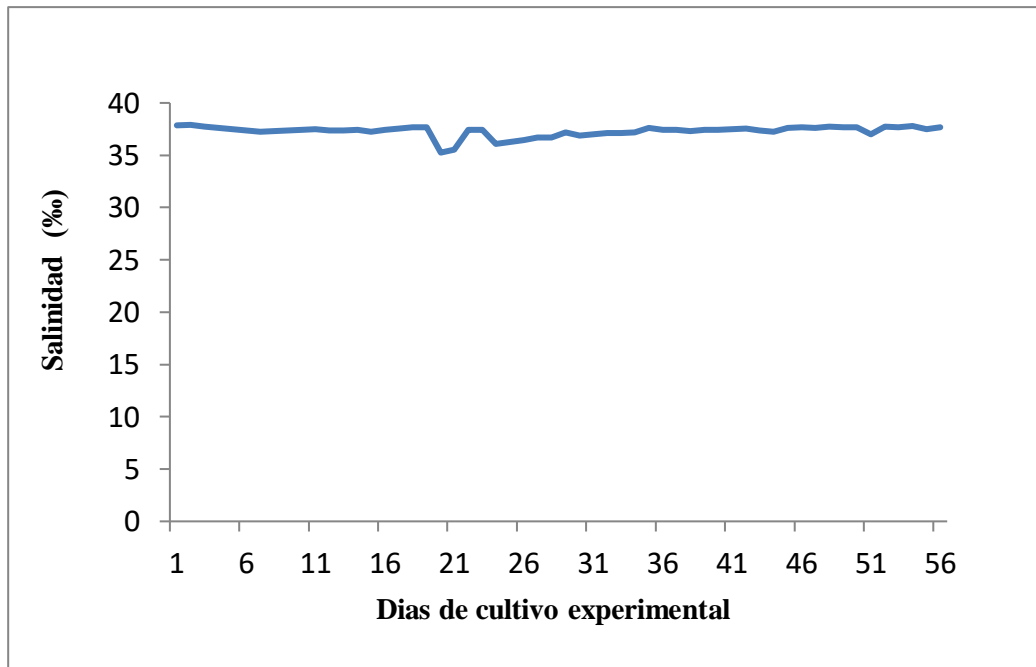


Figura 14. Salinidad del agua de cultivo durante el experimento.

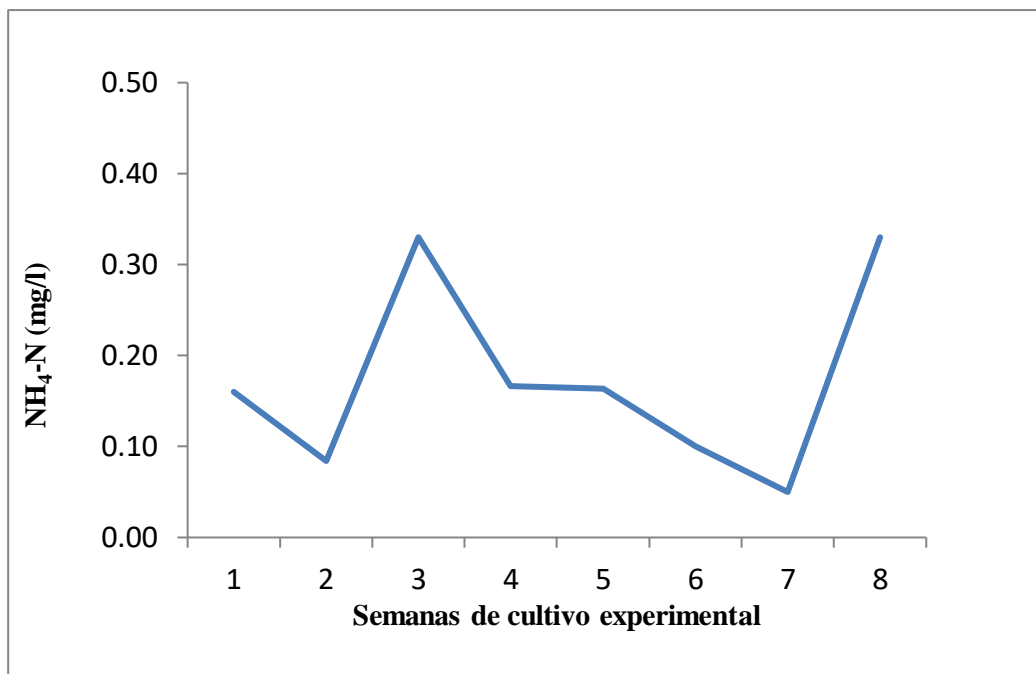


Figura 15. Concentración de NH₄-N del agua de cultivo durante el experimento.

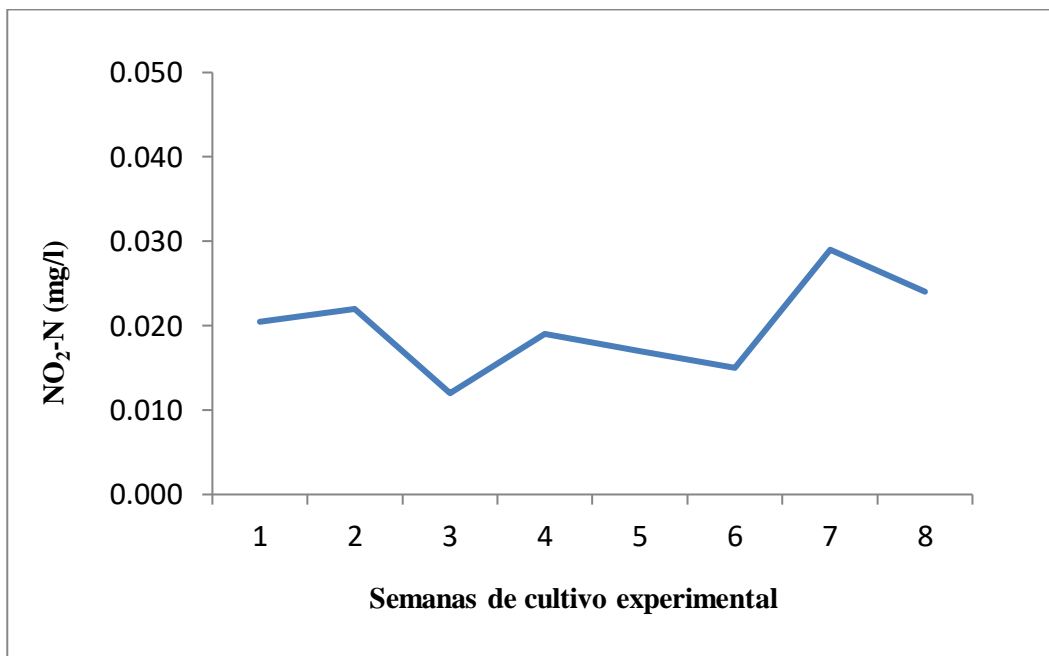


Figura 16. Concentración de NO₂-N del agua de cultivo durante el experimento.

VII.2. Análisis Proximal

El resultado del análisis proximal de las dietas experimentales se presenta en la Tabla II. Puede apreciarse el aumento proporcional de los contenidos de proteína cruda y grasa cruda en la medida en que los niveles de estos nutrientes fueron incrementados en las dietas experimentales, en tanto que los niveles de ceniza permanecieron relativamente constantes, no así el valor promedio del contenido de humedad, que varió de 3.5 a 8.3%.

En cuanto al análisis proximal del músculo de los organismos, el nivel dietario de proteína cruda, mas no el de grasa cruda, afectó significativamente el contenido de humedad de músculo, siendo mayor para los organismos alimentados con 50% de proteína, en comparación con el de los organismos alimentados con 40 y 45% de proteína, existiendo también diferencias significativas entre estos dos últimos tratamientos (Tabla III). Se observó también que el contenido de proteína cruda del músculo de peces alimentados con un nivel dietario de proteína de 50% (73.7%) fue significativamente mayor que el de peces que recibieron niveles dietarios de proteína de 40 o 45% (69.4 y 70.1%, respectivamente). Así mismo, el nivel dietario de lípido también afectó significativamente el contenido de proteína cruda en músculo, siendo estadísticamente mayor en peces que recibieron los alimento con 8 y 12% de lípido (72.3 y 72.2%, respectivamente), con respecto a aquellos que recibieron el alimento con 16% (6.8%). No se observó un efecto interactivo entre los niveles dietarios de proteína y lípido sobre el contenido de proteína cruda en músculo (Tabla III). El contenido de grasa cruda en músculo fue influenciado significativamente solamente por el nivel dietario de lípido, siendo significativamente mayor para organismos que recibieron el alimento con 16% de lípido, en comparación con el de los otros dos tratamientos (Tabla III). El contenido de ceniza fue influenciado significativamente tanto por el nivel dietario de proteína, mayor en los peces que recibieron el mayor nivel dietario de proteína, como por el nivel dietario de lípido, siendo en este último caso, mayor en organismos alimentados con los niveles de lípido de 8 y 12%, con respecto los organismos que recibieron el nivel de 16%, sin detectarse un efecto significativo de la interacción entre la proteína y el lípido dietarios sobre el contenido de ceniza (Tabla III).

Tabla II. Composición proximal* de las dietas experimentales. *Los valores representan promedios de muestras analizadas por triplicado.

Proteína (%) / Lípido (%)	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
40/8	39.4 ± 0.0	8.5 ± 0.2	7.3 ± 0.2	6.9 ± 0.3
40/12	40.6 ± 1.0	11.6 ± 0.2	5.6 ± 0.1	8.3 ± 1.5
40/16	40.6 ± 1.0	16.6 ± 0.4	4.0 ± 0.1	7.8 ± 1.2
45/8	45.2 ± 1.0	7.9 ± 0.3	6.6 ± 0.3	8.2 ± 0.2
45/12	44.0 ± 1.0	12.8 ± 0.2	6.0 ± 0.1	8.1 ± 0.0
45/16	44.6 ± 0.0	16.4 ± 0.6	6.0 ± 0.2	8.4 ± 0.1
50/8	49.7 ± 0.0	8.6 ± 0.3	8.3 ± 0.1	9.0 ± 0.2
50/12	50.9 ± 1.0	13.1 ± 0.3	5.0 ± 0.1	9.0 ± 0.2
50/16	50.3 ± 1.0	17.1 ± 0.1	3.5 ± 0.0	9.6 ± 0.7
Control	36.6 ± 1.0	7.0 ± 0.3	3.7 ± 0.1	11.2 ± 0.4

VII.3. Contenido Energético de las Dietas Experimentales

El contenido energético de las dietas experimentales se muestra en la Tabla IV. Los valores promedio variaron de 4.6 a 5.3 kcal/g. La dieta control tuvo un contenido energético de 4.2 kcal/g. Como puede apreciarse, para cada uno de los niveles de proteína dietaria (40, 45 y 50%), el incremento progresivo del nivel de lípido, de 8 a 12 y a 16%, se vio reflejado en incrementos progresivos del contenido calórico de las dietas, cuya proporción entre la proteína y la energía (proporción proteína/energía) osciló entre 80.9 y 108.3 mgP/kcal (Tabla IV).

Tabla III. Composición proximal* del músculo de *C. othonopterus* alimentado con diferentes niveles dietarios de proteína y lípido. *Los valores representan promedios de 3 réplicas por tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P < 0.05$). **Los resultados del tratamiento control se presentan como referencia pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Proteína (%)/Lípido (%)	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Cenizas (%)
40/8	70.2 ± 2.7	70.9 ± 3.4	10.80 ± 2.29	5.30 ± 0.36
40/12	71.3 ± 3.1	71.8 ± 4.1	9.00 ± 2.11	5.17 ± 0.15
40/16	72.1 ± 2.1	65.6 ± 3.5	16.17 ± 6.25	5.00 ± 0.36
45/8	73.4 ± 0.6	70.3 ± 3.4	12.73 ± 3.09	4.97 ± 0.23
45/12	74.4 ± 0.1	70.9 ± 3.0	9.73 ± 0.23	4.97 ± 0.32
45/16	74.7 ± 0.3	69.2 ± 1.7	15.03 ± 0.93	4.97 ± 0.15
50/8	76.5 ± 2.2	75.7 ± 2.2	9.37 ± 0.78	5.53 ± 0.15
50/12	76.1 ± 2.2	73.9 ± 2.9	10.43 ± 4.02	5.60 ± 0.44
50/16	75.0 ± 0.9	71.6 ± 2.3	14.00 ± 5.04	5.06 ± 0.15
Inicio	76.9 ± 0.6	77.4 ± 4.2	9.8 ± 1.7	6.4 ± 1.2
Efectos principales				
40	71.2 ^c ± 2.5	69.4 ± 4.3 ^b	12.0 ± 5.0	5.2 ^b ± 0.4
45	74.1 ^b ± 1.0	70.1 ± 2.6 ^b	12.5 ± 3.4	5.0 ^c ± 0.2
50	75.9 ^a ± 1.4	73.7 ^a ± 2.9	11.3 ± 4.1	5.4 ^a ± 0.4
Lípido (%)				
8	73.4 ± 3.0	72.3 ^a ± 3.7	11.0 ^b ± 3.1	5.3 ^a ± 0.4
12	73.9 ± 2.8	72.2 ^a ± 3.2	9.7 ^b ± 2.8	5.2 ^a ± 0.5
16	73.9 ± 1.9	68.8 ^b ± 3.5	15.1 ^a ± 4.6	5.0 ^b ± 0.3
Control**	75.3 ± 0.8	75.3 ± 1.8	13.5 ± 2.8	5.1 ± 1.4
ANOVA $Pr > 0.05$				
Proteína	< 0.0001	< 0.0001	0.4578	< 0.0001
Lípido	0.3753	< 0.0001	< 0.0001	0.0083
Proteína x Lípido	0.1385	0.0572	0.3206	0.1938

VII.4. Análisis de Digestibilidad Aparente

Los datos de digestibilidad aparente *in vivo* se presentan en la Tabla V. Los promedios de la digestibilidad aparente de las 9 dietas experimentales oscilaron de 74.1 a 80.2%. No se detectaron efectos significativos ni del nivel dietario de proteína ni del nivel dietario de lípido sobre la digestibilidad aparente. Tampoco se observó una interacción entre la proteína y el lípido dietarios sobre este parámetro (Tabla V).

VII.5. Desempeño Biológico

La respuesta de *C. othonopterus* a los niveles dietarios de proteína y lípido utilizados en el presente estudio, evaluada por los diversos índices de desempeño biológico, se caracterizó por la homogeneidad de los valores promedio obtenidos, no detectándose efectos significativos ni del nivel dietario de proteína ni del nivel dietario de lípido, así como tampoco de la interacción entre estos dos factores. La única excepción a lo anterior lo constituyó la tasa de crecimiento específico, sobre la que se observó un efecto significativo del nivel dietario de lípido, mas no así del nivel de proteína, siendo estadísticamente mayor la tasa de crecimiento específico de los organismos que recibieron el mayor nivel de lípido total (16%), con respecto a los alimentados con la dieta de 12% de lípido, pero no con respecto a los que recibieron 8% de lípido total, sin diferencias estadísticas entre estos dos últimos tratamientos (Tabla VI).

Tabla IV. Contenido energético* de las dietas experimentales. *Los valores representan promedios de muestras analizadas por triplicado.

Proteína (%)/Lípido (%)	Contenido energético (kcal/g)	Proporción proteína/energía (mgP/kcal)
40/8	4.9 ± 0.1	80.9 ± 2.6
40/12	4.9 ± 0.5	82.3 ± 0.9
40/16	5.0 ± 0.7	81.2 ± 1.0
45/8	4.6 ± 0.2	97.3 ± 3.5
45/12	4.6 ± 0.3	97.1 ± 1.0
45/16	5.0 ± 0.1	89.0 ± 2.2.
50/8	4.6 ± 0.7	108.3 ± 1.6
50/12	5.2 ± 0.1	98.8 ± 2.0
50/16	5.3 ± 0.1	95.5 ± 0.2
Control	4.2 ± 0.7	88.0 ± 1.5

Se observó un porcentaje de supervivencia de los organismos de 100% para todos los tratamientos. Así mismo, de un peso inicial global de 102.6 ± 14.1 g, los peces alcanzaron pesos finales que variaron, como puede verse en los promedios de los 9 tratamientos (Tabla VI), de 164.7 ± 34.4 g a 191.2 ± 21.9 g. Esto representó una ganancia de peso entre 62.7 ± 24.2 g y 85.8 ± 13.3 g, lo que corresponde a un incremento entre $60.2 \pm 28.3\%$ a $91.7 \pm 9.8\%$ con respecto al peso inicial. La tasa de crecimiento específico varió de 0.82 ± 0.31 a $1.14 \pm 0.11\%/día$, en tanto que el factor de conversión alimenticia lo hizo de a 1.4 ± 0.1 a 2.1 ± 0.8 .

Tabla V. Digestibilidad aparente* de *C. othonopterus* alimentado con diferentes niveles dietarios de proteína y lípido. *Los valores representan promedios de 5 réplicas por tratamiento.

Proteína (%)/Lípido (%)	Digestibilidad aparente (%)
40/8	75.2 ± 3.5
40/12	77.0 ± 2.1
40/16	74.6 ± 2.0
45/8	77.5 ± 3.0
45/12	80.2 ± 2.9
45/16	79.7 ± 2.7
50/8	75.6 ± 4.9
50/12	76.7 ± 1.8
50/16	74.1 ± 2.9
Efectos principales	
40	75.6 ± 3.3
45	79.1 ± 2.9
50	75.4 ± 3.4
Lípido (%)	
8	76.1 ± 3.7
12	78.0 ± 3.3
16	76.1 ± 3.6
ANOVA $Pr > 0.05$	
Proteína	0.0550
Lípido	0.2338
Proteína x Lípido	0.7656

Tabla VI. Desempeño biológico de *C. othonopterus* alimentado con diferentes niveles dietarios de proteína y lípido. Los valores representan promedios de 5 réplicas por tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P < 0.05$). *Los resultados del tratamiento control se presentan como referencia pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Proteína (%)/Lípido (%)	Peso inicial	Peso final (g)	Peso ganado	Peso ganado	TCE (%/día)	FCA	Supervivencia
40/8	108.5 ± 20.8	181.2 ± 31.9	72.6 ± 17.6	68.4 ± 17.6	0.90 ± 0.18	1.9 ± 0.6	100 ± 0
40/12	104.9 ± 5.6	177.5 ± 14.0	72.6 ± 11.1	69.2 ± 9.7	0.92 ± 0.08	1.8 ± 0.3	100 ± 0
40/16	107.4 ± 16.4	191.2 ± 21.9	83.8 ± 22.6	80.8 ± 31.3	1.04 ± 0.29	1.8 ± 0.5	100 ± 0
45/8	95.7 ± 15.0	164.7 ± 34.4	69.0 ± 20.1	71.0 ± 11.8	0.94 ± 0.11	1.8 ± 0.3	100 ± 0
45/12	101.1 ± 9.6	168.4 ± 18.2	67.3 ± 11.2	66.5 ± 9.4	0.90 ± 0.10	1.8 ± 0.3	100 ± 0
45/16	102.9 ± 16.0	176.0 ± 29.7	73.0 ± 14.4	70.8 ± 7.3	0.96 ± 0.09	1.7 ± 0.2	100 ± 0
50/8	99.3 ± 15.7	171.5 ± 24.2	72.2 ± 14.5	73.7 ± 16.1	0.96 ± 0.17	1.7 ± 0.4	100 ± 0
50/12	107.3 ± 14.4	170.0 ± 24.3	62.7 ± 24.2	60.2 ± 28.3	0.82 ± 0.31	2.1 ± 0.8	100 ± 0
50/16	93.2 ± 6.9	179.0 ± 19.4	85.8 ± 13.3	91.7 ± 9.8	1.14 ± 0.11	1.4 ± 0.1	100 ± 0
Efectos principales							
40	106.9 ± 14.6	183.3 ± 22.8	76.3 ± 17.3	72.8 ± 20.7	0.95 ± 0.20	1.8 ± 0.5	100 ± 0
45	99.9 ± 13.2	169.7 ± 26.7	69.8 ± 14.7	69.4 ± 9.2	0.93 ± 0.10	1.8 ± 0.3	100 ± 0
50	100.0 ± 13.4	173.5 ± 21.4	73.5 ± 19.3	75.2 ± 22.6	0.97 ± 0.24	1.8 ± 0.5	100 ± 0
Lípido (%)							
8	101.2 ± 17.0	172.5 ± 29.1	71.3 ± 16.3	71.0 ± 14.4	0.93 ± 0.15 ^{ab}	1.8 ± 0.4	100 ± 0
12	104.4 ± 10.1	172.0 ± 18.3	67.5 ± 16.0	65.3 ± 17.2	0.88 ± 0.19 ^b	1.9 ± 0.5	100 ± 0
16	101.2 ± 14.2	182.1 ± 23.3	80.9 ± 17.0	81.1 ± 20.0	1.05 ± 0.19 ^a	1.6 ± 0.4	100 ± 0
Control*	107.6 ± 21.8	149.4 ± 4.1	42.0 ± 24.3	42.9 ± 29.1	0.60 ± 0.40	4.4 ± 4.0	100 ± 0
ANOVA $Pr > 0.05$							
Proteína	0.3098	0.3210	0.5807	0.6722	0.8355	0.9566	-
Lípido	0.7701	0.4667	0.1030	0.0593	0.0495	0.2490	-
Proteína x Lípido	0.5932	0.9972	0.8313	0.4769	0.5315	0.4054	-

VIII. DISCUSIÓN

VIII.1. Calidad de Agua

Una adecuada calidad de agua es un requisito indispensable para la obtención de resultados confiables en los estudios nutricionales no solo de peces sino de crustáceos y otros organismos acuáticos (Popma y Lovshin, 1996). Debido a que el interés en la producción comercial de la curvina golfina, *C. othonopterus*, es muy reciente, los valores óptimos de los parámetros físico-químicos de calidad de agua para su cultivo aún no han sido establecidos experimentalmente. No obstante, puede señalarse que los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua evaluados en el presente estudio se mantuvieron dentro de intervalos fisiológicos de tolerancia adecuados para un gran número de especies de peces teleósteos utilizados en acuicultura (Boyd, 1990; Popma y Lovshin, 1996; Boyd y Tucker, 1998).

Siendo la temperatura uno de los factores que más influyen en el desarrollo y crecimiento de los organismos en cultivo, es necesario mantener una temperatura de cultivo estable y óptima para que los organismos puedan alcanzar el mayor crecimiento en el menor tiempo posible (Watanabe, 1988). En el presente estudio, la temperatura promedio del agua de cultivo durante el periodo experimental fue de 27.8 ± 1.2 °C. Esta temperatura yace dentro del intervalo de variación de temperatura que la curvina golfina encuentra en el Delta del Río Colorado, su hábitat natural, que va de aproximadamente 8 a 31°C, encontrando en la época de verano temperaturas muy semejantes a la ofrecida en el presente experimento (Lavín et al., 1998). Por otra parte, se han utilizado temperaturas similares a las de este estudio con otras especies de la misma región, como la cabrilla arenera, cuya distribución incluye el Golfo de California y con la que se reportó un máximo crecimiento a 27°C (Anguas-Vélez et al., 2000). Para la totoaba, *Totoaba macdonaldi*, un pez perteneciente a la misma familia que la curvina golfina, se ha registrado un buen crecimiento desde los 25.0 a los 28.4°C (Rueda-Lopez et al., 2011; Minjarez.Osorio et al., 2012).

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de cultivo es también de suma importancia para los organismos. Este factor influye directamente en el metabolismo y respiración de los peces, recomendándose mantener siempre un nivel cercano a la saturación (Wedemeyer, 1996). Los niveles de oxígeno disuelto registrados en este estudio fueron no solamente estables sino altos en todo momento (promedio de 6.2 ± 0.2 mg/l). Para el pez marino *Lateolabrax japonicus*, se obtuvieron buenos resultados de crecimiento con un nivel de 7.0 mg/l (Ai et al., 2004). Por lo anterior, se considera que la disponibilidad de oxígeno nunca fue un factor limitante para el desarrollo de los organismos en este estudio. Al mismo tiempo, los valores aquí obtenidos se encuentran alejados de los niveles mínimos críticos reportados para algunas especies de peces como el lenguado y la lubina, con 3 y 1 mg/l, respectivamente (Navarro y Gutiérrez, 1993).

Los valores de salinidad del agua de cultivo también fueron estables, con un promedio de $37.3 \pm 0.5\%$. La curvina golfina es un pez que durante su etapa de reproducción ingresa al Delta del Río Colorado, donde la salinidad se encuentra entre 33 y 37‰ (Martínez-Rojas, 1990). Por ello la salinidad registrada durante el experimento se encuentra dentro del intervalo observado en su hábitat natural. En experimentos realizados con otras especies se reportan buenos resultados en salinidades similares como en el caso de la curvina, *Argyrosomus regius*, cultivada a una salinidad de 39‰ (Chatzifotis et al., 2006) y de *Lateolabrax japonicus*, cultivada entre 36 y 39‰ (Ai et al., 2004).

El valor promedio de pH del agua de cultivo fue de 7.4 ± 0.1 , muy cercano al reportado en otros estudios con peces marinos donde se han obtenido buenos resultados en términos de crecimiento, como la totoaba, *T. macdonaldi*, y el lenguado de Cortés, *Paralychthys aestivalis*, con una valor de pH de 7.8 para ambas especies (Minjarez–Osorio, 2012). Para la curvina *Argyrosomus regius*, se obtuvieron buenos resultados con un valor de pH de 7.3 (Martínez-Llorens et al., 2011).

En acuicultura, el nitrógeno amoniacal total y los nitritos son compuestos tóxicos provenientes principalmente de la descomposición de las proteínas contenidas en el alimento balanceado, así como también de la excreción directa por parte de los peces a través de sus branquias (Lagler et al., 1984). El monitoreo constante de estos parámetros es fundamental, ya que altas concentraciones ocasionan mortalidades masivas en los cultivos. En el presente

estudio, el promedio de la concentración de nitrógeno amoniacal total fue de 0.17 ± 0.11 mg/l, un valor bajo que probablemente no representó riesgo para los organismos, tomando en cuenta que el intervalo global de valores de concentración tóxicos para los peces marinos oscila entre 0.54 y 1.77 mg/l (Weirich et al., 2003; Miller et al., 1990). En general, se ha observado que los nitritos tienen un efecto tóxico comparativamente menor que el del nitrógeno amoniacal para los peces marinos. Para causar efectos deletéreos, normalmente se necesitan concentraciones más elevadas que van, por ejemplo, de 30 mg/l para *P. orbignyanus* (Bianchini et al., 1996) a 675 mg/l para *Chanos chanos* (Almendras, 1987), incluyendo un valor intermedio de 85 mg/l para *S. ocellatus*, especie que, al igual que la curvina golfina, pertenece a la familia Sciaenidae. En este sentido, los valores de concentración de nitritos registrados en este estudio fueron muy bajos (promedio de 0.020 ± 0.05 mg/l), pudiendo considerarse que este compuesto no interfirió en el crecimiento y salud los organismos.

VIII.2. Análisis Proximal

VIII.2.1. Análisis proximal de dietas experimentales

Los valores de la composición proximal de las dietas experimentales determinada en el laboratorio estuvieron muy cercanos a los valores teóricos esperados, no solamente en términos de los incrementos graduales de proteína y lípido, sino que estos incrementos también se vieron reflejados en incrementos progresivos del contenido calórico de las dietas. Estos análisis validan tanto la formulación de las dietas experimentales como su elaboración y otorgan un alto grado de certeza de que los resultados ulteriores reflejan los efectos que estos factores nutricionales ejercieron sobre las variables de respuesta estudiadas.

VIII.2.2. Análisis proximal del músculo de peces

Tanto la proteína como el lípido dietarios, a los niveles utilizados, fueron capaces de influenciar significativamente algunos componentes del perfil proximal del músculo de los organismos. Entre otros aspectos, destaca el mayor contenido de proteína cruda en el músculo de organismos que recibieron el mayor nivel de proteína dietaria (50%), lo que sugiere que, al menos dentro del intervalo dietario utilizado de 40 a 50%, la mayor disponibilidad de proteína dietaria favorece una mayor incorporación de este nutriente en el tejido muscular, hecho que es apoyado por los hallazgos de Shiau y Lan (1996) y Lee et al. (2000), quienes también observaron mayor incorporación de proteína corporal, en función de la proteína dietaria, en el mero *Epinephelus malabaricus* y en el lenguado *Paralichthys olivaceus*.

De manera similar, el incremento del nivel dietario de lípido favoreció una acumulación significativamente mayor de este macronutriente en el músculo de los organismos. Este fenómeno ha sido observado en otras especies de peces marinos como el barramundi, *Lates calcarifer* (Catacutan y Coloso, 1995), la perca híbrida (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) (Keembiyehetty y Wilson, 1998) y otra especie de curvina, *Sciaena umbra* (Chatzifotis et al., 2006).

Otros componentes del perfil proximal del músculo, como el contenido de humedad y ceniza, también mostraron una tendencia a aumentar con el nivel de proteína dietaria en este estudio, mientras que en otros estudios similares se han observado resultados variables, e.g., una relación inversa entre la proteína dietaria y el contenido de humedad corporal en *E. malabaricus* (Shiau y Lan, 1996), pero en *P. olivaceus* no se ha observado una tendencia clara entre el nivel de proteína dietaria y el contenido corporal de humedad y cenizas (Lee et al., 2000).

VIII.3. Contenido Energético de las Dietas Experimentales

Los peces utilizan la energía para realizar sus procesos vitales, por ejemplo, para la síntesis de nuevo tejido se necesita un ingreso de energía principalmente obtenida del alimento (Kleiber, 1975). Aunque la energía no es considerada un nutriente, sí es el resultado final de la absorción de nutrientes tales como proteína, lípidos y carbohidratos, que posteriormente son oxidados y metabolizados para obtener energía como producto final. En una dieta para peces todos los compuestos orgánicos son fuentes potenciales de energía debido a que liberan calor por combustión. La cantidad de energía neta de un alimento depende mayormente de su composición química. El valor promedio de calor por combustión de proteína, lípidos y carbohidratos es de 23.6, 17.2 y 39.5 kilojoules/gramo (kJ/g), respectivamente, equivalentes a 4.1, 5.6 y 9.4 kcal/g (Brafeld y Llewellyn, 1982). Debido a que estos tres macronutrientes pueden ser utilizados por los peces como fuente de energía, es necesario encontrar tanto un nivel como un balance óptimo entre la proteína y energía dietarias con el fin de que la proteína sea utilizada para crecimiento y no como fuente de energía (Guillaume et al., 2001), colaborando además a mantener bajos niveles de excreción de nitrógeno amoniacal producto del catabolismo de la proteína dietaria (Bromley, 1980). Más aún, el mantenimiento de un balance óptimo de proteína/energía es de gran importancia en la práctica ya que se ha observado que los peces consumen alimento para satisfacer sus requerimientos energéticos. Esto implica que un alimento con un contenido de energía muy alto sería consumido en poca cantidad, restringiendo con ello la ingesta de proteína y demás nutrientes. Por el contrario, un alimento con un contenido energético demasiado bajo provocaría el uso de proteína como fuente de energía (Cho y Kaushik, 1990; Cho, 1992). Esta noción ha sido abordada para especies de la familia Scianidae por autores como Rueda-López et al. (2011), quienes alimentaron a la totoaba, *T. macdonaldi*, con dietas experimentales con tres niveles dietarios de proteína (43, 48 y 54%) y dos niveles contrastantes de lípido dietario (8.5 y 18%), cuyos contenidos calóricos variaron de 4.9-5.4 kcal/g de dieta. En términos de la proporción proteína/energía, estas dietas contenían entre 19.5 y 25.7 mg de proteína por kJ (mgP/kJ), equivalentes a 81.6 y 107.5 mgP/kcal. Los autores observaron que, para cada nivel de proteína empleado, la inclusión del nivel alto de lípido (18%) ocasionó un desbalance de la proporción

de proteína/energía (demasiada concentración energética), que se reflejó tanto en consumo significativamente menor de estos alimentos como en menor crecimiento de los peces. Por su parte, trabajando con la curvina roja y también sciánido *S. ocellatus*, Thoman et al. (1999) elaboraron alimentos balanceados con niveles dietarios de proteína de 32, 36, 40 y 44% y de lípido de 6.9, 7.6, 8.4, 9.2 y 13.2%, cuya proporción proteína/energía varió de 95.5 a 122.6 mgP/kcal. En este caso, los autores observaron que el crecimiento de los organismos aumentó en función del incremento en los niveles tanto de proteína como de energía dietaria. No se observó menor consumo de alimento ni menor crecimiento en los organismos que recibieron el alimento con el más alto nivel de proteína y lípido, pero tuvieron un contenido casi doble de grasa intraperitoneal, en comparación con peces que recibieron alimentos con menor densidad energética.

En el presente trabajo, utilizando niveles dietario de proteína de 40, 45 y 50%, así como niveles de lípido de 8, 12 y 16%, los contenidos calóricos de la dietas experimentales variaron de 4.6 a 5.3 kcal/g, en tanto que la proporción proteína/energía osciló entre 80.9 y 108.3 mgP/kcal (Tabla V), siendo estos últimos valores muy similares a los empleados por Rueda-López et al. (2011) para *T. macdonaldi*, (81.6 y 107.5 mgP/kcal). Como fue evidente en este estudio, los tratamientos experimentales empleados tuvieron efectos significativos sobre algunos de los componentes del perfil proximal del músculo de los organismos, indicando que la curvina golfina es sensible, en cierto grado, a las manipulaciones dietarias a las que fue sometida. No obstante y como se verá enseguida, la magnitud de estos efectos no fue suficiente para provocar diferencias significativas sobre el crecimiento y supervivencia de los organismos.

VIII.4. Análisis de Digestibilidad Aparente

Se conoce como digestibilidad aparente a la porción del alimento que el organismo absorbe menos la porción de alimento perdido en procesos metabólicos como ingestión y digestión (Lee and Lawrence, 1997). El método diseñado por Cho et al. (1982) para evaluar la digestibilidad *in vivo* en estudios nutricionales con peces ha sido retomado y adaptado de diversas maneras por varios autores (Jobling, 1983; Cook et al., 2000). Brevemente, este método consiste en agregar óxido crómico como un marcador inerte a las dietas experimentales, para luego calcular la digestibilidad aparente a partir de la diferencia en la concentración del marcador en el alimento y en las heces (Cho *et al*, 1982). Aún después de décadas de haberse creado, diversos factores tales como el método de colecta de las heces, la lixiviación de nutrientes del alimento y de las heces en el agua, la temperatura del agua, la especie y edad de los peces, entre otros, continúan causando controversia acerca de la validez de los resultados obtenidos no solo con éste sino con otros métodos y sus diversas variantes.

A este respecto, es pertinente resaltar que en el presente estudio no se utilizó el método de óxido crómico, sino un método más reciente, denominado método de cenizas insolubles en ácido, descrito por Montaña-Vargas et al. (2002). En su estudio, los autores no solo describieron el método sino que realizaron una validación del mismo a partir del análisis simultaneo de muestras procesadas tanto por este método como por el de óxido crómico, concluyendo que esta nueva técnica aporta resultados tanto o más acertados que el método de óxido crómico, con la ventaja adicional de necesitarse muestras relativamente pequeñas de heces, por ejemplo, 200 mg, sin perder sensibilidad de detección.

Los valores de digestibilidad aparente del presente estudio, que oscilaron entre 74.1 a 80.2%, se comparan favorablemente con el intervalo de valores observados para diversas especies de peces marinos y dulceacuícolas (50 a 87%) (Cook et al., 2000; El-Saidy y Gaber, 2004; Gaber, 2006; Hussain et al., 2011) y son mayores que los reportados por Rueda-López et al. (2011) para *T. macdonaldi* (38.1 a 43.7%), quienes emplearon el mismo método de cenizas insolubles en ácido utilizado en el presente estudio. Así como en el caso del análisis proximal de las dietas experimentales obtenido en este estudio, los valores de digestibilidad

aquí presentados también corroboran una adecuada formulación y elaboración de las mismas. Adicionalmente, el análisis estadístico de los resultados, en el que se observó que ni el nivel dietario de proteína ni el de lípido, ni su posible interacción, ejercieron una influencia significativa sobre la digestibilidad aparente, indica que los nutrientes estuvieron equivalentemente disponibles para su utilización por parte de los organismos en cultivo.

VIII.5. Desempeño Biológico

La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos, que se observó en casi todos los índices de crecimiento, aunado a la excelente tasa de supervivencia, que fue de 100% en todos los casos, es probablemente el aspecto más sobresaliente de este grupo de resultados. En términos prácticos, esto significa que no es necesario exceder de un nivel de proteína dietaria de 40%, en combinación ya sea con 8, 12 o 16% de lípido, para obtener crecimiento y supervivencia adecuados de la curvina golfinia. Estos resultados representan un avance significativo en el conocimiento de los requerimientos nutricionales de esta especie, pero a la vez forjan nuevas incógnitas. Por ejemplo, es posible que el requerimiento de proteína de esta especie sea menor de 40%, un aspecto que queda pendiente de ser evaluado. En el mismo sentido, aunque los niveles dietarios de proteína y lípido y las proporciones proteína/energía son semejantes a los empleados con otros scianidos en los que se ha observado un claro efecto sobre el crecimiento y supervivencia (Thoman et al., 1999; Rueda-López et al., 2011), en el análisis de varianza de dos vías de los diversos resultados obtenidos en este estudio nunca se detectó una interacción entre la proteína y el lípido dietarios. Por ello, en futuros estudios con esta especie, es deseable incluir menores y mayores niveles tanto de proteína como de lípido. Esto permitirá, por una parte, refinar aún más los requerimientos nutricionales de proteína y lípido de esta especie; y por otra, permitirá elucidar de manera clara la posible interacción entre estos macronutrientes.

Es también digno de resaltar que el desempeño en crecimiento de los organismos que recibieron cualquiera de las dietas experimentales sobrepasó con creces aquel de los organismos alimentados con la dieta control, cuya inclusión obedeció a la necesidad de contar con una referencia externa, teóricamente de buena calidad, con la que comparar la calidad de las dietas experimentales. Y en efecto, los resultados son muy satisfactorios, y aunados a los resultados del análisis proximal y de digestibilidad aparente de las dietas experimentales, confirman la adecuada formulación, elaboración y calidad de éstas.

Es interesante comparar la magnitud del crecimiento de la curvina golfina con el de otras especies taxonómicamente cercanas a ella. En un estudio de 173 días de duración y utilizando individuos con un peso inicial global de 94 g, Martínez-Llorens et al. (2011) registraron pesos finales del sciaénido *Argyrosomus regius* entre 174 y 393 g, que equivalen a valores de la tasa de crecimiento específico (TCE) entre 0.5 y 1.2%/día. Una comparación aún más interesante la constituye el reciente estudio realizado por Minjarez-Osorio et al. (2012) con el también sciaénido *T. macdonaldi*, principalmente por las similitudes relativas tanto en el peso inicial de los organismos (74.7 g vs. 102.6 g en este estudio), como en el tiempo de cultivo (8 semanas para ambos estudios) y el hecho de que se investigaron los efectos de niveles dietarios de proteína (47, 52 y 55%) a un nivel de lípido fijo de 8%. Dichos autores reportaran pesos finales entre 197.0 y 203.6 g, correspondiente a valores de TCE entre 1.7 y 1.8%/día (vs. TCE de 0.82 a 1.14%/día en este estudio). Para otros sciaénidos como la curvina roja, *S. ocellatus*, y la curvina verrugato del sur *A. japonicus*, se han reportado valores más altos de TCE, 3.32 y 3.25%/día, respectivamente, pero utilizando peces muy jóvenes, con peso inicial menor a 8 g (Battaglione y Talbot, 1994; Alo, 2008), por lo que la comparación de los resultados obtenidos por estos autores con los observados en el presente estudio no es precisa.

Otro aspecto interesante de los resultados obtenidos en este estudio es el factor de conversión alimenticia (FCA), que varió de 1.4 a 2.1 y que se encuentra dentro del intervalo de valores reportado (de 0.8 a 2.4) para diversos scianidos como *S. umbra*, *S. ocellatus*, *U. cirrosa*, *A. nobilis*, *A. japonicus* y *T. macdonaldi* (Battaglione y Talbot, 1994; Jirsa et al., 1997; Segato et al., 2005; Chatzifotis et al., 2006; Alo, 2008; Minjarez-Osorio et al., 2012).

En general, a partir de las comparaciones del crecimiento, supervivencia y otros índices del desempeño biológico, puede decirse que la curvina golfina presenta características afines a

otros sciánidos que se cultivan comercialmente en el mundo. Sin duda, estos resultados abren la puerta para futuras investigaciones encaminadas al cultivo comercial, que contemplen, por ejemplo, mayores tiempos de cultivo, preferentemente hasta alcanzar tallas comerciales y realizadas en infraestructura adecuada para alcanzar óptimos crecimientos, como es el caso de jaulas marinas flotantes o sumergibles, así como en estanques rústicos.

IX. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones y el periodo en el que se llevó a cabo el presente estudio puede concluirse que:

Los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua se mantuvieron dentro de intervalos fisiológicos de tolerancia adecuados para diversas especies de peces también pertenecientes a la familia Scianidae. Por lo tanto, se considera que también fueron adecuados para el cultivo de curvina golfina, *C. othonopterus*.

El análisis de la composición proximal de las dietas experimentales mostró los incrementos graduales esperados de proteína cruda, grasa cruda y contenido calórico, confirmando su adecuada formulación y elaboración.

Tanto la proteína como el lípido dietarios, a los niveles utilizados, fueron capaces de influenciar significativamente algunos componentes del perfil proximal del músculo de los organismos. Destaca la observación de que, dentro del intervalo de proteína dietaria utilizado de 40 a 50%, la mayor disponibilidad de proteína dietaria favorece una mayor incorporación de este nutriente en el tejido muscular.

De forma muy similar, el incremento del nivel dietario de lípido favoreció una acumulación significativamente mayor de este macronutriente en el músculo de los organismos.

Así mismo, los contenidos de humedad y ceniza en el músculo también mostraron una tendencia a aumentar con el nivel de proteína dietaria en este estudio.

Para cada uno de los niveles de proteína dietaria (40, 45 y 50%), el incremento progresivo del nivel de lípido (8, 12 y 16%) se vio reflejado en incrementos progresivos del contenido calórico de las dietas, confirmando, una vez más, su adecuada formulación y elaboración.

No se observó una influencia significativa sobre de la proteína o el lípido dietarios, la digestibilidad aparente de las dietas experimentales, tanto el nivel dietario de proteína, lípido o sus interacciones. Lo anterior indica que los nutrientes de las dietas estuvieron equivalentemente disponibles para su utilización por parte de los organismos en cultivo.

Por otra parte, los valores relativamente altos de digestibilidad aparente de las dietas experimentales, aunados a los resultados de su análisis proximal, corroboran la adecuada formulación y elaboración de las mismas.

Como resultado de la aplicación de los tratamientos experimentales, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para los diversos índices de crecimiento, i.e., peso final, peso ganado y tasa de crecimiento específico, ni para la supervivencia o el factor de conversión alimenticia, con la única excepción de la tasa de crecimiento específico, sobre la que se observó un efecto significativo del nivel dietario de lípido. En general, estos resultados indican que no es necesario exceder de un nivel de proteína dietaria de 40%, en combinación ya sea con 8, 12 o 16% de lípido, para obtener crecimiento y supervivencia adecuados de la curvina golfina.

La magnitud del crecimiento de la curvina golfina, cuya tasa de crecimiento específico en este estudio, se compara favorablemente con la de otras especies de peces, de tallas similares y también pertenecientes a la familia Sciaenidae.

Finalmente, el factor de conversión alimenticia, que varió de, se encuentra dentro del intervalo de valores reportado para diversos sciánidos.

X. RECOMENDACIONES

El presente estudio contribuye significativamente al incremento del conocimiento de los requerimientos nutricionales de la curvina golfina, *C. othonopterus*. Pero al mismo tiempo, pone de manifiesto nuevos aspectos que deben ser abordados en futuras investigaciones con esta especie. Entre estos aspectos se encuentran:

Ampliar el intervalo de niveles dietarios de proteína y lípido empleados en el presente estudio, con el fin refinar el requerimiento nutricional que la especie pueda tener de estos nutrientes. Esta estrategia permitiría elucidar, entre otros aspectos, si el requerimiento nutricional de proteína de la curvina golfina es menor de 40%, así como la posible interacción entre estos nutrientes.

Realizar futuras investigaciones que contemplen mayores tiempos de cultivo, preferentemente hasta alcanzar una talla comercializable, mismas que idealmente deben ser realizadas en infraestructura adecuada para alcanzar crecimientos óptimos, como es el caso de jaulas marinas flotantes o sumergibles, así como en estanques rústicos.

Investigar las condiciones físico-químicas óptimas para el cultivo de esta especie, *i.e.*, temperatura, salinidad y pH, así como investigar su tolerancia a compuestos nitrogenados.

XI. LITERATURA CITADA

- Ai, Q., Mai, K. y H. Li. 2004. Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture* 230: 507-516.
- Almendras, J.M.E., 1987. Acute nitrite toxicity and methemoglobinemia in juvenile milkfish (*Chanos chanos* Forsskal). *Aquaculture* 61: 33-40.
- Alo, M. 2008. Florida researchers test prototype recirc system to rear Red Drum juveniles. *Hatchery International* 9: 46-47.
- Alvarez-Castillo, M.A., 2000. La pesca ribereña de curvina golfina en San Felipe, B.C. Tesis de Maestría, COLEF, Tijuana, B.C.
- Anguas-Vélez, B. H., R., Civera-Cerecedo, M., Contreras-Olguín M., Rueda, R.A.-Jasso y J. Guillaume. 2000. Preliminary study on the timing of weaning of spotted sand bass (*Paralabrax maculatofasciatus*) larvae with a prepared diet: effects on growth and survival. *Journal of Applied Aquaculture* 10: 1-15.
- AOAC, 2005. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis 18th ed.
- Araya, H. A., 1984. Los sciaenidos (curvinas) del golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trap.*, 32: 179-196 pp.
- Arnold, C.R., Bailey, W.H., Williams, T.D., Johnson, A. y J.L. Laswell. 1977. Laboratory spawning and larval rearing of red drum and southern flounder. *Proceedings of the Annual Conference of the Southern Association of Game and Fish Commissioners*.
- Avilés, A. 2000. Cultivo de Peces Marinos. Cap. XV. Estado de Salud de la Acuicultura, 2000. INP.

- Battaglione, S.C. y R.B. Talbot. 1994. Hormone induction and larval rearing of mullet, *Argyrosomus hololepidotus* (Pisces. Sciaenidae). *Aquaculture* 126: 73-81.
- Bianchini, A., Wasielesky, W. y K.C. Filho-Miranda. 1996. Toxicity of nitrogenous compounds to juveniles of flatfish *Paralichthys orbignyanus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56: 453–459.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for Aquaculture. Auburn University, Alabama.
- Boyd, C.E. y C.S. Tucker. 1998. Water Quality and Pond Soil Analysis for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Alabama, USA.
- Brafield, A.E. y M.J. Llewellyn. 1982. Animal Energetics. Blackie & Son Ltd., Glasgow: 168pp.
- Brett, J. R. y T. D. D. Groves. 1979. Physiological energetics. *Fish physiology* 8: 335-348.
- Bromley, P.J., 1980. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot *Scophthalmus maximus*. *Aquaculture* 19, 359–369.
- Brown-Peterson N.J., Peterson M.S., Nielland D.L., Murphy M.D., Taylor R.G. y J.R. Warren. 2002. Reproductive biology of female spotted seatrout *Cynoscion nebulosus*, in the Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fishes* 63: 405-415.
- Cardenas, S. 2011. Acuicultura de Curvinas (Pisces: Sciaenidae) En América y El Mundo. Tercer Congreso Nacional de Acuicultura, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru, Febrero 2011.
- Carta Nacional Pesquera. 2004. Diario oficial. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Carta Nacional Pesquera. 2012. Diario oficial. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Catacutan, M.R. y R.M. Coloso. 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 131:125–133.

- Chao, N.L. 1995. Sciaenidae. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen 3. Vertebrados-Parte 2, Vol. 3: 1201-1813 pp.
- Chao, L.N. y Musick. 1977. Life history, feeding habits, and functional morphology of juvenile sciaenids fishes in the river Estuary, Virginia. Fish. Bull., 75: 657-702.
- Chatzifotis S., Villamor A., Limberis N., Papandroulakis N. y P. Divanach. 2006. First data on growth of culture brown meagre *Sciaena umbra* using diets with different protein and fat contents. Fisheries Science 72: 83-88.
- Cho, C.Y. 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. Aquaculture 100: 107–123.
- Cho, C.Y. y S.J. Kaushik. 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout. World Rev. Nutr. Diet. 61:132–172.
- Cho, C.Y., Slinger, S. J. y H.S. Bayley. 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. Comp. Biochem. Physiol. 37::25-41.
- Cook, J.T., McNiven, M.A., Richardson, G.F. y A.M. Sutterlin. 2000. Growth rate, body composition and feed digestibility conversion of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture 188: 15–32.
- Daniels, W.H. y E.H. Robinson. 1986. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture 53: 243–252.
- El-Saidy, D.M.S.D. y M.M.A. Gaber. 2004. Use of cottonseed meal supplemented with iron for detoxification of gossypol as a total replacement of fish meal in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. Aquaculture Research 35: 859-865.
- FAO, 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO. 2012. The state of the world fisheries and aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department. Rome. 2012. ISSN 1020-5849.

- Gaber, M.M.A. 2006. Partial and complete replacement of fish meal by broad bean meal in feeds for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L., fry. *Aquaculture Research* 37: 986-993.
- Gatlin III, D.M., 2002. Red drum, *Sciaenops ocellatus*. In: Webster, C.D., Lim, C.E. (Eds.), *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI Publishing, New York, N.Y, pp. 147–158.
- González-Rocha, J. 2000. Manejo de recursos naturales. Oficina Regional de la FAO para la América Latina y el Caribe. 125-131 pp.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. y R. Métailler. 2001. *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. Praxis Publishing. 1ra. Ed. Chichester, UK. 408pp.
- Guisado, D., Carrasco, C., Díaz, S.-Guisado, D., Maltrain, R. y H. Rojas. 2012. Embryonic development, larval morphology and juvenile growth of the sea cucumber *Athyonidium chilensis* (Holothuroidea: Dendrochirotida), *Rev. biol. mar. oceanogr.* 47: 65-73.
- Heiden, Van der. 1985. *Taxonomía, Biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California*, Cap. 4: 149-200.
- Hill K. 2005. Species name: *Cynoscion nebulosus* (*Spotted seatrout*). Species Inventory at Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, USA.
- Holt, J. 2000. Cultivation of Sciaenidae: perspectives for aquaculture and nature conservation. Workshop on New Species for Aquaculture. 20-21 November 2000, Faro, Portugal.
- Hong, W. y Q. Zhang. 2003. Review of captive bred species and fry production of marine fish in China. *Aquaculture* 227: 305-318.
- Hussain, S.M., Afzal, M., Salim, M., Javid, A., Khichi T.A.A., Hussain, M. y S.A. Raza. 2011. Apparent digestibility of fish meal, blood meal and meat meal for *Labeo rohita* fingerlings. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 21: 807-811.
- Iglesias, J., F. J. Sánchez, Otero, J. J. y C. Moxica. 2000. Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier): Present knowledge, problems and perspectives. *Cahiers Options Méditerranéennes* 47: 313-321.

- Jirsa D.O., Davis D.A. y C.R. Arnold. 1997. Effects of dietary nutrient density on water quality and growth of red drum *Sciaenops ocellatus* in closed systems. J. World Aquaculture Society 28: 68-78.
- Jobling, M. 1983. A short review and critique of methodology used in fish growth and nutrition studies. J. Fish Biol. 23: 685–703.
- Johnson, M.W., Rooker, J.R., Gatlin III, D.M. y J. Holt. 2002. Effects of variable ration levels on direct and indirect measures of growth in juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 274: 141–157.
- Keembiyehetty, C.N. y R.P. Wilson. 1998. Effects of water temperature on growth and nutrient utilization of sunshine bass (*Morone chrysops* X *Morone saxatilis*) fed diets containing different energy/protein ratios. Aquaculture 166: 151– 162.
- Kleiber, M. (1975) The fire of life. Robert E. Kleiber Publishing Co., New York. 453 pp.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller y M. Pasion. 1984. Ictiología. AGT Editor, S.A. México, D.F. 506 pp.
- Lavín, M.F., Godínez, V.M. y L.G. Alvarez. 1998. Inverse-estuarine features of the upper Gulf of California. Estuar. Coast. Shelf Sci. 47: 769–795.
- Lazo J.P., Dinis, M.T., Holt G.J., Faulk; C. y C.R. Arnold. 2000. Co-feeding microparticulate diets with algae: toward eliminating the need of zooplankton at first feeding in larval red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture 188: 339-351.
- Lee, P.G. y A.L. Lawrence. 1997. Digestibility. In: D’Abramo, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M. (Eds.), Crustacean Nutrition: Advances in World Aquaculture. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.194–260pp.
- Lee S.M., Cho S.H. y K.D. Kim. 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile lounder *Paralichthys olivaceus*. Journal of Aquaculture Society 31: 306-315.

- Lim, C. y W. Dominy. 1990. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp. *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 87: 53-63.
- Liu, M. y Y. Sadovy. 2008. Profile of a fishery collapse: why mariculture failed to save the large yellow croaker. *Fish and Fisheries* 9: 219-242.
- López L.M., Torres A. L., Durazo, E., Drawbridge M. y D.P. Bureau. 2006. Effects of lipid on growth and feed utilization of white seabass (*Atractoscion nobilis*) fingerlings. *Aquaculture* 253: 557-563.
- Martínez Llorens, S., Espert, Moya, J., Jover, C.M., A. Tomás-Vidal. 2011. Growth and nutrient efficiency of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801) fed extruded diets with different protein and lipid levels *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 3: 195-203.
- Martínez-Rojas, M.K. 1990. Distribución espacial y registros circadianos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el Delta del Río Colorado. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C. 69 pp.
- Miller, D.C., Poucher, S., Cardin, J.A. y D. Hansen. 1990. The acute and chronic toxicity of ammonia to marine fish and a mysid. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* 10: 40-48.
- Minjarez-Osorio, C., Gonzales-Félix, M.L. y Perez-Velazquez. 2012. Biological performance of *Totoaba macdonaldi* in response to dietary protein level. *Aquaculture* 362-363: 50-54.
- Montaño-Vargas, J., Shimada, A., Vásquez, C. y M.T. Viana. 2002. Methods of measuring feed digestibility in the green abalone (*Haliotis fulgens*). *Aquaculture* 213: 339-346.
- Navarro, I. y J. Gutiérrez. 1993. Fisiología de la respiración y excreción respiración y excreción. F. Castello Orway. *Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Universidad de Barcelona 1993. 300-301 pp.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the world*. 3 ed. Jhon wiley and sons, Inc., New York, 600 pp.

- Páez-Osuna, F. 2001. Camaronicultura y medio ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación Mazatlán, UNAM, Programa Universitario de Alimentos y El Colegio de Sinaloa. México D.F. 451 p.
- Pirozzi, I., Booth, M.A. y G.L. Allan. 2010. The interactive effects of dietary protein and energy on feed intake, growth and protein utilization of juvenile mullet (*Argyrosomus japonicus*). *Aquac. Nutr.* 16: 61–71.
- Popma, T.J. y L.L. Lovshin. 1996. World prospects for commercial production of tilapia. Research and Development Series 41 International Center for Aquatic Environment, Department of Fisheries and Allied Aquaculture, Auburn University, Alabama. 24 pp.
- Román-Rodríguez, 1990. Alimentación de *Totoaba macdonaldi* (pisces Sciaenidae) en la parte norte del Alto Golfo de California. *Ecologica* 1: 1-9.
- Román-Rodríguez, M.J., 2000. Estudio poblacional del chano norteño, *Micropongia megalops* y la curvina golfinia *Cynoscion othonopterus* (Gilbert) (Pisces: Sciaenidae), especies endémicas del alto Golfo de California, México. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N. L298. Mexico D.F.
- Rueda-López, S., Lazo, J. P., Correa, R. G. y M.T. Viana. 2011. Effect of dietary protein and energy levels on growth, survival and body composition of juvenile *Totoaba macdonaldi*. *Aquaculture* 319: 385–390.
- Sánchez, A., Suárez, J. y C. Durruty. 2010. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de primeros juveniles de corvina pinta *Cynoscion nebulosus* (Cuvier, 1803).
- Sandifer P.A., Hopkins J.S., Stokes A.D. y R.D. Smiley. 1993. Experimental pond grow-out of red drum, *Sciaenops ocellatus*, in South Carolina. *Aquaculture* 118: 217-228.
- Segato, S., Lopparelli, R.M., Borgoni, N., Zanella, L., Corato, A. y I. Andrighetto. 2005. Effect of dietary crude fat to NFE ratio on growth, feed efficiency and quality traits of juvenile shi drum (*Umbrina cirrosa*). *Cahiers Options Méditerranéennes* 63: 27-34.

- Serrano, J., Nematipour, G.L. y D.M. Gatlin III. 1992. Dietary protein requirement of red drum (*Sciaenops ocellatus*) and the relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture* 101: 283–291.
- Thoman, E.S., Davis, D.A. y C.R. Arnold. 1999. Evaluation of growout diets with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture* 176: 343–353.
- Thompson, D.A. y N. McKibbin, 1976. Gulf of California fishwatcher's guide. Golden Puffer Press. Tucson, Az. 75 pp.
- Turano, M.J., Davis, D.A. Y C.R. Arnold. 2002. Optimization of growout diets for red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquac. Nutr.* 8: 95–101.
- Villamer, A. 1972. Age determination in fishes of the family Sciaenidae. *J. Ichtol.* 13: 550-561.
- Vojkovich, M. y S. Crooke. 2001. White seabass. California's Marine Living Resources: A Status Report.
- Watanabe, T. 1988. Fish nutrition and mariculture. Department of Aquatic Biosciences. Tokyo University of Fisheries, Japan. 233 pp.
- Wedemeyer, G.A. 1996. Interactions with Water Quality Conditions *in* Physiology of Fish in Intensive Culture Systems. Chapman and Hall, New York, New York.
- Weirich, C.R., Segars, A., Bruce, J., Browdy, C.L. 2003. Development and implementation of biosecurity protocols and procedures at the Waddell Mariculture Center. In: Lee, C.S. (Ed.), *Biosecurity in Aquaculture Production Systems: Exclusion of Pathogens and Other Undesirables*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA. 139–156 pp.