



UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y
TECNOLÓGICAS

POSGRADO EN BIOCENCIAS

**EFFECTO DEL NIVEL DE LÍPIDO DIETARIO Y
REEMPLAZO DE ACEITE DE PESCADO EN
ALIMENTO BALANCEADO PARA JUVENILES DE
CURVINA DE ALETA CORTA (*Cynoscion parvipinnis*).**

TESIS

Para obtener el grado de:

MAESTRO EN BIOCENCIAS

Presenta:

CARLOS ALBERTO MALDONADO OTHON

Hermosillo, Sonora, México

15 de Diciembre de 2015

Universidad de Sonora

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

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis intitulada EFECTO DEL NIVEL DE LÍPIDO DIETARIO Y REEMPLAZO DE ACEITE DE PESCADO EN ALIMENTO BALANCEADO PARA JUVENILES DE CURVINA DE ALETA CORTA (*Cynoscion parvipinnis*) presentada por Carlos Alberto Maldonado Othón, la han encontrado satisfactoria y recomendada que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Biociencias con especialidad en acuicultura.



Dra. Mayra Lizett González Félix

Asesor



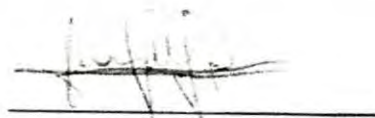
Dr. Martín Pérez Velázquez

Sinodal



Dr. Gerardo Navarro García

Sinodal



Dr. Juan Pablo Lazo Corvera

Sinodal

DEDICATORIA

A mi familia:

Osvelia Othón Encinas, Bernardo Maldonado Calvario, Diana Maldonado Othón y Luis
Bernardo Maldonado Othón. A mi abuelo Florencio Maldonado † que en paz descansa.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora y al Posgrado en Biociencias por permitirme realizar mis estudios de posgrado dentro de sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico para la realización de este proyecto.

A la Dra. Mayra Lizett González Félix y al Dr. Martín Pérez Velázquez, por todo su apoyo, consejos y asesoramiento durante los periodos de licenciatura y maestría.

A mis sinodales el Dr. Gerardo Navarro y Dr. Juan Pablo Lazo, por sus consejos y apoyo para el mejoramiento de este trabajo.

Al personal de la Unidad Experimental Kino (UEK), Fulgencio García, Leopoldo “Polo” Encinas y Ulises Becerra, Oscar Acosta, Chuy, Marcos, por todo el apoyo otorgado, durante el desarrollo de la fase experimental del estudio.

A mi familia, que son parte fundamental en mi vida y gracias a ellos soy la persona que he llegado a ser.

A mi novia Lyra Duarte Rodríguez, por todo su apoyo, cariño y paciencia, que es muy importante durante la realización de un experimento.

Al M.C. Christian Minjarez Osorio que siempre estuvo ahí para ayudarme cuando lo necesité.

A mis compañeras de laboratorio, Perla Urquidez, Juliana Rojo y Edna Santana, por el apoyo y convivencias que tuvimos durante este tiempo.

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento y supervivencia de la curvina de aleta corta *Cynoscion parvipinnis* durante 56 días en respuesta a dietas isoproteicas con tres niveles de lípido dietario (8, 12 y 16%) y tres niveles de inclusión de aceite de pescado (100, 75 y 50%) mediante un diseño experimental factorial 3×3 . Los organismos con peso promedio inicial de 97.5 g fueron sembrados a razón de 6 peces por tanque en un sistema de cultivo de recirculación que consta de tanques de 250 L de capacidad. Cada tratamiento contó con 4 réplicas. Al final del experimento no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para los efectos principales, lípido dietario y nivel de reemplazo, o sus interacciones para la mayoría de los parámetros de crecimiento evaluados; sin embargo, sí se observaron para los valores de composición proximal y perfil de ácidos grasos de organismos y tejidos. El peso ganado fluctuó entre 32.2-37.5 g y la tasa de crecimiento específico entre 0.50-0.58. El lípido dietario afectó el contenido de grasa cruda de músculo (1.33-1.81%), hígado (28.15-34.69%) y organismo completo (4.80-6.26%), incrementándose a medida que se incrementaba el nivel de inclusión. El perfil de ácidos grasos de tejidos, en general, reflejó la disminución de aceite de pescado al ser reemplazado por el de soya, y el contenido de ácidos grasos incrementó al aumentarse el lípido dietario. En músculo se registraron valores de 0.39-0.79 mg de EPA/g y 1.08-1.57 mg de DHA/g. Los índices de aterogenicidad (1.17-1.24) y trombogenicidad (0.19-0.27) mostraron valores bajos aun con 50% de reemplazo de aceite de pescado, por lo que se recomienda una formular alimentos balanceados con 8% de lípido dietario y hasta 50% de reemplazo de aceite de pescado por aceite de soya, pues el filete conserva su valor nutricional como fuente de ácidos grasos esenciales.

ABSTRACT

Growth and survival of the short fin corvina *Cynoscion parvipinnis* was evaluated during 56 days in response to isoproteic diets with three levels of dietary lipid (8, 12 and 16%) and three levels of dietary inclusion of fish oil (100, 75 and 50%) using a 3 × 3 factorial experimental design. Fish with an average initial weight of 97.5 g were stocked at a rate of 6 fish per tank in an indoor recirculation culture system with 250 L tanks. Each treatment was assigned to 4 replicate tanks. At the end of the feeding trial, no significant differences between treatments were observed for the main effects, dietary lipid and replacement level, or their interaction, with respect to most of the growth parameters evaluated. However, significant differences were observed in the proximate composition and fatty acid profile of whole fish and tissues. Weight gain ranged between 32.2-37.5 g, while specific growth rate ranged from 0.50-0.58. Crude fat content of muscle (1.33-1.81 %), liver (28.15-34.69 %) and whole body (4.80-6.26 %) was significantly affected by the dietary lipid level, increasing as the level of inclusion increased. The fatty acid profile of tissues, in general, reflected the replacement of fish oil by soybean oil, and the fatty acid content increased when the level of dietary lipid level increased. Muscle tissue showed values from 0.39-0.79 mg EPA and 1.08-1.57 mg DHA/g of wet tissue. Atherogenicity (1.17-1.24) and thrombogenicity (0.19-0.27) indices showed low values, even when fish were fed the diets with 50% dietary replacement of fish oil. Thus, a dietary lipid level of 8% and up to 50% of fish oil replacement by soybean oil is recommended in practical diets for the growout of *C. parvipinnis*, since the nutritional value of the fillet as a source of essential fatty acids is still preserved.

ÍNDICE GENERAL

	Página
APROBACIÓN	<i>ii</i>
DEDICATORIA	<i>iii</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>iv</i>
RESUMEN	<i>v</i>
ABSTRACT	<i>vi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>ix</i>
INDICE DE TABLAS	<i>x</i>
I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
I.1. Acuacultura	3
I.2. Acuacultura de peces marinos	4
I.2.1. Acuacultura de peces marinos en México	4
I.3. La Familia Sciaenidae	5
I.4. Curvina de aleta corta (<i>C. parvipinnis</i>)	6
I.4.1. Sistemática de la curvina de aleta corta	7
I.4.2. Distribución de la curvina de aleta corta	8
I.5. Nutrición en la acuacultura	8
I.6. Lípidos	9
I.7. Aceite de pescado y ácidos grasos esenciales de la familia n-3	10
I.8. Reemplazo de aceite de pescado por aceites vegetales	11
II. HIPÓTESIS	13
III. OBJETIVOS	14
II.1. Objetivo general	14
II.2. Objetivos específicos	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	15
IV.1. Obtención y aclimatación de los organismos	15
IV.2. Sistema de cultivo experimental	15
IV.3. Diseño experimental y formulación de dietas experimentales	17
IV.4. Preparación de dietas experimentales	17
IV.5. Siembra, alimentación y mantenimiento de organismos	20
IV.6. Calidad de agua	20
IV.7. Parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia	20
IV.8. Análisis proximal	22
IV.8.1. Determinación de proteína cruda	22
IV.8.2. Determinación de grasa cruda y perfil de ácidos grasos	23
IV.8.3. Determinación de humedad	24
IV.8.4. Determinación de cenizas	24
IV.8.5. Determinación de fibra cruda	25
IV.8.6. Determinación del contenido energético de las dietas	25
IV.9. Análisis estadístico	26

	Página
V. RESULTADOS	27
V.1. Parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia	27
V.2. Composición proximal de organismos completos y tejidos	27
V.3. Composición de ácidos grasos de dietas, organismos completos y tejidos	28
V.4. Índices de aterogenicidad y trombogenicidad	41
V.5. Respuesta en crecimiento a la concentración dietaria de DHA+EPA	42
VI. DISCUSIÓN	44
VI.1. Parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia	44
VI.2. Composición proximal de organismos completos y tejidos	46
VI.3. Composición de ácidos grasos de dietas, organismos completos y tejidos	47
VI.4. Índices de aterogenicidad y trombogenicidad	48
VI.5. Respuesta en crecimiento a la concentración dietaria de DHA+EPA	49
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. RECOMENDACIONES	52
IX. LITERATURA CITADA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Morfología de un juvenil de curvina de aleta corta.	7
2	Morfología de un adulto de curvina de aleta corta.	7
3	Distribución geográfica de la curvina de aleta corta <i>C. parvipinnis</i> (FishBase).	8
4	Sistema de cultivo experimental del Laboratorio Húmedo de Nutrición de la Unidad Experimental Kino.	16
5	Extrusor Hobart utilizado para la elaboración de las dietas experimentales.	17
6	Elaboración de las dietas experimentales con un extrusor Hobart.	18
7	Secado de las dietas experimentales.	18
8	Diseción de hígado para determinación de índice hepatosomático.	21
9	Analizador de Nitrógeno Dumas.	22
10	Proceso para la determinación de grasa cruda.	24
11	Proceso de extracción de fibra cruda de las dietas experimentales.	25
12	Proceso de determinación de contenido energético mediante el uso de calorimetría.	26
13	Peso ganado (g) con respecto al contenido de DHA+EPA de las dietas experimentales.	42
14	Tasa de crecimiento específico con respecto al contenido de DHA+EPA de las dietas experimentales.	43
15	Coefficiente térmico de crecimiento con respecto al contenido de DHA+EPA de las dietas experimentales.	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Ingredientes, composición proximal (%) y contenido energético (cal/g) de las dietas experimentales con tres niveles de lípido dietario (8, 12 y 16%) y tres niveles de inclusión de aceite de pescado/aceite de soya (100% AP, 75% AP-25% AS y 50% AP-50% AS) para alimentar juveniles de <i>Cynoscion parvipinnis</i> .	19
2	Desempeño biológico y eficiencia de alimentación de <i>C. parvipinnis</i> alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores para los efectos principales son promedios \pm desviación estándar de doce tanques replicados; los valores para los tratamientos son promedios \pm D.E. de cuatro tanques replicados. Las medias con superíndice diferente dentro de la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).	30
3	Composición proximal de organismos completos, músculo e hígado de <i>C. parvipinnis</i> alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de organismo completo consiste de tres organismos de cada tratamiento; cada muestra compuesta de músculo e hígado consiste en tejidos de dos organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.	31
4	Perfil de ácidos grasos de las dietas experimentales (mg de ácido graso/g de dieta) con tres diferentes niveles dietarios de lípido y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado que se utilizaron para alimentar durante 56 días a juveniles de <i>C. parvipinnis</i> . Los valores representan promedios de 2 réplicas \pm D.E.	33
5	Perfil de ácidos grasos de organismo completo (mg de ácido graso/g de tejido húmedo) de <i>C. parvipinnis</i> alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de organismo completo consiste de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición	35

- de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.
- 6 Perfil de ácidos grasos de músculo (mg de ácido graso/g de tejido húmedo) de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de músculo consiste de tejido muscular de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico. 37
- 7 Perfil de ácidos grasos de hígado (mg de ácido graso/g de tejido húmedo) de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de hígado consiste de hígado de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico. 39
- 8 Índices de aterogenicidad y trombogenicidad de músculo de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con diferentes niveles dietarios de lípido y reemplazo de aceite de pescado. Los valores para efectos principales son promedios de las medias de los tratamientos; los valores de las medias de tratamientos fueron calculados de los promedios en la Tabla 6 y promedios de 14:0 no reportado en dicha Tabla; 12:0 no fue detectado. 41

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Recientemente, la acuicultura camaronera del noroeste de México ha disminuido considerablemente su producción, principalmente debido a los diferentes tipos de enfermedades que han perjudicado la actividad. Dos de los patógenos más peligrosos que han infectado el camarón de cultivo son el virus de la mancha blanca (WSSV, por sus siglas en Inglés) y en los últimos años, el síndrome de mortalidad temprana (EMS, por sus siglas en Inglés), este último, provocó cerca de 118 millones de dólares en pérdidas para los productores mexicanos en el año 2013 (González-Rocha, 2000; Schryver *et al.*, 2014). Debido a esto, en los últimos años el interés por la diversificación de las especies que están siendo cultivadas ha aumentado, destacando el grupo de peces marinos como buenos candidatos para ello. De hecho, el esfuerzo por desarrollar cultivos de peces marinos ha ido en aumento en los últimos años. Los peces marinos nativos de la región noroeste de México se han estudiado recientemente como una opción para la acuicultura, específicamente, la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) (Perez-Velazquez *et al.*, 2014; Perez-Velazquez *et al.*, 2015a) y la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) (Rueda-López *et al.*, 2011; Minjarez-Osorio *et al.*, 2012), ambas especies pertenecientes a la familia Scianidae así como también el pez objeto del presente estudio, la curvina de aleta corta (*Cynoscion parvipinnis*).

La pesquería de los miembros de la familia Scianidae es económicamente una de las más importantes en el mundo (Roman-Rodríguez, 2000). Entre 2005-2010 la pesca de curvinas en el estado de Baja California, México, reportó un volumen de pesca promedio de aproximadamente 2,140 toneladas al año que representa el 31.5% de la captura total y el 25.1% de los ingresos totales de la pesca de peces de aleta en el estado, esto habla de la buena aceptación del producto en el mercado regional (SAGARPA, 2011).

La curvina de aleta corta es un pez carnívoro, endémico del Golfo de California, que se considera como un buen prospecto para la acuicultura. Esta curvina puede alcanzar hasta 60 cm de longitud y habita en fondos arenosos costeros (Chao, 1995). Algunos esfuerzos exitosos

para reproducir la especie en cautiverio han sido realizados por el Centro de Reproducción de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) logrando la producción de alevines, sin embargo no hay gran cantidad de información acerca de otros aspectos relacionados con este organismo, por ejemplo, sus requerimientos nutricionales, por ende, no existe un alimento específico para su cultivo comercial.

Los lípidos son uno de los nutrientes más importantes que componen el alimento balanceado de peces marinos; actúan como componentes importantes de la estructura de las membranas celulares, son una fuente concentrada de energía y la fuente principal de ácidos grasos esenciales que son importantes para mantener la salud, crecimiento y reproducción de los organismos. Ciertos ácidos grasos actúan como precursores de eicosanoides, biomoléculas que ayudan principalmente al sistema inmune y la respuesta inflamatoria (Higgs y Dong, 2000; Sargent *et al.*, 2002; Turchini *et al.*, 2009). Por otra parte, en términos económicos, la proteína es el nutriente de mayor costo en la formulación de alimentos, por ello es importante establecer la proporción adecuada entre los niveles dietarios de proteína y lípido para ofrecer al organismo una cantidad suficiente de energía con el fin promover el uso de la proteína para crecimiento, y no como fuente de energía (Pirozzi *et al.*, 2010).

El aceite de pescado (AP) ha sido la principal fuente de lípidos para la acuicultura, principalmente por su composición rica de ácidos grasos esenciales como los ácidos eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6n-3), que están presentes en este tipo de aceite (Otha y Watanabe, 1996). El gran éxito de la acuicultura ha dependido en gran parte de la disponibilidad de aceite de pescado, y en las últimas décadas el desarrollo del sector acuícola ha sido grande con un crecimiento promedio anual de 6.2% entre los años 2000 y 2012 (FAO, 2014). Esto significa que la necesidad que existe por este suministro es cada vez mayor, mientras que su producción no incrementa sustancialmente, produciéndose tan sólo 1.5 millones de toneladas por año, debido a que las pesquerías están al máximo de su capacidad de extracción. Esta situación hace sumamente difícil el satisfacer la cantidad de aceite de pescado que necesita la actividad acuícola para continuar creciendo (Turchini *et al.*, 2009).

Los aceites vegetales (AV) se han estudiado como una posible fuente alternativa para el remplazo del aceite de pescado en formulación de dietas para acuicultura. Algunas investigaciones han utilizado diferentes tipos de AV como el aceite de palma, aceite de canola, aceite de semilla de algodón, aceite de soya y muchos otros, mostrando buenos resultados en función de la especie de pez marino en estudio y la proporción en la que el AP es sustituido (Glencross *et al.*, 2003; Shapawi *et al.*, 2008; Wassef *et al.*, 2014). La producción de AV ha ido en aumento en los últimos años; esto significa que la disponibilidad de estos tipos de aceites es mayor que la del AP y esto representa un costo menor en el mercado. Ello podría facilitar la fabricación de alimentos más amigables con el ambiente y de menor costo (Nasopoulou y Zabetakis, 2012).

La justificación de este trabajo está basada en la importancia de la curvina de aleta corta, *C. parvipinnis*, como una de las especies candidatas para diversificar la actividad acuícola en el noroeste de México. Dado que aún se desconocen los requerimientos nutricionales de esta especie, no existe todavía un alimento formulado para satisfacerlos durante su cultivo. Es fundamental conocer el requerimiento de lípido dietario para la curvina de aleta corta y la magnitud en la que el aceite de pescado pudiera ser remplazado por aceite de soya en su dieta, lo que contribuirá a la formulación de alimentos comerciales de menor costo para su cultivo.

I.1. Acuicultura

En la actualidad la acuicultura es una actividad de suma importancia debido a que provee de alimentos de excelente calidad nutricional (i.e., algunos de origen marino) a las poblaciones alrededor del mundo, brindando una gama de productos accesibles a los diferentes sectores de la población, y permitiendo el acceso a nutrientes de primera calidad a un costo que se ajusta a las posibilidades de los distintos sectores socioeconómicos de la población (FAO, 2014).

La actividad en el sector acuícola se encuentra en constante crecimiento, con una producción total 66.6 millones de toneladas en el año 2012, que representaron 137.7 billones de dólares en ese mismo año. Las proyecciones futuras para el incremento en la producción acuícola durante los años 2013-2022 estiman que se alcanzarán los 100 millones de toneladas,

pero este desarrollo dependerá de la capacidad del sector para afrontar retos globales y locales (FAO, 2014).

I.2. Acuicultura de peces marinos

Los peces marinos, un grupo con excelentes características nutricionales y con un alto valor comercial, representó el 5.3% de la producción total en el año 2012, que son equivalentes a 3.4 millones de toneladas, pero su valor comercial representó el 26.9% del valor total de todas las especies de peces cultivadas, un total de \$23.5 billones de dólares (FAO, 2014). Esto nos da un indicio de la importancia de los peces marinos en la acuicultura mundial actual, y de la importancia de su desarrollo e investigación para la diversificación de especies en cultivo en países como el nuestro.

El continente europeo se destaca en la acuicultura de peces marinos con especies de cultivo como la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*), con una producción de 265, 000 toneladas en el año 2012. Dos de los principales productores de estas especies son Francia y España. Otras especies de cultivo importantes en este continente son los lenguados (*Psetta máxima* y *Solea vulgaris*), corvina (*Argyrosomus regius*), anguila (*Anguilla anguilla*), y seriola (*Seriola dumerili*), entre otros. El éxito de estas especies de cultivo se debe en gran parte a que se logró cerrar el ciclo de cultivo y se lograron avances significativos en la fabricación de un alimento específico para ellas, además del desarrollo de la tecnología de cultivo (FAO, 2014).

I.2.1. Acuicultura de peces marinos en México

La acuicultura de peces marinos en México inicio en la década de los 80 con estudios de la biología de cultivo del pámpano (*Trachinotus paitiensis*). Sin embargo, actualmente a nivel comercial solamente destaca la engorda de atún de aleta azul (*Thunnus oreintalis*), que se caracteriza por la introducción en jaulas flotantes de juveniles capturados con un peso aproximado de 12 kilos hasta llevarlos a una talla de cosecha de entre 35 a 45 kg que alcanzan en 6-7 meses (Carta Nacional Acuícola, 2012).

Por otra parte, algunas especies de peces marinos se encuentran en la categoría de acuicultura de fomento en nuestro país, esto significa que son especies cuyo propósito es el estudio, investigación científica, experimentación en cuerpos de agua, y desarrollo de biotecnologías o innovación tecnológica. Algunos ejemplos son la cobia (*Rachycentron canadum*), curvina roja (*Sciaenops ocellatus*), jurel (*Seriola lalandi*), y lenguado de California (*Paralichthys californicus*) (Carta Nacional Acuícola, 2012). Actualmente en el estado de Sonora, México, se han realizado cultivos experimentales de organismos endémicos pertenecientes a la familia Scianidae, como la totoaba (*T. mcdonaldi*), la curvina golfinia (*C. othonopterus*) y la curvina de aleta corta (*C. parvipinnis*).

I.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 roncodores 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 cambios de salinidad, entre 0 y 75 ppt, lo que les permite adaptarse a una gran variedad de hábitats. Generalmente alcanzan la etapa adulta 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 buenas tasas de conversión alimenticia, además de tener una buena demanda en el mercado por la excelente calidad de su carne (Cárdenas, 2011). El tamaño de sus huevo generalmente se encuentra entre 1.2 y 1.4 mm, y pueden llegar a alcanzar tallas máximas de entre 1.5 y 2.9 m de longitud, y entre 40 y 100 kg de peso (Cárdenas, 2011). Existen aproximadamente 60 especies de sciánidos 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*), curvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*), y la curvina *Cilus gilgerti*, 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, de las cuales 3 se consideran nativas de la región: la totoaba, *T. macdonaldi*, el chano norteño, *Micropogonias megalops* y la curvina golfina, *C. othonopterus* (Thompson y McKibbin, 1978).

I.4. Curvina de aleta corta (*Cynoscion parvipinnis*)

Cynoscion parvipinnis o como comúnmente se le conoce, curvina plateada o curvina de aleta corta, es un pez carnívoro que puede alcanzar hasta 60 cm de longitud y 3.2 kg de peso. Esta especie posee gran atractivo comercial por su intensa pesquería, que se ha desarrollado favorablemente en el Golfo de California a lo largo de las últimas décadas (Chao, 1995). No existe mucho conocimiento sobre sus condiciones óptimas para cultivo o sus requerimientos nutricionales debido a la poca investigación que se ha realizado con ella. Sin embargo, se tiene conocimiento de su biología, morfología y comportamiento gracias a los estudios relacionados con su pesquería.

Se han podido compilar algunas características morfológicas que describen la especie a grandes rasgos (Figuras 1 y 2). Tiene una aleta dorsal característica de los sciánidos, con una división entre radios duros y suaves a partir del radio número 7-9. Tiene un número total de radios dorsales entre 21 a 24; entre 10 a 11 radios anales y entre 10 a 12 branquiespinas (Chao, 1995).

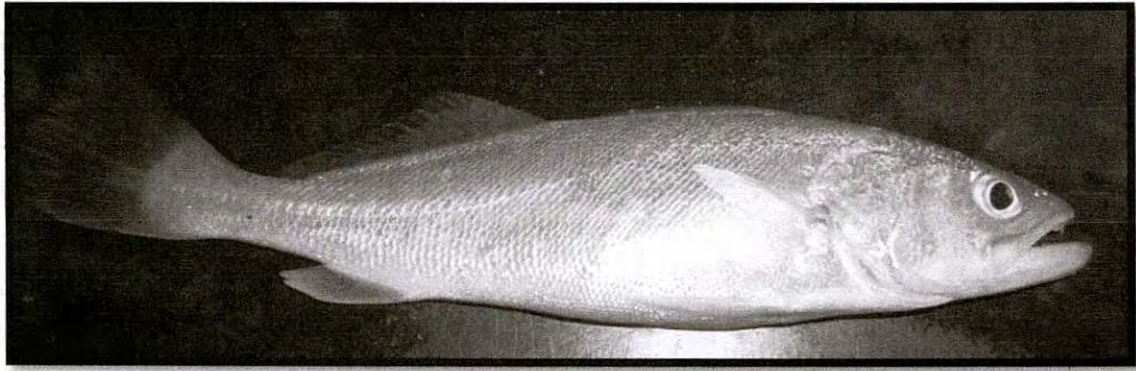


Figura 1. Morfología de un juvenil de curvina de aleta corta.

I.4.1. Sistemática de la curvina de aleta corta

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

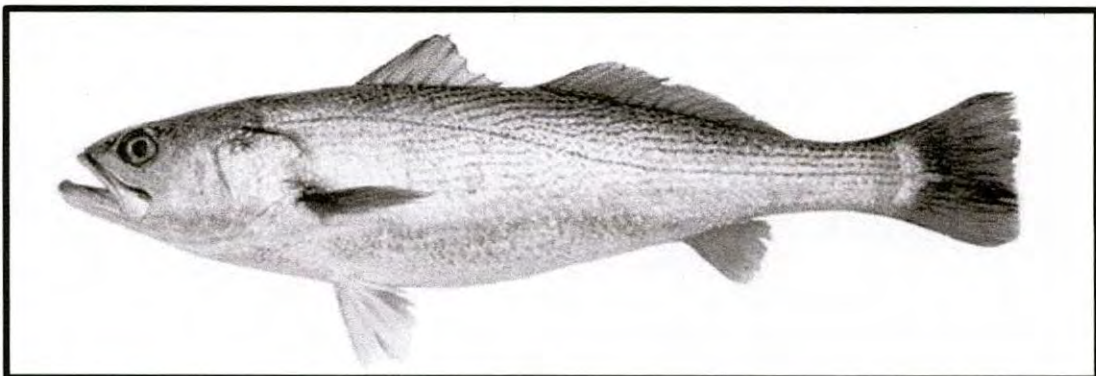


Figura 2. Morfología de un adulto de curvina de aleta corta.

I.4.2. Distribución de la curvina de aleta corta

Esta especie es de distribución limitada, siendo la parte este del océano Pacífico el sitio donde habita. Su distribución abarca desde el sur de California, Estados Unidos, hasta el Golfo de California, México (Figura 3).

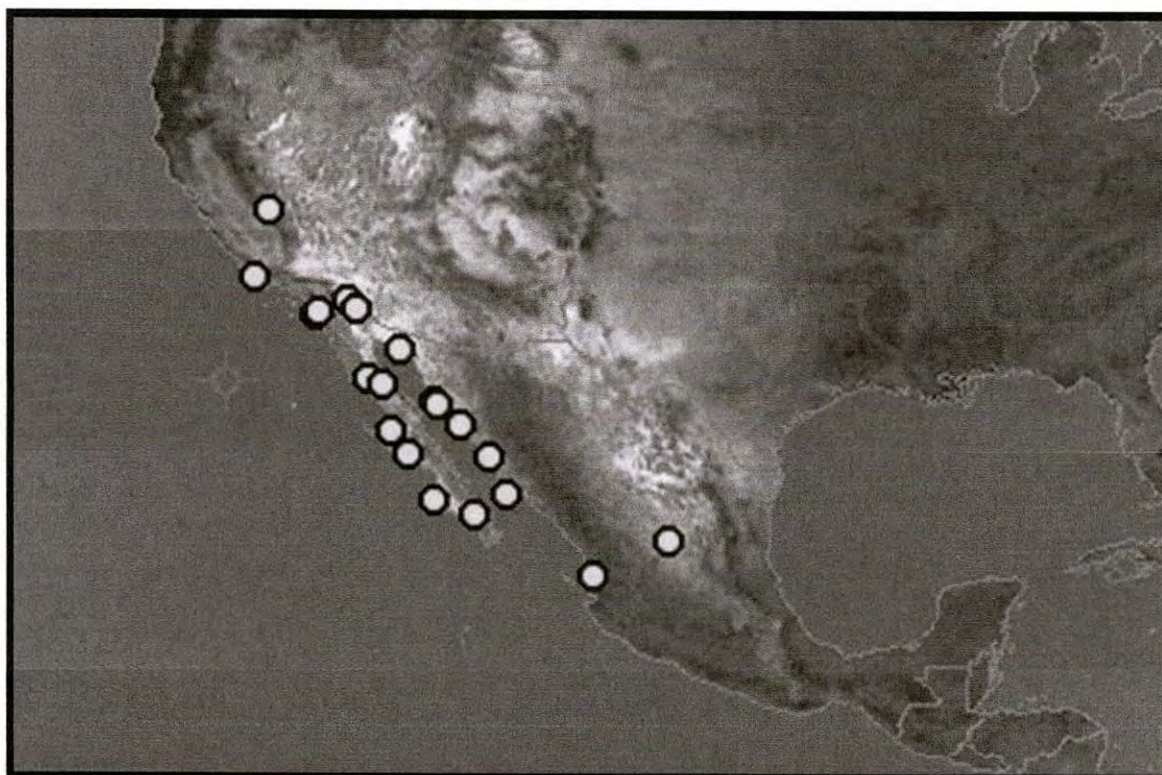


Figura 3. Distribución geográfica de la curvina de aleta corta *C. parvipinnis* (FishBase).

I.5. Nutrición en la acuicultura

Los alimentos balanceados utilizados en la actividad acuícola representan el mayor costo operativo, entre el 50 y 70% de los costos totales de producción (FAO, 2009). Por ello, es fundamental el estudio de los requerimientos nutricionales particulares de cada especie cultivada, dado que ello permite maximizar la utilización de los nutrientes para promover el

crecimiento, disminuyendo el exceso de nutrientes no aprovechados, lo que se traduce en una reducción en los costos de alimentación (Tacon, 1997).

Una buena nutrición no solamente se ve reflejada en el crecimiento de los organismos cultivados, también favorece su salud debido al fortalecimiento de su sistema inmune que promueve la resistencia a enfermedades y su bienestar general. De igual manera, al maximizar la utilización de los nutrientes y disminuir el exceso de nutrientes en la formulación de alimentos balanceados se crean alimentos más amigables con el medio ambiente, disminuyendo la contaminación generada por nutrientes no consumidos, y adicionalmente se contribuye a la disminución de la utilización de materias primas como el aceite y la harina de pescado que, a su vez, disminuirán la presión sobre las pesquerías naturales sobreexplotadas que constituyen la fuente de estos recursos (De silva y Anderson, 1995; Kaushik, 2000).

I.6. Lípidos

Los lípidos son uno de los macronutrientes más importantes en las dietas para organismos cultivados, especialmente se ha observado que los peces marinos tienen un requerimiento de lípido mayor que las especies dulciacuícolas (Watanabe, 1988). Los peces marinos utilizan eficientemente los lípidos como fuente de energía, pues son una fuente concentrada de energía que proporciona 9.5 Kcal/g (Takeuchi *et al.*, 1979). La utilización del lípido dietario como fuente de energía favorece el ahorro de proteína para este fin y promueve su utilización para crecimiento y síntesis de tejido, lo que se conoce como “protein sparing action” o “acción ahorradora de proteína”, lo que constituye un beneficio pues la proteína es el macronutriente de mayor costo en las formulaciones de alimento balanceado (Bromley, 1980). Adicionalmente los lípidos tienen un papel fundamental en otras funciones biológicas de los organismos como parte estructural de las membranas celulares, ayudando a mantener su fluidez y permeabilidad, son precursores de eicosanoides que ayudan en la regulación de respuestas inflamatorias e inmunes, ayudan en la absorción de vitaminas liposolubles y son fuente de ácidos grasos esenciales (Watanabe, 1988; Halver y Hardy, 2002).

Investigaciones previas con organismos pertenecientes a la familia Scianidae han evaluado el requerimiento de lípido dietario. Rueda-López *et al.* (2011) evaluaron dos niveles

de lípido dietario, 8.5 y 18%, en combinación con niveles de proteína de 43, 48 y 52% en dietas para *T. macdonaldi*, mostrando un mejor crecimiento y desempeño con 8.5% de lípido dietario. Gatlin (2002) reporto para *S. ocellatus* un buen crecimiento y supervivencia con niveles de inclusión de lípido entre 7-11% en combinación con niveles de proteína cercanos a 40%. Chatzifotis *et al.* (2010) evaluaron niveles de lípido dietario de 13, 17 y 21% en alimento para *Argyrosomus regius*, mostrando una mejor tasa de crecimiento con 17% de lípido dietario. Sin embargo, se desconoce cuál es el requerimiento de lípido dietario para *C. parvipinnis*.

I.7. Aceite de pescado y ácidos grasos esenciales de la familia n-3

Los peces marinos tienen una limitada capacidad de biosíntesis *de novo* de los ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) de las familias n-6, como el ácido araquidónico (ARA, 20:4n-6), y de la familia n-3, como el EPA y DHA, probablemente como resultado de su adaptación a un ambiente con abundancia de HUFA en sus cadenas tróficas (Turchini *et al.*, 2009), es decir, que los obtienen directamente a través de la ingesta de organismos ricos en lípidos de este tipo. Alimentos con un alto contenido de HUFA de la familia n-3 promueven grandes beneficios en el desarrollo y salud de larvas y juveniles, y son también incorporados en su tejido muscular, y posteriormente ello se traduce en un filete con alto valor nutricional para el consumo humano.

El aceite de pescado históricamente ha sido la principal materia prima utilizada como fuente de lípidos en la elaboración de alimentos balanceados para peces marinos pues una de sus principales características es su alto contenido de HUFA de la familia n-3. Sin embargo, la extrema dependencia de este insumo y su limitada disponibilidad, han ocasionado un alza en su precio en las últimas décadas, incrementándose su valor de 314 dólares por tonelada en el año 1999, a 812 dólares en el año 2006 (Turchini *et al.*, 2009), y para el año 2012 a un precio de 1,600 dólares por tonelada (FAO, 2014). La sustentabilidad de la actividad acuícola está estrechamente ligada a la disponibilidad de aceite y harina de pescado; sin embargo, las pesquerías de pelágicos menores de donde se obtienen están al máximo de su capacidad de extracción, y mientras la acuicultura crece año con año, se incrementa la demanda pero no la oferta de dichos insumos, ocasionando el aumento en su precio y el deterioro ecológico de las

poblaciones pesqueras sujetas a una gran presión de pesca (Worm *et al.*, 2006; FAO, 2014). Debido a estos problemas, actualmente se están buscando fuentes alternas al aceite de pescado, como diversos aceites de origen vegetal y animal que ayuden a sostener el crecimiento de la actividad acuícola.

I.8. Reemplazo de aceite de pescado por aceites vegetales

Una alternativa viable en la búsqueda de fuentes de lípido diferentes al aceite de pescado en acuicultura son los aceites vegetales. Contrariamente al aceite de pescado, los aceites vegetales han incrementado sus producciones y ofrecen estabilidad en la disponibilidad de estos insumos, sustentabilidad y un menor precio. Entre los principales aceites vegetales que se producen están aceite de palma, soya, canola, y girasol, entre otros (Turchini *et al.*, 2009). Sin embargo, la mayoría de los aceites vegetales son deficientes en n-3 HUFA, lo que limita su utilización en alimentos balanceados para peces marinos.

Algunos aceites vegetales como el aceite de linaza son ricos en ácido alfa linolénico 18:3n-3, que naturalmente puede ser bioconvertido a 20:5n-3 y a 22:6n-3, sin embargo, los peces marinos carnívoros como la curvina de aleta corta presentan una limitada capacidad de biosíntesis, por ello, al cultivar este tipo de organismos, se recomienda satisfacer su requerimiento esencial incorporando una fuente de HUFA en el alimento balanceado (Kanazawa, 1985; Bell *et al.* 2006; Tocher *et al.* 2006; Turchini *et al.*, 2009).

El aceite de soya (AS), el aceite seleccionado en este estudio para el reemplazo de AP, pudiera ser buen sustituto en las dietas para la curvina de aleta corta, debido a su rentabilidad, y en múltiples investigaciones se han mostrado buenos resultados cuando el AS reemplaza el AP en el desempeño biológico de peces carnívoros, tales como *Sparus aurata*, *R. canadum*, y *A. regius* (Martínez-Llorens *et al.*, 2007; Trushenski *et al.*, 2011; Emre *et al.*, 2015).

Los aceites vegetales generalmente no son una rica fuente de n-3 HUFA; el AS en particular es una rica fuente de ácido linoleico (LOA, 18:2n-6) de la familia n-6, y al utilizarse para reemplazar el aceite de pescado, puede ocasionar una disminución en la proporción n-3/n-6 y en la proporción de EPA/ARA. Ambos ácidos grasos, EPA y ARA, son precursores de eicosanoides, moléculas encargadas de la respuesta inflamatoria e inmune, actividad

cardiovascular, actividad renal y neural (Tocher, 2003). Los eicosanoides derivados del ARA tienen una mayor actividad que aquellos derivados del EPA, y un desbalance en los niveles de cada uno de ellos puede ocasionar cambios en respuestas fisiológicas determinadas por cada tipo de eicosanoides (Sargent *et al.*, 1999; Tocher, 2003). Por esta razón, el nivel de reemplazo de aceite de pescado y el cambio generado en la proporción n-3/n-6 deben ser analizados y estudiados para cada especie en vista de su desempeño biológico particular. Por otra parte el perfil de ácidos grasos del filete de los organismos en cultivo se ve afectado directamente por el perfil de ácidos grasos del alimento balanceado que consumen, pudiendo afectar la calidad final del filete y su valor nutricional para el consumo humano (Kose y Yildiz, 2013).

II. HIPOTESIS

La curvina de aleta corta, *C. parvipinnis* tiene un requerimiento de lípido dietario similar a lo reportado para otras especies de sciánidos, y su requerimiento se puede satisfacer con aceite de pescado en combinación con otras fuentes de aceite, como el aceite de soya, reemplazando hasta un 50% de su inclusión en la dieta.

III. OBJETIVOS

III.1. General

Evaluar el efecto del nivel de lípido dietario y reemplazo de aceite de pescado en alimento balanceado para juveniles de curvina de aleta corta, *C. parvipinnis*.

III.2. Específicos

- a) Evaluar el efecto de diferentes niveles de lípido dietario (8, 12 y 16%) en el desempeño biológico de la curvina de aleta corta, *C. parvipinnis*.
- b) Evaluar el reemplazo de aceite de pescado (AP) por aceite de soya (AS) (100% AP, 75% AP-25% AS, y 50% AP-50% AS) en alimento balanceado y su efecto en el desempeño biológico de la curvina de aleta corta.
- c) Evaluar el efecto de diferentes niveles de lípido dietario y el remplazo de aceite de pescado en la composición proximal y el perfil de ácidos grasos de los organismos y sus tejidos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento con una duración de 56 días con juveniles de curvina de aleta corta (*Cynoscion parvipinnis*) en el Laboratorio Húmedo de Nutrición Acuícola de la Unidad Experimental Kino (UEK), Bahía de Kino, Sonora, México, del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICTUS) de la Universidad de Sonora.

IV.1. Obtención y aclimatación de los organismos

Un grupo de juveniles de *C. parvipinnis* con un peso promedio individual de 97.47 ± 4.92 g, se obtuvieron de organismos cultivados desde huevos en el Laboratorio de Peces Marinos del CREMES, ubicado en Bahía de Kino, Sonora, México. Los organismos fueron transportados al Laboratorio Húmedo de Nutrición Acuícola en la UEK, Bahía de Kino, Sonora, México. Una vez en la unidad, los peces fueron colocados en un raceway de fibra de vidrio con sistema de recirculación de agua y oxígeno para la aclimatación por dos semanas. Durante este tiempo los organismos fueron alimentados con alimento comercial para peces marinos (Skretting®, Tooele, Utah, USA) con un nivel dietario de proteína cruda del 46% y 12% de grasa cruda.

IV.2. Sistema de cultivo experimental

El sistema experimental (Figura 4) consistió en 36 tanques con capacidad de 250 litros (71 cm de diámetro, 0.4 m² de superficie de fondo) que fueron llenados con 200 l de agua de mar filtrada. Cada tanque cuenta con suministro de aire constante por medio de mangueras, piedras aireadoras y un soplador de 1.0 HP (Fuji, Modelo VFC40, Saddle Brook, New Jersey, EUA) (Figura 5). El sistema estaba dividido en dos módulos similares que estaban interconectados y en recirculación de agua todo el tiempo por una bomba de 1.5 HP (Jacuzzi, Modelo 150MF-T, Little Rock, Arkansas, EUA). El agua en recirculación circula a través de un filtro biológico, un filtro de arena (Jacuzzi, modelo L-190-7, Little Rock, Arkansas, EUA), luz UV de 120 watts (Rainbow salvavidas, Modelo UV97, El Monte, California, EUA), y un calentador en línea de 1500 watts (Ecosistemas acuáticos, Modelo AE62B, Apopka, Florida,

EUA). La tasa de flujo de agua en los tanques del sistema experimental fue de aproximadamente 1.5 l/min, lo que permite el reemplazo del total de agua de cada tanque cada 166 minutos. Adicionalmente se realizaron recambios diarios de entre 40-50% del volumen de agua con agua previamente filtrada para mantener óptima calidad del agua.



Figura 4. Sistema de cultivo experimental del Laboratorio Húmedo de Nutrición de la Unidad Experimental Kino.

IV.3. Diseño experimental y formulación de dietas experimentales

Un diseño experimental factorial de 3×3 se estableció para el experimento, correspondiendo a tres niveles de lípido dietario (8, 12 y 16%) y tres niveles de inclusión de aceite de pescado/aceite de soya (100% AP, 75% AP-25% AS y 50% AP-50% AS), que en combinación dieron como resultado un total de 9 dietas experimentales, cuya formulación se muestra en la Tabla 1.

IV.4. Preparación de dietas experimentales

La preparación de las dietas se realizó por un método de extrusión en frío, utilizando un extrusor Hobart (Hobart Corporation Modelo A-200, Troy, Ohio, EUA) (Figura 5). Los ingredientes secos se mezclaron durante 15 min hasta lograr su homogenización. Posteriormente se añadió agua hirviendo para obtener una mezcla húmeda para extruír (Figura 6). Una vez que se obtuvieron los pellets se secaron durante 24 horas a 40 °C (Figura 7). Las dietas experimentales se congelaron hasta el inicio del experimento. Cada una de las experimentales tuvo 4 replicados; que fueron asignados al azar a cada uno de los 36 tanques experimentales.



Figura 5. Extrusor Hobart A-200 utilizado para la elaboración de las dietas experimentales.

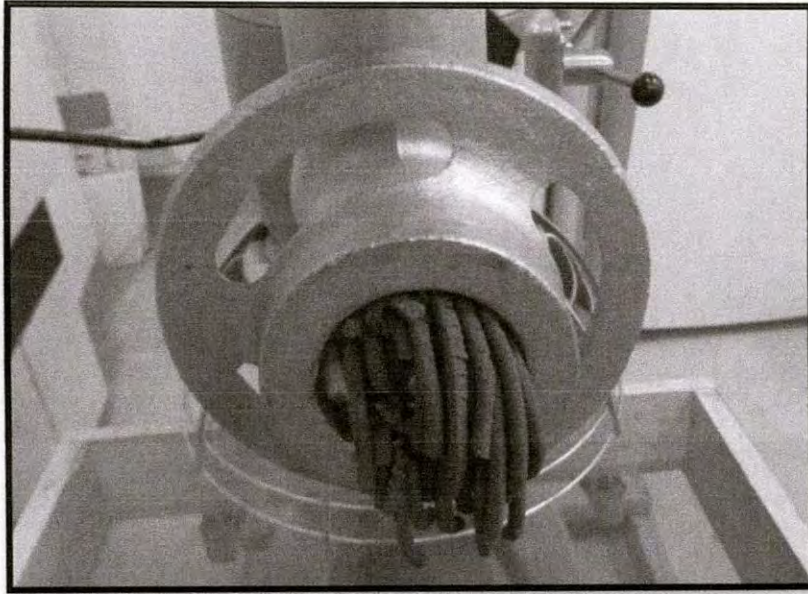


Figura 6. Elaboración de las dietas experimentales con un extrusor Hobart A-200.



Figura 7. Secado de las dietas experimentales.

Tabla 1. Ingredientes, composición proximal (%) y contenido energético (cal/g) de las dietas experimentales con tres niveles de lípido dietario (8, 12 y 16%) y tres niveles de inclusión de aceite de pescado/aceite de soja (100% AP, 75% AP-25% AS y 50% AP-50% AS) para alimentar juveniles de *Cynoscion parvipinnis*.

Ingredientes	100% AP			75% AP-25% AS			50% AP-50% AS		
	Dieta 1 8%	Dieta 2 12%	Dieta 3 16%	Dieta 4 8%	Dieta 5 12%	Dieta 6 16%	Dieta 7 8%	Dieta 8 12%	Dieta 9 16%
Harina de pescado (sardina) ^a	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Harina de gluten de maíz ^b	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Harina de soya ^c	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Caseína ^d	3.27	4.11	4.95	3.27	4.11	4.95	3.27	4.11	4.95
Almidón de trigo ^e	5.30	5.30	3.90	5.30	5.30	3.90	5.30	5.30	3.90
Acetate de pescado (sardina) ^a	0.50	4.20	8.80	0.375	3.15	6.60	0.25	2.10	4.40
Acetate de soya ^f	0.00	0.00	0.00	0.125	1.05	2.20	0.25	2.10	4.40
Harina de trigo entera ^g	25.66	20.12	16.08	25.66	20.12	16.08	25.66	20.12	16.08
Rovini-x-Peces marinos ^h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Cloruro de colina ⁱ	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamina C 35% ^j	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Tocoferol ^k	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Lectina de soya ^l	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Composición proximal^m									
Humedad (%)	8.17 ± 0.04	9.32 ± 0.01	7.61 ± 0.03	9.37 ± 0.02	7.75 ± 0.25	7.40 ± 0.04	8.16 ± 0.00	7.61 ± 0.19	7.42 ± 0.01
Cenizas (%)	2.69 ± 0.00	2.65 ± 0.00	2.73 ± 0.00	2.66 ± 0.00	2.70 ± 0.00	2.72 ± 0.00	2.69 ± 0.00	2.70 ± 0.00	2.73 ± 0.03
Proteína cruda (%)	43.46 ± 0.15	43.17 ± 0.01	44.90 ± 0.06	44.95 ± 0.34	43.61 ± 0.38	45.20 ± 0.06	43.74 ± 0.18	43.04 ± 0.07	43.79 ± 0.77
Grasa cruda (%)	7.81 ± 0.33	10.89 ± 0.10	15.24 ± 0.04	7.71 ± 0.12	10.96 ± 0.37	15.65 ± 0.33	7.67 ± 0.36	11.36 ± 0.69	15.28 ± 0.44
Fibra (%)	2.39 ± 0.15	2.13 ± 0.16	2.03 ± 0.12	0.97 ± 0.33	0.88 ± 0.07	1.01 ± 0.07	1.03 ± 0.18	1.07 ± 0.17	1.37 ± 0.33
ELN* (%)	35.48	31.84	27.49	34.34	34.10	28.02	36.71	34.22	29.41
Contenido energético (cal/g)	4228	4399	4759	4268	4456	4772	4245	4495	4737

^a Proteínas Marinas y Agropecuarias, S.A. de C.V., Zapopan, Jalisco, México; ^b Agro Insunmos Básicos, S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México; ^c Consorcio Super, S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México; ^d Fagelab, S.A. de C.V., Guamuclil, Sinaloa, México; ^e Gluten y Almidones Industriales, S.A. de C.V., D.F., México; ^f Ragasa Industrias, S.A. de C.V., Monterrey, N.L., México; ^g Los Gallos, Molino La Fama S.A. de C.V., Hermosillo, Sonora, México; ^h DSM Nutritional Products de México, S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México; ⁱ Sigma-Maldrich, Saint Louis, Missouri, USA; ^j Stay C® (L-ascorbyl-2-polyphosphate 35% active C), Roche Vitamins Inc., Parsippany, NJ, USA; ^k General Nutrition Centers, Co., Pittsburg, Pennsylvania, USA; ^l Golden Harvest, Impulsora Golden, S.A. de C.V., D.F., México; ^m Los valores son medias ± desviación estándar de muestras duplicadas. * Extracto libre de nitrógeno (ELN) se calculó por diferencia: ELN (%) = 100 - (% proteína cruda + % grasa cruda + % humedad + % fibra cruda + % cenizas).

IV.5. Siembra, alimentación y mantenimiento de organismos

Al inicio del experimento, los peces se pesaron grupalmente y se colocaron en cada uno de los tanques experimentales a una densidad de 6 peces por tanque, seleccionando tamaños uniformes entre organismos. Se aplicó un análisis de varianza de 2 vías para el peso inicial con la finalidad de asegurar la homogeneidad del peso inicial entre tratamientos, que no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 1) para nivel de lípido dietario ($P = 0.4787$), el nivel de inclusión de AP ($P = 0.8337$), o la interacción de ambos efectos principales ($P = 0.4857$), registrándose un peso promedio individual (\pm desviación estándar) de 97.47 ± 4.92 g. La ración inicial de alimento diario se calculó con base en el peso inicial individual, correspondiendo al 3% de peso en húmedo de los peces, y la ración se ajustó diariamente en función de alimento consumido por los peces, alimentándose a saciedad aparente, y mediante biometrías de los organismos en 2 tanques experimentales por tratamiento cada 2 semanas. La ración diaria se pesó diariamente y se dividió en 3 porciones que se ofrecieron a las 8:00, 13:00 y 18:00 h. El alimento no consumido y heces fueron retirados mediante un sifoneo diario matutino previo al recambio de agua (aproximadamente 40-50%) con agua de la bahía previamente filtrada.

IV.6. Calidad de agua

Mediciones diarias de oxígeno, temperatura y salinidad fueron realizadas con un oxímetro multifunción (YSI, Modelo Y85, Yellow Springs, Ohio, EUA), mientras que las mediciones de pH se realizaron semanalmente con un medidor de pH de electrodo (4-Star de pH/ISE Meter, Beverly, Maryland, EUA). Adicionalmente, se colectó una muestra de agua semanalmente para medir la concentración de nitrógeno amoniacal total (Spotte, 1979a,b; Solórzano, 1969) y nitritos (Spotte, 1979a,b; Strickland y Parsons, 1972). Los valores promedio registrados fueron 5.8 ± 0.6 mg O₂/l, 28.1 ± 0.8 °C, $37.2 \pm 0.3\%$, 7.6 ± 0.1 pH, 0.070 ± 0.017 mg NH₄-N/l y 0.037 ± 0.021 mg NO₂-N/l.

IV.7. Parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia

Una vez concluido el período experimental, los organismos fueron cosechados, pesados grupalmente, almacenados en bolsas individuales para cada tanque experimental, y se

colocaron en hielo antes de ser congeladas a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su posterior análisis. Para evaluar el desempeño biológico de los organismos experimentales y la eficiencia de las dietas se evaluaron los siguientes parámetros: peso final (g); peso ganado (g) = (peso final, g - peso inicial, g); porcentaje de peso ganado (%) = $[(\text{peso final, g} - \text{peso inicial, g}) / \text{peso inicial, g}] \times 100$; incremento de peso diario (g/día) = peso ganado, g / tiempo (días); supervivencia (%) = $(\text{No. final de organismos} \times 100) / \text{No. inicial de organismos}$; tasa de crecimiento específico (TCE, %/día) = $(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tiempo (días)} \times 100$; coeficiente térmico de crecimiento (CTC) = $[(\text{peso final}^{1/3} - \text{inicial peso}^{1/3}) / (\text{temperatura, }^{\circ}\text{C} \times \text{tiempo, días})] \times 100$ (Adaptado por Cho, 1990); factor de condición (K) = (peso, g / longitud³, mm) (Ricker, 1975); Índice hepatosomático (IH; Figura 8) = (peso del hígado, g / peso final, g) $\times 100$; Factor de conversión alimenticia (FCA) = alimento consumido, g / peso ganado, g; eficiencia alimenticia (EA) = Peso ganado, g / alimento consumido, g; tasa de eficiencia proteica (TEP) = peso ganado, g / proteína cruda consumida (PC), g; retención de proteína bruta (RPB) = ganancia de PC, g / PC consumida, g $\times 100$.



Figura 8. Disección de hígado para la determinación del índice hepatosomático.

IV.8. Análisis proximal

La determinación de la composición proximal de organismo completo, músculo e hígado de los peces se realizó por triplicado, mientras que para las dietas experimentales se realizó por duplicado. Los índices evaluados fueron, proteína cruda, grasa cruda, humedad, cenizas. La fibra cruda se determinó exclusivamente para las dietas experimentales. Adicionalmente se realizó la determinación del contenido energético de las dietas experimentales por medio de un calorímetro adiabático (Modelo IKA C5003, IKA-Werke® GmbH, Staufen, Alemania).

IV.8.1. Determinación de proteína cruda

La determinación de proteína cruda (PC) se realizó siguiendo el método 968.06 (Association of Official Analytical Chemists, 2005) mediante una combustión en un Analizador de Nitrógeno Dumas (Modelo 702 NDA, VELP® Scientifica, Usmate, Italia; Figura 9).

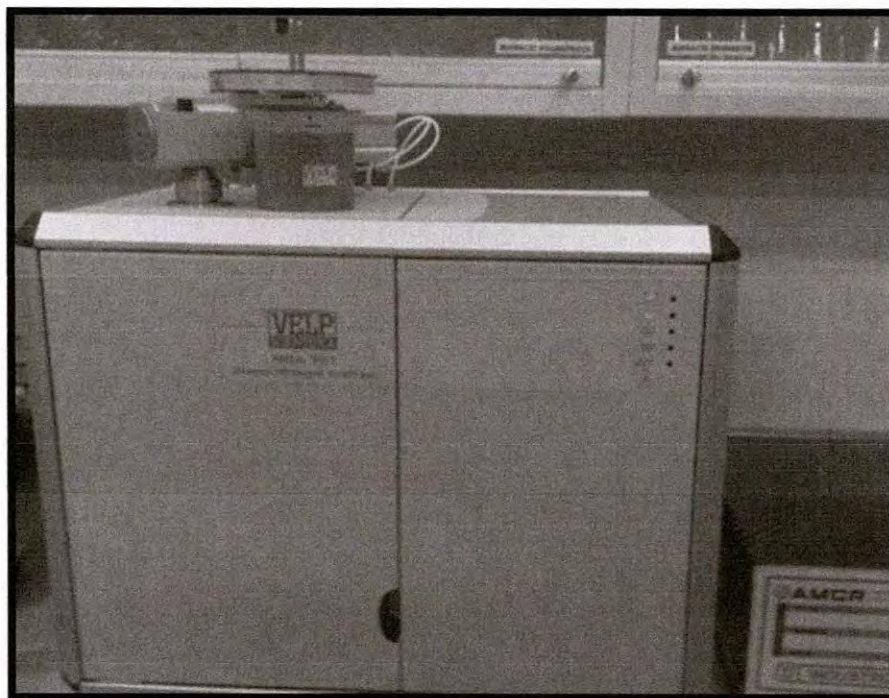


Figura 9. Analizador de Nitrógeno Dumas, VELP® Scientifica.

IV.8.2. Determinación de grasa cruda y perfil de ácidos grasos

Para la determinación de la grasa cruda se siguió el método gravimétrico descrito por Folch *et al.* (1957), con cloroformo/metanol 2:1 como solvente (Figura 10). La cuantificación se realizó mediante una alícuota de 5 ml de extracto. El contenido total de grasa cruda se expresó como porcentaje de tejido húmedo o de dieta. Los 25 ml de muestra restante del proceso de determinación de grasa cruda se utilizaron para el análisis cualitativo y cuantitativo del perfil de ácidos grasos de las dietas, organismos completos y sus tejidos mediante la metodología descrita por Lochmann y Gatlin (1993). La muestra se evaporó con inyección de nitrógeno, y se agregó una cantidad conocida de estándar interno (17:0, ácido heptadecanoico). Posteriormente, la muestra fue saponificada y metilada mediante una transesterificación con trifluoruro de boro. Posteriormente, 2.0 ml de muestra fueron inyectados en un cromatógrafo de gas Varian 3800 equipado con una columna capilar de sílice de 30m x 0.25 mm y un detector de ionización de flama (FID). El equipo utilizó helio como gas arreador. El horno fue programado para incrementarse desde una temperatura inicial de 120°C (mantenida por 1.5 min) a 190°C a una velocidad de 9°C/min, y de 190°C (mantenido por 2 min) a 230°C (mantenido por 7.4 min) a una velocidad de 3°C/min. El inyector y detector fueron programados a 250°C. La identificación de ácidos grasos se hizo por comparación de los tiempos de retención utilizando estándares previamente conocidos y cuantificados mediante el estándar interno; los resultados se expresaron como mg de ácido graso/g de dieta o de tejido húmedo. Finalmente, una vez conocido el contenido de ácidos grasos en músculo se determinaron los índices de aterogenicidad y trombogenicidad para este tejido mediante las siguientes formulas (Ulbricht and Southgate, 1991):

Índice de aterogenicidad (IA):

$$\frac{(12:0+4(14:0+16:0))}{((n-6+n-3PUFA)+18:1 + \sum MUFA)}$$

Índice de trombogenicidad (IT):

$$\frac{(14:0 + 16:0 + 18:0)}{((0.5 \times 18:1) + 0.5 (\sum MUFA) + 0.5 (n-6 PUFA) + 3(n-3PUFA) + (n-3PUFA/n-6PUFA))}$$



Figura 10. Proceso de extracción de grasa cruda.

IV.8.3. Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad se siguió el método 930.15 (AOAC, 2005). Un peso conocido en balanza analítica de aproximadamente 2 g de muestra se secaron en un horno a 105 °C durante 6 h, retirando la muestra para dejarla enfriar en un desecador durante 30 min. Posteriormente, la muestra seca se pesó nuevamente en balanza analítica y el porcentaje de humedad se determinó de la siguiente manera:

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

IV.8.4. Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se realizó mediante el método 942.05 (AOAC, 2005), la muestra seca proveniente de la determinación de humedad se colocó en un crisol que se incineró en una mufla (Modelo 62700, Thermolyne, Dubuque, Iowa, EUA) a 550°C durante 6 horas. Posteriormente, el crisol con la muestra incinerada se colocó en un desecador durante 30 minutos. Finalmente se pesó para calcular el porcentaje de cenizas de la siguiente manera:

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

IV.8.5. Determinación de fibra cruda

La determinación del contenido de fibra de las dietas experimentales se realizó siguiendo el método de Weende (AOGC, 1940). Se utilizó un extractor de fibra cruda FIWE 6 de la marca VELP® Scientifica (Figura 11).



Figura 11. Extracción de fibra cruda de las dietas experimentales.

IV.8.6. Determinación del contenido energético de las dietas

El contenido energético de las dietas experimentales se determinó mediante un calorímetro adiabático (Modelo IKA C5003, IKA-Werke® GmbH, Staufen, Alemania, Figura 12).



Figura 12. Determinación del contenido energético de las dietas experimentales.

IV.9. Análisis Estadístico

Se aplicó un análisis de varianza dos vías (ANOVA) a todos los parámetros de desempeño biológico, composición proximal y composición de ácidos grasos de organismos completos y sus tejidos. Se utilizó un nivel de probabilidad de $P \leq 0.05$ para establecer diferencias significativas, y la prueba de separación de medias de Duncan en caso de observar diferencias. Para variables porcentuales se aplicó una transformación arco seno, aunque se presentan los datos no transformados. Los análisis estadísticos se realizaron con el software "Statistical Analysis System" (SAS Institute, 1999-2000, Software Release 8.1, Cary, NC, USA).

V. RESULTADOS

V.1. Parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia

Una vez que el período de alimentación concluyó, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para el índice hepatosomático, cuyos valores variaron desde 1.03 hasta 1.30, y fue significativamente mayor en peces alimentados con las dietas formuladas con 100% de aceite de pescado. No se observaron diferencias significativas para otros índices de crecimiento o la eficiencia alimenticia; sin embargo, el peso ganado y otros parámetros de crecimiento mostraron una tendencia a incrementar con la mayor inclusión de lípido dietario, con valores de peso ganado fluctuando entre 32.22 a 37.51 g, la tasa de crecimiento específico (TCE) de 0.504 a 0.579, el coeficiente térmico de crecimiento de 0.029 a 0.034, la eficiencia alimenticia de 0.244 a 0.298, entre otros. No se observó una tendencia clara para los índices de desempeño biológico respecto al nivel de inclusión de aceite de pescado, y los valores registrados para este efecto principal oscilaron entre 33.98 y 35.44 g de peso ganado, 0.528 y 0.555 para la TCE, y 0.031 y 0.032 para CTC, entre otros (Tabla 2).

V.2. Composición proximal de organismos completos y tejidos

Los resultados del análisis de la composición proximal de organismos completos, músculo e hígado mostraron algunas diferencias significativas entre los tratamientos experimentales (Tabla 3). La composición de organismos completos mostró diferencias estadísticas significativas para el nivel de lípido dietario en grasa cruda, humedad y cenizas con valores que variaron entre 4.80 a 6.26%, 70.21 a 71.55% y 4.04 a 4.61%, respectivamente, y en particular para la grasa cruda se observó un incremento en organismos completos al incrementarse el lípido dietario en su dieta, pero la humedad y cenizas disminuyeron. No se observaron diferencias significativas para en la PC de organismos completos entre los tratamientos, lo que nos indica que las dietas experimentales no ejercieron un efecto directo sobre este parámetro. El músculo de los peces mostró diferencias significativas para el

contenido de grasa cruda, siendo afectado no solo por el nivel de lípido dietario sino también por el nivel de inclusión de aceite de pescado, con valores que van de 1.33 a 1.81% y 1.25 a 1.88%, respectivamente. También se observaron diferencias estadísticamente significativas para el % de humedad respecto al nivel de inclusión de aceite de pescado, y mostró valores de 74.48 a 75.97%. El contenido de grasa cruda en músculo aumentó (1.25 a 1.88%) al reducirse la cantidad de aceite de pescado en la dieta, al mismo tiempo que el contenido de humedad se redujo (75.97 a 74.48%). Para la composición proximal de hígado también se observaron diferencias estadísticas para el efecto principal de nivel de lípido dietario, en los contenidos de grasa cruda, humedad, y PC, con valores que fluctuaron desde 28.15 a 34.69%, 57.75 a 62.32%, y 9.05 a 9.85% respectivamente, con las mismas tendencias observadas en organismo completo y músculo. En este tejido también se observaron diferencias significativas en el contenido de PC para el efecto principal de inclusión de aceite de pescado, donde los organismos alimentados con 50% de AP mostraron un significativamente menor contenido de PC, 8.83% vs 9.66% en peces alimentados con 100 y 75% de AP en la dieta (Tabla 3).

V.3. Composición de ácidos grasos de dietas, organismos completos y tejidos

El perfil de ácidos grasos de las dietas experimentales (Tabla 4) se vio reflejado en la composición de ácidos grasos de cuerpo completo, músculo e hígado de *C. parvipinnis*. En general, los tres tejidos fueron significativamente afectados, tanto por el nivel de lípido dietario, que al aumentar propició el incremento de la concentración de ácidos grasos en los tejidos y organismos completos, como por el nivel de inclusión de aceite de pescado en las dietas, que disminuyó la concentración de n-3 HUFA al mismo tiempo que la inclusión de AP disminuyó, pero incrementó la concentración de LOA al incrementar el AS dietario (Tablas 5, 6 y 7). La composición de ácidos grasos de organismo completo (Tabla 5) mostró diferencias significativas para el efecto principal del nivel de inclusión de AP, que afectó a la cantidad de ácidos grasos altamente insaturados, observándose una reducción en ARA, de 1.53 a 0.80 mg/g de tejido húmedo, EPA, de 5.94 a 3.53 mg/g de tejido húmedo, y DHA, de 7.08 a 3.79 mg/g de tejido húmedo, a medida que AP en la dieta fue sustituido por AS. Con la reducción de estos ácidos grasos, el total de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) + altamente insaturados (HUFA) se vio afectado de manera proporcional, decreciendo de 34.74 a 23.97 a

mg/g de tejido húmedo, y de la misma forma, la proporción de n-3/n-6 disminuyó 1.83 a 1.25 (Tabla 5).

La composición de ácidos grasos del músculo (Tabla 6) mostró diferencias estadísticas en muchos de los ácidos grasos reportados. Los ácidos grasos altamente insaturados EPA y DHA también disminuyó, de 0.67 a 0.55 y de 1.49 a 1.26 mg/g de tejido húmedo, respectivamente, a medida que la inclusión de aceite de pescado fue menor en las dietas, provocando también una disminución de la proporción n-3/n-6 2.65 a 1.43, mientras que el LOA se incrementó significativamente en músculo de peces al incrementarse el contenido dietario de AS, de 0.65 a 1.43 mg/g de tejido húmedo. Sin embargo, el contenido de ácidos grasos en músculo, en general, se incrementó al incrementarse el contenido de lípido dietario, por ejemplo, el DHA se incrementó de 1.08 en peces alimentados con 8% de lípido dietario, a 1.57 mg/g de tejido húmedo en peces alimentados con 16% de lípido dietario, pero la proporción n-3/n-6 no se afectó por el incremento en el contenido de lípido dietario (Tabla 6).

Por último, la composición de ácidos grasos del hígado (Tabla 7) también mostró diferencias significativas para el LOA y el ácido linolénico (LNA, 18:3n-3), que se incrementaron significativamente al disminuir la inclusión de AP e incrementar la de AS, lo que ocasiono una significativa disminución en la proporción n-3/n-6, de 1.45 a 0.59. Y de igual manera que en músculo, el incremento de lípido dietario aumentó, significativamente en algunos casos, el contenido general de ácidos grasos en hígado, tal es el caso del EPA (14.98 a 22.59 mg/g de tejido húmedo) y del DHA (17.17 a 48.83 mg/ gramo de tejido húmedo) (Tabla 7).

Tabla 2. Desempeño biológico y eficiencia de alimentación de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores para los efectos principales son promedios \pm desviación estándar de doce tanques replicados; los valores para los tratamientos son promedios \pm D.E. de cuatro tanques replicados. Las medias con superíndice diferente dentro de la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Efectos principales	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Peso ganado (g)	Porcentaje de peso ganado (%)	Peso ganado diario (g/día)	Supervivencia (%)	Tasa de crecimiento específico (%/día)	Coficiente térmico de crecimiento
Lípido (%)								
8	98.81 \pm 5.18	131.03 \pm 7.13	32.22 \pm 6.69	32.78 \pm 7.25	0.59 \pm 0.12	100.00 \pm 0.0	0.504 \pm 0.10	0.029 \pm 0.01
12	96.25 \pm 5.22	131.07 \pm 9.63	34.82 \pm 11.34	36.58 \pm 13.04	0.63 \pm 0.21	100.00 \pm 0.0	0.549 \pm 0.17	0.031 \pm 0.01
16	97.36 \pm 4.39	134.88 \pm 10.27	37.51 \pm 8.72	38.55 \pm 8.97	0.68 \pm 0.16	98.6 \pm 4.8	0.579 \pm 0.12	0.034 \pm 0.01
Acetate de pescado (%)								
100	97.34 \pm 5.85	132.47 \pm 9.20	35.13 \pm 8.51	36.29 \pm 9.13	0.64 \pm 0.16	100.00 \pm 0.0	0.549 \pm 0.12	0.0316 \pm 0.01
75	98.16 \pm 3.92	132.15 \pm 9.57	33.98 \pm 10.02	34.79 \pm 10.75	0.62 \pm 0.18	98.6 \pm 4.8	0.528 \pm 0.14	0.0305 \pm 0.01
50	96.92 \pm 5.14	132.36 \pm 9.13	35.44 \pm 9.51	36.83 \pm 10.97	0.64 \pm 0.17	100.00 \pm 0.0	0.555 \pm 0.14	0.0319 \pm 0.01
ANOVA $P > F$								
Lípido	0.4787	0.5620	0.4316	0.4230	0.4290	0.3811	0.4291	0.4323
Acetate de pescado	0.8337	0.9967	0.9299	0.8911	0.9215	0.3811	0.8844	0.9077
Lípido x Acetate de pescado	0.4857	0.9698	0.8833	0.8413	0.8814	0.4247	0.8210	0.8645
Tratamientos								
8/100	100.58 \pm 7.55	129.65 \pm 5.16	29.08 \pm 4.68	29.21 \pm 6.03	0.53 \pm 0.09	100.00 \pm 0.0	0.456 \pm 0.085	0.027 \pm 0.005
12/100	93.32 \pm 1.38	130.57 \pm 9.52	37.25 \pm 8.49	39.85 \pm 8.73	0.68 \pm 0.16	100.00 \pm 0.0	0.596 \pm 0.111	0.034 \pm 0.007
16/100	98.12 \pm 5.52	137.19 \pm 12.17	38.07 \pm 9.79	39.81 \pm 9.63	0.71 \pm 0.19	100.00 \pm 0.0	0.595 \pm 0.122	0.035 \pm 0.008
8/75	97.73 \pm 0.75	131.32 \pm 10.14	33.59 \pm 10.50	34.40 \pm 10.82	0.61 \pm 0.19	100.00 \pm 0.0	0.523 \pm 0.146	0.030 \pm 0.009
12/75	97.90 \pm 6.03	130.73 \pm 10.12	32.83 \pm 13.91	34.12 \pm 15.99	0.59 \pm 0.25	100.00 \pm 0.0	0.515 \pm 0.208	0.030 \pm 0.012
16/75	98.85 \pm 4.29	134.39 \pm 10.95	35.54 \pm 7.69	35.84 \pm 7.01	0.65 \pm 0.14	95.8 \pm 8.3	0.545 \pm 0.095	0.032 \pm 0.006
8/50	98.12 \pm 5.88	132.12 \pm 7.26	34.00 \pm 3.46	34.72 \pm 3.76	0.62 \pm 0.06	100.00 \pm 0.0	0.532 \pm 0.050	0.031 \pm 0.003
12/50	97.53 \pm 6.67	131.92 \pm 12.08	34.39 \pm 13.86	35.77 \pm 16.37	0.63 \pm 0.25	100.00 \pm 0.0	0.537 \pm 0.210	0.031 \pm 0.012
16/50	95.12 \pm 3.35	133.05 \pm 13.31	37.93 \pm 10.73	40.01 \pm 11.76	0.69 \pm 0.20	100.00 \pm 0.0	0.596 \pm 0.151	0.035 \pm 0.009

Tabla 2. Continuación. Los valores para los efectos principales son promedios \pm D.E. de doce tanques replicados; los valores para los tratamientos son promedios \pm desviación estándar de cuatro tanques replicados. Las medias con superíndice diferente dentro de la misma columna son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Efectos principales		Factor de	Índice	Factor de conversión	Eficiencia	Tasa de eficiencia	Retención de
		Condición	hepatosomático	alimenticia	alimenticia	proteica	Proteína bruta
Lípido (%)							
8		0.91 \pm 0.06	1.12 \pm 0.35	4.29 \pm 1.08	0.244 \pm 0.06	0.555 \pm 0.12	6.59 \pm 0.85
12		0.92 \pm 0.08	1.20 \pm 0.25	3.74 \pm 1.05	0.288 \pm 0.08	0.664 \pm 0.18	7.14 \pm 1.43
16		0.93 \pm 0.05	1.11 \pm 0.39	3.51 \pm 0.76	0.298 \pm 0.06	0.668 \pm 0.15	6.53 \pm 0.83
Acetate de pescado (%)							
100		0.94 \pm 0.06	1.30 ^a \pm 0.35	3.68 \pm 0.83	0.284 \pm 0.06	0.648 \pm 0.14	6.97 \pm 0.92
75		0.91 \pm 0.07	1.09 ^b \pm 0.36	4.06 \pm 1.28	0.267 \pm 0.08	0.600 \pm 0.18	6.69 \pm 1.23
50		0.90 \pm 0.06	1.03 ^b \pm 0.23	3.80 \pm 0.88	0.278 \pm 0.07	0.639 \pm 0.16	6.59 \pm 1.13
ANOVA $P > F$							
Lípido		0.3612	0.4201	0.1657	0.1455	0.1478	0.3479
Acetate de pescado		0.1327	0.0018	0.6419	0.8161	0.7233	0.694
Lípido x Acetate de pescado		0.0738	< .0001	0.6399	0.3896	0.4171	0.5683
Tratamientos							
8/100		0.91 \pm 0.05	1.05 \pm 0.39	4.59 \pm 0.58	0.220 \pm 0.029	0.505 \pm 0.066	6.75 \pm 1.11
12/100		0.97 \pm 0.05	1.39 \pm 0.18	3.34 \pm 0.57	0.305 \pm 0.053	0.713 \pm 0.121	7.18 \pm 1.11
16/100		0.93 \pm 0.07	1.45 \pm 0.33	3.11 \pm 0.44	0.328 \pm 0.044	0.728 \pm 0.098	6.97 \pm 0.72
8/75		0.90 \pm 0.09	1.32 \pm 0.34	4.23 \pm 1.82	0.263 \pm 0.085	0.585 \pm 0.186	6.73 \pm 0.83
12/75		0.89 \pm 0.07	1.17 \pm 0.26	3.89 \pm 1.48	0.290 \pm 0.118	0.663 \pm 0.267	7.50 \pm 1.73
16/75		0.94 \pm 0.04	0.78 \pm 0.23	4.07 \pm 0.64	0.248 \pm 0.033	0.553 \pm 0.078	5.85 \pm 0.17
8/50		0.91 \pm 0.04	0.97 \pm 0.23	4.07 \pm 0.66	0.250 \pm 0.042	0.575 \pm 0.093	6.28 \pm 0.75
12/50		0.88 \pm 0.07	1.03 \pm 0.19	3.98 \pm 1.08	0.268 \pm 0.070	0.618 \pm 0.166	6.73 \pm 1.69
16/50		0.92 \pm 0.04	1.09 \pm 0.26	3.34 \pm 0.92	0.318 \pm 0.085	0.725 \pm 0.200	6.76 \pm 1.02

Tabla 3. Composición proximal de organismos completos, músculo e hígado de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas ± D.E. Cada muestra compuesta de organismo completo consiste de tres organismos de cada tratamiento; cada muestra compuesta de músculo e hígado consiste en tejidos de dos organismos de cada organismo completo. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Composición proximal	Organismo completo						Músculo						Hígado					
	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)		
Efectos principales																		
Lípido (%)																		
8	71.55 ^a ± 0.67	4.38 ^{ab} ± 0.39	4.80 ^c ± 0.58	20.20 ± 0.55	75.52 ± 0.99	1.36 ± 0.09	1.33 ^b ± 0.49	22.38 ± 0.89	62.32 ^a ± 2.91	1.08 ± 0.13	28.15 ^b ± 4.15	9.85 ^a ± 0.66						
12	70.21 ^b ± 1.23	4.61 ^a ± 0.60	5.53 ^b ± 0.73	20.43 ± 0.59	75.15 ± 0.90	1.35 ± 0.05	1.55 ^{ab} ± 0.46	21.63 ± 1.32	58.70 ^b ± 3.16	1.08 ± 0.13	32.74 ^a ± 4.28	9.26 ^{ab} ± 0.73						
16	70.48 ^b ± 1.21	4.04 ^b ± 0.46	6.26 ^a ± 0.85	19.89 ± 0.71	74.61 ± 0.93	1.37 ± 0.04	1.81 ^a ± 0.42	21.68 ± 0.49	57.75 ^b ± 3.00	0.98 ± 0.07	34.69 ^a ± 3.72	9.05 ^b ± 0.74						
Acetate de pescado (%)																		
100	70.37 ± 1.78	4.36 ± 0.74	5.71 ± 1.17	20.08 ± 0.32	75.97 ^a ± 0.95	1.35 ± 0.07	1.25 ^b ± 0.25	22.02 ± 1.46	60.66 ± 2.62	1.07 ± 0.12	30.23 ± 4.33	9.66 ^a ± 0.52						
75	71.08 ± 0.56	4.21 ± 0.40	5.58 ± 0.92	20.19 ± 0.90	74.84 ^b ± 0.51	1.37 ± 0.04	1.56 ^{ab} ± 0.41	22.12 ± 0.59	59.09 ± 5.03	1.04 ± 0.13	32.42 ± 6.49	9.66 ^a ± 0.85						
50	70.79 ± 0.88	4.47 ± 0.41	5.31 ± 0.71	20.25 ± 0.62	74.48 ^b ± 0.79	1.36 ± 0.07	1.88 ^a ± 0.54	21.54 ± 0.68	59.02 ± 2.55	1.02 ± 0.12	32.92 ± 3.04	8.83 ^b ± 0.61						
ANOVA $P > F$																		
Lípido	0.0292	0.0252	0.0005	0.2283	0.0510	0.8862	0.0398	0.1676	0.0036	0.1704	0.0047	0.0339						
Acetate de pescado	0.3488	0.4019	0.4146	0.8490	0.0012	0.7606	0.0064	0.3689	0.3379	0.6716	0.2876	0.0100						
Lípido x Acetate de pescado	0.2377	0.0175	0.0514	0.4115	0.8024	0.2332	0.2367	0.1665	0.0395	0.6883	0.1408	0.3683						
Tratamientos																		
8/100	71.86 ± 0.70	4.25 ± 0.26	4.46 ± 0.55	19.95 ± 0.30	76.65 ± 0.90	1.30 ± 0.12	1.25 ± 0.19	23.36 ± 0.77	61.45 ± 1.05	1.13 ± 0.18	28.25 ± 5.68	9.89 ± 0.04						
12/100	68.93 ± 1.35	5.16 ± 0.58	6.27 ± 0.26	20.16 ± 0.53	75.90 ± 1.14	1.37 ± 0.02	1.06 ± 0.23	21.26 ± 1.93	60.69 ± 3.69	1.09 ± 0.10	30.24 ± 4.82	9.67 ± 0.17						
16/100	70.31 ± 2.00	3.66 ± 0.29	6.39 ± 1.27	20.13 ± 0.04	75.35 ± 0.44	1.38 ± 0.04	1.43 ± 0.24	21.45 ± 0.46	59.83 ± 3.27	1.00 ± 0.03	32.20 ± 2.78	9.51 ± 0.91						
8/75	71.67 ± 0.58	4.55 ± 0.50	4.62 ± 0.35	20.22 ± 0.82	75.18 ± 0.16	1.38 ± 0.02	1.07 ± 0.11	21.92 ± 0.42	65.17 ± 2.61	1.09 ± 0.17	25.08 ± 2.36	10.40 ± 0.63						
12/75	70.78 ± 0.11	4.13 ± 0.25	5.51 ± 0.52	20.85 ± 0.62	74.75 ± 0.65	1.38 ± 0.06	1.84 ± 0.14	22.40 ± 0.83	57.34 ± 2.29	1.11 ± 0.10	33.82 ± 3.24	9.69 ± 0.74						
16/75	70.79 ± 0.33	3.94 ± 0.20	6.61 ± 0.18	19.50 ± 0.92	74.59 ± 0.55	1.36 ± 0.04	1.77 ± 0.32	22.03 ± 0.58	54.76 ± 0.86	0.92 ± 0.02	38.36 ± 3.95	8.88 ± 0.44						
8/50	71.12 ± 0.72	4.33 ± 0.46	5.32 ± 0.57	20.42 ± 0.55	74.74 ± 0.35	1.41 ± 0.09	1.66 ± 0.80	21.86 ± 0.52	60.33 ± 2.59	1.02 ± 0.03	31.12 ± 1.91	9.28 ± 0.45						
12/50	70.91 ± 0.76	4.55 ± 0.50	4.81 ± 0.47	20.28 ± 0.56	74.80 ± 0.50	1.31 ± 0.05	1.75 ± 0.47	21.22 ± 1.07	58.05 ± 3.43	1.03 ± 0.21	34.15 ± 5.04	8.43 ± 0.07						
16/50	70.34 ± 1.25	4.52 ± 0.40	5.79 ± 0.86	20.05 ± 0.91	73.91 ± 1.18	1.37 ± 0.06	2.22 ± 0.23	21.55 ± 0.34	58.67 ± 1.82	1.02 ± 0.09	33.50 ± 0.56	8.76 ± 0.85						
Organismos iniciales	65.67 ± 0.15	4.32 ± 0.30	6.99 ± 0.37	23.05 ± 0.45	67.90 ± 0.64	1.81 ± 0.08	2.96 ± 0.87	26.42 ± 0.61	57.82 ± 2.24	1.45 ± 0.18	32.57 ± 0.41	9.89 ± 0.04						

Tabla 4. Continuación.

Efectos principales	Saturados ²	Monoinsaturados ³	PUFA ⁴ +HUFAs ⁵	Total n-3 ⁶	Total n-6 ⁷	n-3/n-6
Lípido (%)						
8	9.34 ± 0.81	4.65 ± 0.34	8.95 ± 0.73	2.73 ± 0.13	4.84 ± 0.65	0.57 ± 0.09
12	18.11 ± 1.86	11.60 ± 3.16	24.21 ± 6.43	9.31 ± 0.57	11.69 ± 5.63	1.00 ± 0.54
16	40.51 ± 4.65	25.59 ± 4.49	58.90 ± 10.24	26.76 ± 3.28	25.50 ± 12.49	1.40 ± 0.91
Acetate de pescado (%)						
100	22.40 ± 14.62	11.17 ± 7.62	24.92 ± 18.77	13.90 ± 12.41	7.20 ± 3.41	1.62 ± 0.86
75	23.99 ± 15.72	14.51 ± 10.44	30.90 ± 24.00	13.01 ± 11.29	14.05 ± 10.02	0.82 ± 0.19
50	21.57 ± 13.46	16.17 ± 10.99	36.24 ± 26.73	11.88 ± 9.86	20.77 ± 15.21	0.53 ± 0.07
Tratamientos						
8/100	10.00 ± 0.23	4.55 ± 0.37	8.59 ± 0.39	2.82 ± 0.13	4.38 ± 0.20	0.64 ± 0.06
12/100	16.36 ± 0.27	8.24 ± 0.23	17.70 ± 0.55	9.51 ± 1.07	5.71 ± 0.16	1.66 ± 0.14
16/100	40.83 ± 3.01	20.72 ± 1.72	48.45 ± 3.92	29.38 ± 2.54	11.51 ± 0.82	2.55 ± 0.04
8/75	9.40 ± 1.16	4.69 ± 0.64	8.68 ± 1.13	2.73 ± 0.16	4.56 ± 0.63	0.60 ± 0.05
12/75	19.16 ± 2.18	11.48 ± 1.24	23.38 ± 2.45	9.24 ± 0.57	11.23 ± 1.24	0.83 ± 0.04
16/75	43.43 ± 1.34	27.37 ± 0.81	60.64 ± 1.47	27.08 ± 0.76	26.37 ± 0.49	1.03 ± 0.01
8/50	8.63 ± 0.06	4.72 ± 0.07	9.56 ± 0.23	2.64 ± 0.12	5.57 ± 0.11	0.47 ± 0.01
12/50	18.80 ± 1.81	15.10 ± 1.11	31.56 ± 2.48	9.18 ± 0.19	18.12 ± 1.45	0.51 ± 0.05
16/50	37.27 ± 7.70	28.69 ± 4.93	67.61 ± 11.45	23.81 ± 3.95	38.62 ± 6.45	0.62 ± 0.00

Tabla 5. Perfil de ácidos grasos de organismo completo (mg de ácido graso/g de tejido húmedo) de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de remplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de organismo completo consiste de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Efectos principales		16:0	18:0	18:1	18:2n-6	18:3n-3	20:4n-6	20:5n-3	22:6n-3
Lípido (%)									
8		11.42 ^b \pm 2.90	3.07 \pm 0.58	10.57 \pm 2.49	6.48 \pm 1.67	1.59 \pm 0.38	0.98 \pm 0.28	4.25 \pm 0.94	4.17 ^b \pm 0.95
12		12.65 ^b \pm 2.96	3.17 \pm 1.14	12.31 \pm 3.79	7.65 \pm 2.30	1.87 \pm 0.59	1.12 \pm 0.39	4.74 \pm 1.61	5.26 ^b \pm 1.74
16		15.80 ^a \pm 4.07	3.75 \pm 1.38	14.07 \pm 4.52	8.87 \pm 1.81	2.11 \pm 0.63	1.32 \pm 0.57	5.16 \pm 2.09	6.87 ^a \pm 3.04
Acetate de pescado (%)									
100		15.12 ^a \pm 3.98	4.25 ^a \pm 0.86	13.60 \pm 2.07	7.01 \pm 0.63	2.04 \pm 0.30	1.53 ^a \pm 0.26	5.94 ^a \pm 0.83	7.08 ^a \pm 2.00
75		12.96 ^b \pm 3.40	3.11 ^b \pm 0.88	12.80 \pm 4.49	7.79 \pm 2.85	1.91 \pm 0.69	1.09 ^b \pm 0.36	4.67 ^b \pm 1.45	5.36 ^b \pm 2.00
50		11.51 ^b \pm 2.79	2.57 ^b \pm 0.81	10.55 \pm 4.15	8.19 \pm 2.36	1.62 \pm 0.62	0.80 ^c \pm 0.30	3.53 ^b \pm 1.43	3.79 ^c \pm 1.36
ANOVA $P > F$									
Lípido		0.0035	0.0817	0.2183	0.1415	0.2272	0.0903	0.3657	0.0049
Acetate de pescado		0.0239	0.0005	0.1999	0.5343	0.2804	0.0004	0.0047	0.0005
Lípido x Acetate de pescado		0.0020	0.0031	0.1532	0.2519	0.1769	0.0658	0.0758	0.0238
Tratamientos									
8/100		9.80 \pm 0.86	3.10 \pm 0.19	11.88 \pm 1.67	6.71 \pm 0.79	1.77 \pm 0.18	1.30 \pm 0.13	5.04 \pm 0.10	5.13 \pm 0.45
12/100		15.90 \pm 0.73	4.57 \pm 0.30	13.09 \pm 1.40	6.95 \pm 0.79	2.02 \pm 0.29	1.47 \pm 0.09	5.87 \pm 0.39	6.58 \pm 0.25
16/100		19.29 \pm 0.01	4.91 \pm 0.61	16.07 \pm 0.23	7.38 \pm 0.21	2.34 \pm 0.08	1.84 \pm 0.25	6.94 \pm 0.46	9.77 \pm 0.97
8/75		9.91 \pm 0.23	2.51 \pm 0.01	8.32 \pm 0.11	4.55 \pm 0.02	1.21 \pm 0.02	0.71 \pm 0.03	3.21 \pm 0.16	3.16 \pm 0.16
12/75		12.43 \pm 2.15	2.84 \pm 0.32	12.46 \pm 3.89	7.93 \pm 2.15	1.87 \pm 0.59	1.06 \pm 0.28	4.80 \pm 1.52	5.33 \pm 1.35
16/75		16.79 \pm 3.40	4.12 \pm 1.24	17.79 \pm 0.64	10.83 \pm 0.05	2.67 \pm 0.10	1.50 \pm 0.08	5.99 \pm 0.37	7.61 \pm 0.68
8/50		14.55 \pm 3.43	3.59 \pm 0.69	11.51 \pm 3.60	8.17 \pm 0.22	1.77 \pm 0.50	0.94 \pm 0.17	4.50 \pm 0.91	4.23 \pm 0.68
12/50		9.61 \pm 0.45	2.11 \pm 0.49	11.37 \pm 6.18	8.06 \pm 3.84	1.71 \pm 0.95	0.83 \pm 0.45	3.54 \pm 1.94	3.87 \pm 2.17
16/50		11.32 \pm 2.26	2.23 \pm 0.08	8.34 \pm 0.48	8.40 \pm 1.95	1.33 \pm 0.12	0.62 \pm 0.08	2.55 \pm 0.31	3.22 \pm 0.40
Organismos iniciales		16.81 \pm 3.91	3.97 \pm 1.06	12.37 \pm 3.02	6.08 \pm 1.29	2.05 \pm 0.49	1.11 \pm 0.20	6.60 \pm 1.32	5.77 \pm 0.87

Tabla 5. Continuación. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de organismo completo consiste de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Efectos principales	Saturados ²	Monoinsaturados ³	PUFA+HUFAs ⁵	Total n-3 ⁶	Total n-6 ⁷	n-3/n-6
Lípido (%)						
8	18.07 ^b \pm 4.07	11.30 \pm 2.61	25.28 \pm 5.65	11.90 \pm 2.61	7.56 \pm 1.82	1.58 \pm 0.09
12	19.57 ^b \pm 5.54	13.33 \pm 4.01	29.82 \pm 8.96	13.97 \pm 4.51	9.44 \pm 2.80	1.48 \pm 0.28
16	23.30 ^a \pm 7.94	15.25 \pm 4.91	33.69 \pm 11.13	16.43 \pm 6.56	10.50 \pm 2.49	1.53 \pm 0.46
Acetate de pescado (%)						
100	24.23 ^a \pm 5.65	14.72 \pm 2.42	34.74 ^a \pm 5.09	17.66 ^a \pm 3.39	9.60 \pm 1.07	1.83 ^a \pm 0.20
75	20.11 ^b \pm 5.44	13.80 \pm 4.83	30.18 ^{ab} \pm 10.07	14.07 ^{ab} \pm 4.70	9.57 \pm 3.38	1.48 ^b \pm 0.08
50	16.29 ^c \pm 4.86	11.37 \pm 4.35	23.97 ^b \pm 8.76	10.52 ^b \pm 3.95	8.45 \pm 3.05	1.25 ^c \pm 0.22
ANOVA $P > F$						
Lípido	0.0218	0.1770	0.1528	0.0755	0.1428	0.0702
Acetate de pescado	0.0020	0.1854	0.0388	0.0036	0.5654	0.0001
Lípido x Acetate de pescado	0.0009	0.1345	0.1251	0.0567	0.2696	0.0001
Tratamientos						
8/100	16.58 \pm 1.28	12.40 \pm 1.66	29.64 \pm 1.99	14.16 \pm 0.79	8.73 \pm 1.01	1.63 \pm 0.10
12/100	25.56 \pm 1.31	14.41 \pm 1.72	34.05 \pm 2.83	17.10 \pm 1.01	9.53 \pm 1.01	1.80 \pm 0.09
16/100	29.87 \pm 0.75	17.49 \pm 0.17	40.87 \pm 2.57	22.00 \pm 1.78	10.58 \pm 0.60	2.08 \pm 0.05
8/75	15.31 \pm 0.41	8.98 \pm 0.01	19.34 \pm 0.76	9.06 \pm 0.52	5.77 \pm 0.15	1.57 \pm 0.05
12/75	19.20 \pm 3.54	13.40 \pm 4.06	30.38 \pm 8.63	14.10 \pm 3.95	9.68 \pm 2.57	1.46 \pm 0.07
16/75	26.26 \pm 5.28	19.24 \pm 0.83	40.71 \pm 1.60	19.03 \pm 1.38	13.20 \pm 0.21	1.44 \pm 0.08
8/50	22.31 \pm 5.03	12.51 \pm 3.88	26.85 \pm 6.44	12.48 \pm 2.46	8.18 \pm 2.38	1.55 \pm 0.15
12/50	13.95 \pm 2.64	9.02 \pm 0.55	19.48 \pm 2.12	8.26 \pm 0.98	7.72 \pm 0.75	1.07 \pm 0.02
16/50	13.77 \pm 1.11	9.02 \pm 0.55	19.48 \pm 2.12	8.26 \pm 0.98	7.72 \pm 0.75	1.07 \pm 0.02
Organismos iniciales	26.07 \pm 6.26	13.51 \pm 3.32	32.92 \pm 6.75	17.03 \pm 3.15	8.00 \pm 1.63	2.14 \pm 0.12

2-7 Ver pie de Tabla 4

Tabla 6. Perfil de ácidos grasos de músculo (mg de ácido graso/g de tejido húmedo) de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de músculo consiste de tejido muscular de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Efectos principales	16:0	18:0	18:1	18:2n-6	18:3n-3	20:4n-6	20:5n-3	22:6n-3
	Lípido (%)							
8	1.35 ^c \pm 0.27	0.48 ^c \pm 0.05	1.00 ^c \pm 0.19	0.71 ^c \pm 0.16	0.15 ^c \pm 0.05	0.16 ^c \pm 0.03	0.39 ^c \pm 0.05	1.08 ^c \pm 0.31
12	1.79 ^b \pm 0.29	0.63 ^b \pm 0.76	1.34 ^b \pm 0.21	1.00 ^b \pm 0.29	0.20 ^b \pm 0.04	0.22 ^b \pm 0.05	0.69 ^b \pm 0.12	1.37 ^b \pm 0.12
16	2.40 ^a \pm 0.55	0.77 ^a \pm 0.16	1.90 ^a \pm 0.55	1.48 ^a \pm 0.66	0.29 ^a \pm 0.09	0.26 ^a \pm 0.05	0.79 ^a \pm 0.12	1.57 ^a \pm 0.08
Acetate de pescado (%)								
100	1.57 ^b \pm 0.16	0.55 ^b \pm 0.04	1.15 ^b \pm 0.13	0.65 ^c \pm 0.11	0.17 ^b \pm 0.02	0.21 \pm 0.03	0.67 ^a \pm 0.22	1.49 ^a \pm 0.11
75	1.93 ^a \pm 0.72	0.67 ^a \pm 0.20	1.49 ^a \pm 0.57	1.10 ^b \pm 0.37	0.22 ^a \pm 0.10	0.23 \pm 0.08	0.64 ^b \pm 0.23	1.28 ^b \pm 0.37
50	2.04 ^a \pm 0.64	0.66 ^a \pm 0.18	1.60 ^c \pm 0.63	1.43 ^a \pm 0.26	0.25 ^a \pm 0.11	0.20 \pm 0.05	0.55 ^c \pm 0.13	1.26 ^b \pm 0.26
ANOVA <i>P</i> > <i>F</i>								
Lípido	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Acetate de pescado	< 0.0001	0.0004	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.2821	< 0.0001	< 0.0001
Lípido x Acetate de pescado	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0017	0.0179	< 0.0001	< 0.0001
Tratamientos								
8/100	1.46 \pm 0.17	0.51 \pm 0.03	1.05 \pm 0.11	0.62 \pm 0.01	0.15 \pm 0.01	0.18 \pm 0.01	0.43 \pm 0.02	1.46 \pm 0.04
12/100	1.53 \pm 0.11	0.56 \pm 0.05	1.18 \pm 0.08	0.63 \pm 0.00	0.17 \pm 0.02	0.23 \pm 0.02	0.68 \pm 0.02	1.38 \pm 0.02
16/100	1.70 \pm 0.12	0.57 \pm 0.04	1.23 \pm 0.16	0.70 \pm 0.15	0.19 \pm 0.03	0.23 \pm 0.01	0.94 \pm 0.05	1.63 \pm 0.03
8/75	1.04 \pm 0.10	0.43 \pm 0.06	0.79 \pm 0.14	0.63 \pm 0.06	0.11 \pm 0.01	0.13 \pm 0.02	0.34 \pm 0.03	0.77 \pm 0.07
12/75	2.13 \pm 0.19	0.71 \pm 0.02	1.60 \pm 0.06	1.17 \pm 0.09	0.23 \pm 0.06	0.26 \pm 0.04	0.83 \pm 0.04	1.50 \pm 0.03
16/75	2.63 \pm 0.21	0.86 \pm 0.10	2.07 \pm 0.11	1.51 \pm 0.02	0.31 \pm 0.02	0.29 \pm 0.07	0.74 \pm 0.02	1.50 \pm 0.01
8/50	1.54 \pm 0.19	0.49 \pm 0.01	1.16 \pm 0.09	0.87 \pm 0.06	0.18 \pm 0.07	0.16 \pm 0.01	0.40 \pm 0.02	1.01 \pm 0.05
12/50	1.70 \pm 0.06	0.61 \pm 0.04	1.23 \pm 0.09	1.19 \pm 0.04	0.19 \pm 0.02	0.18 \pm 0.00	0.56 \pm 0.05	1.24 \pm 0.10
16/50	2.86 \pm 0.22	0.88 \pm 0.09	2.41 \pm 0.23	2.21 \pm 0.07	0.38 \pm 0.07	0.27 \pm 0.04	0.69 \pm 0.03	1.58 \pm 0.09
Organismos iniciales	3.16 \pm 0.38	0.88 \pm 0.13	2.26 \pm 0.44	1.26 \pm 0.14	0.39 \pm 0.05	0.30 \pm 0.04	1.55 \pm 0.03	2.11 \pm 0.17

Tabla 6. Continuación. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de músculo consiste de tejido muscular de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Efectos principales	Saturados ²	Monoinsaturados ³	PUFA ⁴ +HUFAs ⁵	Total n-3 ⁶	Total n-6 ⁷	n-3/n-6
Lípido (%)						
8	2.12 ^c \pm 0.40	1.10 ^e \pm 0.22	3.23 ^c \pm 0.61	1.83 ^c \pm 0.40	0.96 ^c \pm 0.18	1.95 \pm 0.50
12	2.77 ^b \pm 0.43	1.46 ^b \pm 0.24	4.41 ^b \pm 0.61	2.53 ^b \pm 0.30	1.35 ^b \pm 0.31	1.96 \pm 0.51
16	3.74 ^a \pm 0.84	2.07 ^a \pm 0.58	5.69 ^a \pm 0.96	3.01 ^a \pm 0.08	1.91 ^a \pm 0.71	1.83 \pm 0.79
Acetate de pescado (%)						
100	2.46 ^b \pm 0.24	1.28 ^b \pm 0.14	4.00 ^c \pm 0.42	2.60 ^a \pm 0.35	0.99 ^c \pm 0.14	2.65 ^a \pm 0.31
75	3.01 ^a \pm 1.11	1.63 ^a \pm 0.63	4.49 ^b \pm 1.55	2.41 ^b \pm 0.78	1.48 ^b \pm 0.53	1.66 ^b \pm 0.20
50	3.16 ^a \pm 0.99	1.73 ^a \pm 0.67	4.84 ^a \pm 1.44	2.37 ^b \pm 0.54	1.76 ^a \pm 0.70	1.43 ^c \pm 0.24
ANOVA $P > F$						
Lípido	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.3662
Acetate de pescado	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0002	< 0.0001	< .0001
Lípido x Acetate de pescado	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0374
Tratamientos						
8/100	2.31 \pm 0.21	1.18 \pm 0.11	3.64 \pm 0.10	2.28 \pm 0.05	0.91 \pm 0.14	2.55 \pm 0.35
12/100	2.40 \pm 0.18	1.30 \pm 0.09	3.84 \pm 0.12	2.46 \pm 0.04	0.98 \pm 0.17	2.55 \pm 0.40
16/100	2.68 \pm 0.22	1.36 \pm 0.19	4.53 \pm 0.19	3.04 \pm 0.08	1.07 \pm 0.08	2.84 \pm 0.16
8/75	1.64 \pm 0.17	0.86 \pm 0.16	2.47 \pm 0.13	1.38 \pm 0.11	0.84 \pm 0.14	1.67 \pm 0.24
12/75	3.29 \pm 0.24	1.75 \pm 0.17	5.15 \pm 0.29	2.89 \pm 0.13	1.59 \pm 0.16	1.82 \pm 0.10
16/75	4.10 \pm 0.33	2.26 \pm 0.12	5.83 \pm 0.25	2.96 \pm 0.06	2.00 \pm 0.20	1.48 \pm 0.12
8/50	2.41 \pm 0.22	1.26 \pm 0.13	3.59 \pm 0.40	1.84 \pm 0.10	1.14 \pm 0.14	1.62 \pm 0.12
12/50	2.64 \pm 0.08	1.34 \pm 0.09	4.22 \pm 0.18	2.23 \pm 0.12	1.48 \pm 0.08	1.51 \pm 0.11
16/50	4.44 \pm 0.27	2.60 \pm 0.25	6.71 \pm 0.08	3.04 \pm 0.10	2.66 \pm 0.22	1.15 \pm 0.13
Organismos iniciales	4.87 \pm 0.57	2.48 \pm 0.46	7.59 \pm 0.58	4.62 \pm 0.27	1.76 \pm 0.21	2.64 \pm 0.22

2-7 Ver pie de Tabla 4.

Tabla 7. Perfil de ácidos grasos de hígado (mg de ácido graso/g de tejido húmedo) de *C. parvippinis* alimentado durante 56 días con tres niveles dietarios de lípido dietario y tres niveles de reemplazo de aceite de pescado. Los valores representan promedios de 3 muestras compuestas \pm D.E. Cada muestra compuesta de hígado consiste de tres organismos de cada tratamiento. Los promedios de los efectos principales en una misma columna con superíndice distinto son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). La composición de los organismos iniciales se analizó por triplicado en muestras compuestas y se presenta como referencia, pero no fueron incluidos en el análisis estadístico.

Efectos principales		16:0	18:0	18:1	18:2n-6	18:3n-3	20:4n-6	20:5n-3	22:6n-3
Lípido (%)									
8		68.07 \pm 17.32	25.37 \pm 9.52	85.93 \pm 38.59	71.54 \pm 31.22	11.24 \pm 3.99	3.74 ^b \pm 0.53	14.98 ^b \pm 2.98	17.17 ^b \pm 3.96
12		73.80 \pm 24.44	25.76 \pm 10.96	80.41 \pm 32.23	66.70 \pm 37.73	10.79 \pm 4.77	3.84 ^b \pm 0.70	14.43 ^b \pm 4.54	23.59 ^b \pm 4.05
16		91.81 \pm 17.68	29.31 \pm 7.92	96.87 \pm 26.47	85.14 \pm 47.42	14.16 \pm 4.93	6.81 ^a \pm 2.07	22.59 ^a \pm 5.08	48.83 ^a \pm 13.53
Acetate de pescado (%)									
100		69.54 \pm 21.29	20.56 \pm 8.08	67.90 \pm 23.83	39.42 ^c \pm 12.25	8.89 ^b \pm 2.31	5.49 \pm 2.64	18.26 \pm 6.69	33.29 \pm 20.34
75		78.70 \pm 22.29	28.91 \pm 10.07	90.29 \pm 30.80	72.66 ^b \pm 22.00	11.50 ^b \pm 3.61	4.37 \pm 1.44	17.17 \pm 5.18	27.33 \pm 14.56
50		83.98 \pm 21.98	30.92 \pm 7.35	104.28 \pm 33.66	109.90 ^a \pm 34.44	15.51 ^a \pm 5.02	4.31 \pm 1.04	16.17 \pm 4.91	26.96 \pm 12.79
ANOVA $P > F$									
Lípido		0.0809	0.5751	0.5713	0.2673	0.1837	< .0001	0.0046	< .0001
Acetate de pescado		0.3465	0.0604	0.0810	< .0001	0.0061	0.0957	0.5401	0.2809
Lípido x Acetate de pescado		0.8575	0.7610	0.8737	0.1682	0.6020	0.2407	0.8866	0.7089
Tratamientos									
8/100		60.31 \pm 29.57	15.75 \pm 10.18	63.51 \pm 38.76	44.69 \pm 20.17	9.25 \pm 3.25	3.74 \pm 0.61	15.78 \pm 2.39	18.36 \pm 4.15
12/100		61.40 \pm 7.19	22.32 \pm 8.64	61.59 \pm 12.89	35.89 \pm 6.05	7.59 \pm 1.34	4.27 \pm 0.95	13.90 \pm 2.47	25.06 \pm 4.30
16/100		86.91 \pm 14.40	23.60 \pm 5.46	78.59 \pm 18.55	37.69 \pm 9.62	9.83 \pm 2.22	8.45 \pm 2.58	25.10 \pm 7.70	56.44 \pm 19.49
8/75		73.11 \pm 9.23	30.99 \pm 5.41	100.66 \pm 39.40	84.24 \pm 23.90	12.09 \pm 4.26	3.77 \pm 0.61	15.11 \pm 2.32	17.01 \pm 3.93
12/75		71.10 \pm 25.34	23.92 \pm 14.37	73.22 \pm 28.50	53.39 \pm 9.33	9.33 \pm 2.96	3.55 \pm 0.62	16.17 \pm 7.50	23.25 \pm 5.72
16/75		98.48 \pm 31.17	33.27 \pm 10.64	108.34 \pm 22.69	84.22 \pm 16.99	13.85 \pm 3.30	6.48 \pm 1.03	21.75 \pm 2.62	48.92 \pm 9.26
8/50		70.79 \pm 10.02	29.35 \pm 4.43	93.61 \pm 41.66	85.70 \pm 36.03	12.39 \pm 5.08	3.71 \pm 0.60	14.05 \pm 4.69	16.14 \pm 5.14
12/50		88.89 \pm 33.35	31.02 \pm 11.63	106.40 \pm 39.42	110.81 \pm 31.02	15.43 \pm 5.42	3.62 \pm 0.04	12.62 \pm 1.75	21.90 \pm 0.07
16/50		92.27 \pm 17.90	32.38 \pm 7.37	112.83 \pm 30.90	133.21 \pm 28.11	18.69 \pm 3.97	5.39 \pm 0.81	20.64 \pm 3.42	41.15 \pm 6.54
Organismos iniciales		102.00 \pm 0.19	50.98 \pm 9.30	89.39 \pm 0.54	43.59 \pm 5.65	13.51 \pm 0.72	5.35 \pm 0.28	39.44 \pm 0.11	36.50 \pm 0.20

Tabla 7. Continuación.

Efectos principales	Saturados ²	Monoinsaturados ³	PUFA ⁴ +HUFAs ⁵	Total n-3 ⁶	Total n-6 ⁷	n-3/n-6
Lípido (%)						
8	107.07 ± 29.37	91.75 ± 40.36	174.01 ^b ± 60.72	51.25 ^b ± 13.97	77.24 ± 32.12	0.74 ^c ± 0.30
12	112.70 ± 38.23	86.13 ± 33.65	177.55 ^b ± 69.83	62.88 ^b ± 23.21	74.23 ± 39.16	0.94 ^b ± 0.30
16	137.45 ± 26.99	104.70 ± 27.10	241.75 ^a ± 55.03	98.13 ^a ± 21.99	97.64 ± 46.15	1.24 ^a ± 0.64
Acetate de pescado (%)						
100	104.71 ± 32.29	74.27 ± 25.94	162.14 ± 55.06	71.02 ± 31.96	49.07 ^c ± 14.19	1.45 ^a ± 0.43
75	121.99 ± 35.09	96.64 ± 32.42	193.38 ± 54.60	65.93 ± 24.16	80.09 ^b ± 23.70	0.84 ^b ± 0.22
50	128.81 ± 32.26	110.77 ± 35.22	232.43 ± 76.17	71.73 ± 29.10	117.99 ^a ± 37.33	0.59 ^c ± 0.08
ANOVA <i>P</i> > <i>F</i>						
Lípido	0.1628	0.5220	0.0641	0.0013	0.1501	< .0001
Acetate de pescado	0.2986	0.0991	0.0737	0.9776	< .0001	< .0001
Lípido x Acetate de pescado	0.8896	0.8759	0.8228	0.7198	0.2501	0.0002
Tratamientos						
8/100	89.49 ± 46.93	68.96 ± 41.87	143.17 ± 60.46	52.21 ± 14.47	51.02 ± 22.12	1.10 ± 0.26
12/100	96.68 ± 15.87	67.01 ± 13.71	135.37 ± 24.34	55.45 ± 9.67	43.61 ± 7.44	1.27 ± 0.02
16/100	127.96 ± 21.44	86.86 ± 19.78	207.87 ± 55.93	105.39 ± 33.42	52.62 ± 13.84	1.98 ± 0.13
8/75	118.44 ± 15.38	106.73 ± 41.03	193.03 ± 53.94	52.73 ± 10.94	89.51 ± 25.28	0.60 ± 0.04
12/75	107.45 ± 43.33	78.32 ± 29.68	160.41 ± 46.69	57.90 ± 19.48	59.71 ± 10.72	0.95 ± 0.15
16/75	149.13 ± 47.36	108.97 ± 24.74	242.84 ± 51.52	97.78 ± 18.54	96.52 ± 19.33	1.01 ± 0.01
8/50	113.28 ± 17.24	99.57 ± 43.27	185.84 ± 77.49	48.81 ± 20.92	91.20 ± 38.05	0.54 ± 0.02
12/50	133.98 ± 51.10	113.05 ± 41.64	236.54 ± 91.89	75.30 ± 36.47	119.37 ± 34.41	0.61 ± 0.11
16/50	139.15 ± 26.30	119.69 ± 32.27	274.90 ± 52.63	91.09 ± 15.80	143.40 ± 29.90	0.64 ± 0.05
Initial stock	175.93 ± 6.72	96.51 ± 0.42	223.60 ± 15.31	107.90 ± 2.77	53.13 ± 6.40	2.04 ± 0.19

²⁻⁷ Ver pie de Tabla 4.

V.4. Índices de aterogenicidad y trombogenicidad

Se determinaron los índices de aterogenicidad (IA) y trombogenicidad (IT) para músculo de los peces experimentales, con el fin evaluar las características nutricionales del filete para el consumo humano. Para el efecto principal del nivel de inclusión de AP, se observó en ambos índices una tendencia a aumentar a medida que el AP fue reemplazado por AS con valores de 1.09 a 1.13 para IA y 0.19 a 0.26 para IT (Tabla 8).

Tabla 8. Índices de aterogenicidad y trombogenicidad de músculo de *C. parvipinnis* alimentado durante 56 días con diferentes niveles dietarios de lípido y reemplazo de aceite de pescado. Los valores para efectos principales son promedios de las medias de los tratamientos; los valores de las medias de tratamientos fueron calculados de los promedios en la tabla 6 y promedios de 14:0 no reportado en dicha Tabla; 12:0 no fue detectado.

Efectos principales	Índice de aterogenicidad	Índice de trombogenicidad
Lípido (%)		
8	1.14	0.22
12	1.12	0.23
16	1.10	0.25
Aceite de pescado (%)		
100	1.09	0.19
75	1.14	0.25
50	1.13	0.26
Tratamientos	Índice de aterogenicidad	Índice de trombogenicidad
12/100	1.09	0.19
16/100	1.09	0.20
8/100	1.08	0.18
12/50	1.16	0.23
16/50	1.11	0.24
8/50	1.14	0.28
12/75	1.16	0.25
16/75	1.15	0.25
8/75	1.07	0.29
Organismos iniciales	1.15	0.22

V.5. Respuesta en crecimiento a la concentración dietaria de DHA+EPA

La respuesta en crecimiento a la concentración dietaria de DHA+EPA de *C. parvipinnis*, se observó gráficamente mediante el contraste entre la concentración de ambos ácidos grasos presentes en las dietas experimentales, con respecto al desempeño en crecimiento de los peces obtenidos a través de diversos índices, tales como el peso ganado, la tasa de crecimiento específico y el coeficiente térmico de crecimiento.

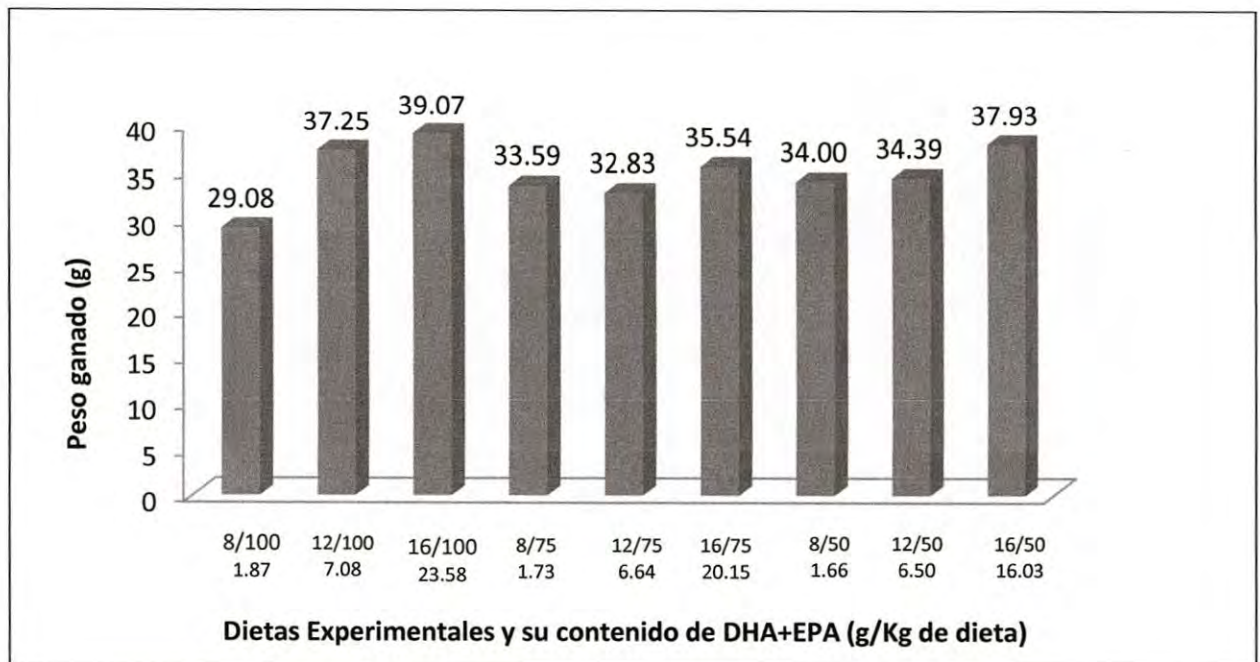


Figura 13. Peso ganado (g) con respecto al contenido de DHA+EPA de las dietas experimentales.

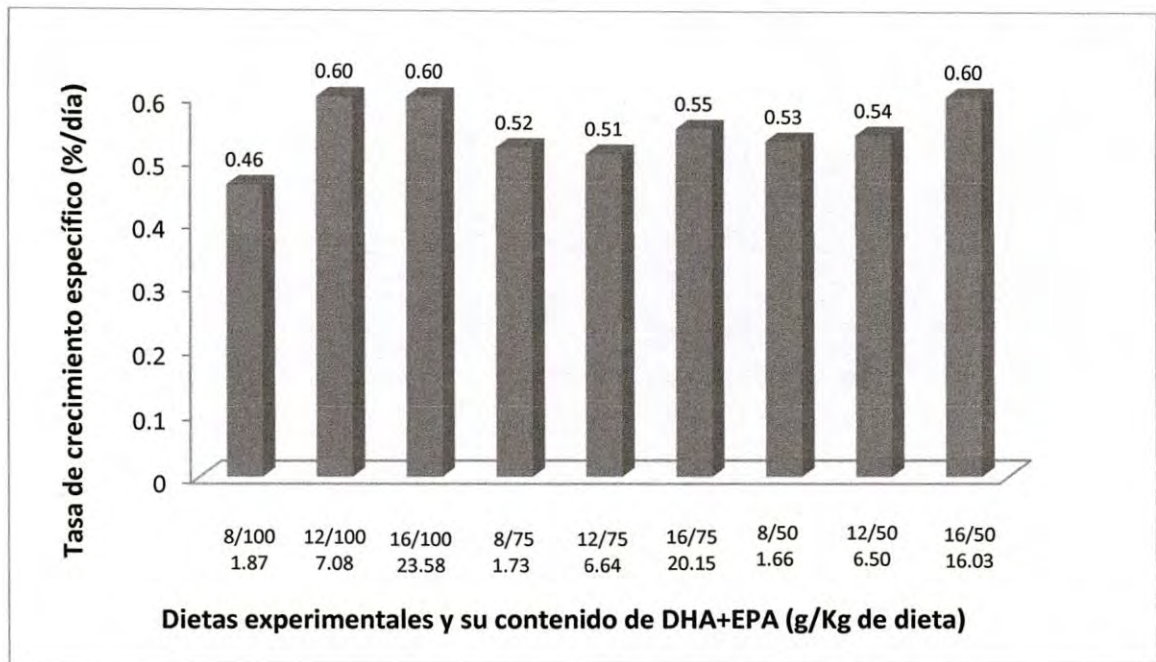


Figura 14. Tasa de crecimiento específico con respecto al contenido de DHA+EPA de las dietas experimentales.

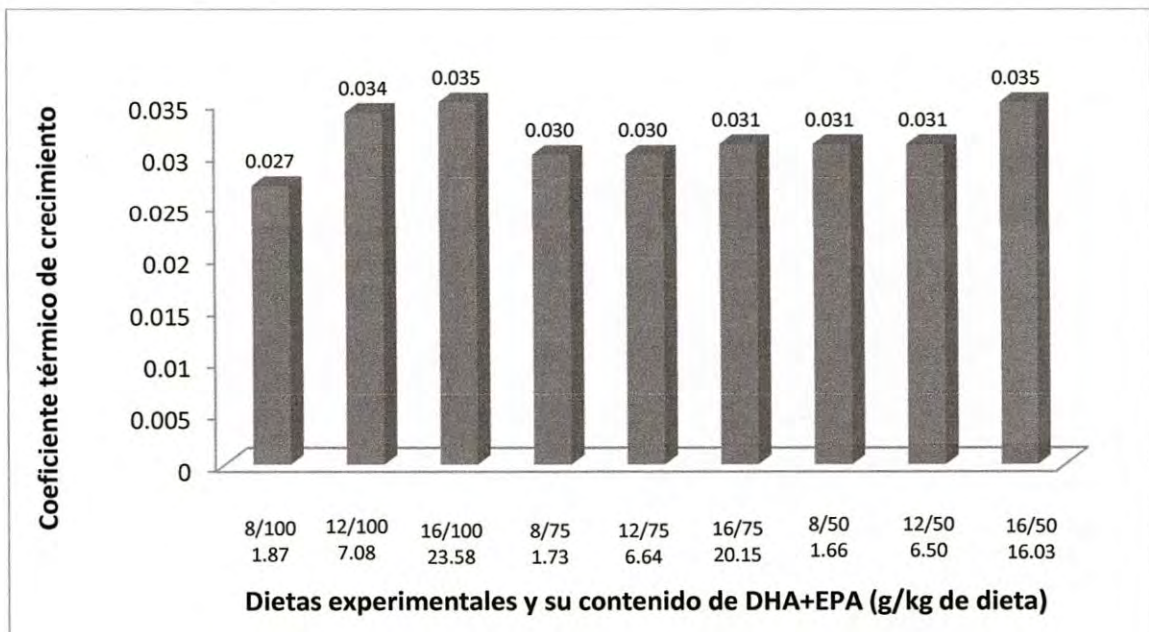


Figura 15. Coeficiente térmico de crecimiento con respecto al contenido de DHA+EPA de las dietas experimentales.

VI. DISCUSIÓN

VI.1. Parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia

El objetivo principal de este trabajo fue encontrar una aproximación al requerimiento de lípido dietario cuando se proporciona mediante el aceite de pescado, y en que magnitud este puede ser sustituido por aceite de soya en alimento balanceado para la engorda de juveniles de curvina de aleta corta *Cynoscion parvipinnis*. Los resultados de este experimento mostraron que este organismo se desempeñó adecuadamente durante 8 semanas de cultivo experimental, cuando se alimentó con niveles de lípido dietario entre 8 y 16%, o un rango energético entre 4,228 y 4,737 cal/g, sin mostrar diferencias estadísticas significativas para la mayoría de los índices de crecimiento, tales como el peso ganado, la tasa de crecimiento específico, el coeficiente térmico de crecimiento, y el incremento de peso diario, así como tampoco para otras variables como el factor de conversión alimenticia, la eficiencia alimenticia y la tasa de eficiencia proteica. Similares resultados a un amplio rango de niveles de lípido dietario sin efecto en crecimiento se han reportado para subadultos de otras especies de la misma familia tales como *C. othonopterus*, *T. mcdonaldi*, *A. regius* y *S. ocellatus* (González-Félix *et al.*, 2015; Perez-Velazquez *et al.*, 2015b; Chatzifotis *et al.*, 2010; Turano *et al.*, 2002) sin una aparente reducción en el consumo de alimento y la consecuente reducción en crecimiento que se ha reportado para otras especies generalmente en etapas más tempranas del ciclo de vida (Wang *et al.*, 2005; Rueda-López *et al.*, 2011). Esto sugiere que, desde un punto de vista práctico y económico, el alimento balanceado para la engorda de subadultos de *C. parvipinnis*, pudiera formularse con un nivel de inclusión de 8% de lípido dietario.

Adicionalmente, los resultados para los parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia mostraron que los peces alimentados con dietas formuladas exclusivamente con aceite de pescado (100% AP) no difirieron con respecto a aquellos que fueron alimentados con las dietas que contienen 50% AP y 50% AS, lo que resalta la oportunidad de utilizar un aceite vegetal como el aceite de soya en substitución de aceite de pescado en el alimento formulado para la engorda de *C. parvipinnis* sin causar efectos adversos en su crecimiento. Respuestas

similares se han observado con el uso de AS en remplazo de AP en dietas para otros peces que, de manera semejante, se desempeñaron adecuadamente durante el cultivo hasta con 50% o más de inclusión de AS en sus dietas; por ejemplo, la curvina amarilla *Pseudosciaena crocea* con 62% de remplazo de AP (Wang *et al.*, 2012), *A. regius* con un 80% (Emre *et al.*, 2015), *Acanthopagrus schlegeli* entre el 60 y el 80% (Peng *et al.*, 2008) y *Sparus aurata* hasta el 60% (Martínez-Llorens *et al.*, 2007).

A pesar de que el reemplazo de AP por AV puede reducir el costo de los alimentos balanceados y hacer más rentable el proceso de cultivo, la magnitud de la sustitución de AP con AV como el AS debe ser analizado cuidadosamente, dado que la mayoría de los AV son considerablemente pobres en ácidos grasos altamente insaturados de la familia n-3, y su deficiencia pudiera no solamente afectar la salud y el crecimiento de los peces en cultivo, sino también reducir la calidad del filete para consumo humano cambiando drásticamente su perfil de ácidos grasos y la proporción de n-3/n-6 (Sargent *et al.*, 1999; Regost *et al.*, 2003; Stubhaug *et al.*, 2007; Turchini *et al.*, 2009). Sin embargo, es probable que las necesidades energéticas en los peces marinos se puedan satisfacer parcialmente mediante los aceites vegetales dietarios, y ellos podrían promover un efecto de ahorro de los ácidos grasos esenciales provistos por el aceite de pescado, tales como el EPA y DHA, para ser utilizados en la biosíntesis de tejidos u otras rutas o destinos metabólicos prioritarios. Esto se hace evidente en el perfil de ácidos grasos de músculo, donde la concentración de DHA y EPA, a pesar de disminuir por efecto del remplazo de AP por AS, apenas se redujo a 86 (75% AP-25% AP) y 84.5% (50% AP-50% AS) del contenido de DHA en el músculo de los peces alimentados con 100% AP, y a 95.5 (75% AP-25% AP) y 82% (50% AP-50% AS) de EPA presente en los mismos peces.

El índice hepatosomático de los peces disminuyó a medida que el AP se reemplazó por AS en las dietas, y aunque no se observó un efecto en el desempeño biológico de esta especie bajo estas condiciones experimentales, varios estudios han demostrado que la utilización de AV en otras especies de peces afecta el almacenamiento de lípidos en hígado (Bell *et al.*, 2003), la lipogénesis hepática (Blake y Clarke, 1990; Salaty y Amir-Ahmadyi, 2001; Raclot *et al.*, 1997), y la absorción de los lípidos.

VI.2. Composición proximal de organismos completos y tejidos

Las dietas experimentales influenciaron la composición proximal de *C. parvipinnis* y sus tejidos. En general, el contenido de proteína en los organismos completos y músculo no mostró diferencias significativas entre tratamientos, probablemente debido a la naturaleza isoproteica de las dietas. Por otra parte, como era de esperarse, el contenido de grasa en organismos completos, músculo e hígado se vio afectado en gran medida por el nivel de lípido dietario, mostrando una clara tendencia a incrementarse a medida que el lípido dietario alimentado incrementó. Este fenómeno ha sido observado en investigaciones con otras especies, por ejemplo en *A. regius* alimentados con niveles de lípido dietario entre 13 al 21% (Chatzifotis *et al.*, 2010), *Rachycentron canadum* alimentado con 5 a 25% de lípido (Wang *et al.*, 2005), *Sciaena umbra* alimentada con 8 a 23% de lípido (Chatzifotis *et al.*, 2006), *Urophycis brasiliensis* alimentado con 5 a 11% de lípido (Bolasina y Fenucci, 2007), *Pampus argenteus* alimentado con 12 a 20% de lípido (Hossain *et al.*, 2011), *Sparus aurata L.* alimentada con 10 a 20% de lípido (El-Husseiny *et al.*, 2013), *Sander lucioperca* alimentada con 6 a 18% de lípido (Kowalska *et al.*, 2011), y *C. othonopterus* alimentada con 8 a 16% de lípido (Perez-Velazquez *et al.*, 2015a).

De igual manera, la inclusión de AS en remplazo de AP en las dietas experimentales tuvo un efecto sobre el contenido de grasa cruda en el músculo, tendiendo a aumentar a medida que el AS dietario incrementó; una tendencia similar se ha observado en otras investigaciones, por ejemplo, un cultivo experimental de *Acanthopagrus schlegeli* con niveles de inclusión de 60, 80 y 100% de AS (Peng *et al.*, 2008), *S. aurata* alimentada con dietas con 12, 24 y 72% de AS (Martínez-Llorens *et al.*, 2007), y *Diplodus sargus* alimentado 16% de AS mostró mayor contenido de grasa cruda que aquellos peces alimentados con 16% de AP (Taşbozan *et al.*, 2015). El mismo efecto se ha observado con otros aceites vegetales, por ejemplo con *Psetta maxima* alimentada con una dieta con 100% de aceite de cártamo en contraste con una dieta con 100% de AP (Altundag *et al.*, 2014), y *Oncorhynchus mykiss* alimentada con aceite de semilla de algodón (25, 50, 75 y 100%) mostró la misma tendencia (Güler y Yildiz, 2011). Cabe señalarse que, de acuerdo al contenido de grasa cruda en músculo

de *C. parvipinnis*, 1.25-1.88%, este especie puede considerarse un pez magro (Borgstrom, 1961).

Finalmente, el contenido de humedad en organismos completos e hígado también fue influenciado por el nivel de lípido dietario, y disminuyó a medida que éste se incrementó. Respuestas similares se han reportado para *R. canadum* (Wang *et al.*, 2005) y para *Epinephelus coioides* (Luo *et al.*, 2005). El contenido de humedad en músculo disminuyó progresivamente al reemplazar el AP por AS en *C. parvipinnis*, similar a lo reportado para *Diplodus sargus* alimentado con dietas en donde el AP fue sustituido por AS, aceite de canola y aceite de avellana (Taşbozan *et al.*, 2015). Por tanto, en este estudio se observó que no solo el nivel de lípido dietario sino también el reemplazo de AP por un AV, en este caso el AS, fueron capaces de modificar significativamente la composición proximal de organismos completos y tejidos en *C. parvipinnis*.

VI.3. Composición de ácidos grasos de dietas, organismos completos y tejidos

El perfil de ácidos grasos de las dietas experimentales reflejó el efecto del nivel de inclusión en la dieta; por una parte al incrementar el nivel de lípido dietario se incrementó la concentración de ácidos grasos en las dietas, y por otra parte, al reemplazar el AP por AS se observó la disminución de HUFA de la familia n-3 al disminuir progresivamente la inclusión de AP, al mismo tiempo que se incrementó la concentración de LOA en respuesta a la inclusión progresiva de AS, como era de esperarse. Por otra parte, como se mencionó antes, se hizo evidente que *C. parvipinnis* puede presentar un desempeño en crecimiento similar alimentándose exclusivamente con AP, y hasta con un 50% de su reemplazo por AS. Sin embargo, al igual que se ha reportado para muchas especies de peces alimentados con aceites vegetales (Bell *et al.*, 2004; Martínez-Llorens., 2007; Turchini *et al.*, 2009; Trushensky *et al.*, 2011; Emre *et al.*, 2015), el reemplazo de AP provocó un cambio en el perfil de ácidos grasos en sus tejidos, pudiendo provocar un detrimento en la calidad del filete para consumo humano, porque en peces alimentados con AS comúnmente se incrementa el contenido corporal de n-6 PUFA, particularmente el LOA, y al mismo tiempo disminuye el contenido de HUFA de la familia n-3 como el EPA y DHA (Izquierdo *et al.*, 2003; Peng *et al.*, 2008; Xu *et al.*, 2012; Berenjestanaki *et al.*, 2014; Emre *et al.*, 2015). Las dietas experimentales utilizadas en el

presente estudio fueron capaces de influenciar de esta manera el perfil y el contenido de ácidos grasos del cuerpo completo, músculo e hígado de los *C. parvipinnis*, así como también las proporciones de n-3/n-6.

La composición de ácidos grasos del músculo de *C. parvipinnis*, donde se observó el incremento en el contenido de LOA y LNA, y la disminución de EPA y DHA a medida que el AP se reemplazó por AS, es una respuesta similar fue observada en *D. puntazzo* (Piedecausa *et al.*, 2007), *Cromileptes altivelis* (Shapawi *et al.*, 2008), *R. canadum* (Trushensky *et al.*, 2011), *Siganus canaliculatus* (Xu *et al.*, 2012) y *A. regius* (Emre *et al.*, 2015). Se ha reportado un rango en la proporción n-3/n-6 en peces marinos de 4.7 a 14.4 (Henderson y Tocher, 1987). En el presente estudio la proporción n-3/n-6 en músculo disminuyó a medida que el AP se reemplazó por AS, de 2.66 a 1.66. Dichos valores son inferiores a rango mencionado previamente para peces marinos, pero es superior a 0.25, que es el valor mínimo recomendado en peces para consumo humano de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud para la prevención de enfermedades coronaria (Uribe-Gonçalves *et al.*, 2012).

El perfil de ácidos grasos del hígado de *C. parvipinnis* principalmente se caracterizó por el incremento de LOA y LNA proporcional al incremento de AS en la dieta, debido que este aceite es rico en estos ácidos grasos. También se observó una reducción en ARA, EPA y DHA, además de la relación n-3/n-6 a medida que se reemplazó el AP por AS en las dietas, lo que se ha reportado para *Acanthopagrus schlegeli* (Peng *et al.*, 2008), *Cromileptes altivelis* (Shapawi *et al.*, 2008) y *P. crocea* (Wang *et al.*, 2012). Varios estudios con intervalos similares en la proporción dietaria de n-3/n-6 a las alcanzadas en el presente estudio, tampoco reportaron efectos negativos en la salud de los peces en cultivo (Hosseini *et al.*, 2010; Kenari *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012; Berenjestanaki *et al.*, 2014).

VI.4. Índices de aterogenicidad y trombogenicidad

Para evaluar la el valor nutricional del perfil de ácidos grasos contenidos en el filete de *C. parvipinnis* para el consumo humano se utilizaron los índices de aterogenicidad y trombogenicidad, que son indicadores de riesgo de consumo de alimentos que favorecen enfermedades cardiacas como la arterosclerosis y trombogénesis. Valores altos de estos

índices pueden tener efectos adversos en la salud del consumidor. Los ácidos grasos saturados con 12, 14 o 16 carbonos favorecen un incremento en el colesterol por lo que se consideran aterogénicos (Bonanome y Grundy, 1988), mientras que aquellos con 14, 16 y 18 son considerados como trombogénicos (Hornstra y Lussemborg, 1975). Los ácidos grasos de cadena larga de la familia n-3 no contribuyen de manera negativa en el aumento del colesterol en plasma, y ayudan a la reducción de los tromboxanos B y actividad plaquetaria, lo que significa una reducción en la formación de trombos en las arterias (Burr, 1989). Los índices de aterogenicidad (IA: 1.07-1.16) y trombogénicidad (IT: 0.18-0.29) observados en el músculo de peces alimentados con los diferentes tratamientos (Tabla 8) del presente estudio son considerados bajos, y similares los reportados para otros alimentos de origen marino considerados con gran calidad nutricional y recomendados para consumo humano, como por ejemplo la mantarraya *Raja clavata* con valores de 2.37 y 0.63, la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* 0.25 y 0.45, y anchoveta 0.45 y 1.35 para IA e IT, respectivamente (Valfré *et al.*, 2003), por otro lado los índices de este trabajo son considerablemente más bajos que los reportados para otros alimentos de consumo común que podrían considerarse de mayor riesgo para el favorecimiento de enfermedades cardiovasculares tales como la Leche de vaca Holstein-Fresian con 2.48 IA Y 2.32 IT (Pilarczyk *et al.*, 2015), Queso de leche de bufalo de 2.72 - 2.16 Y 1.74-1.2 (Naydenova *et al.*, 2014), Crema 2.25 Y 2.98, mantequilla 2.27 y 2.99, y manteca butírica 1.80 y 2.51 (Silva Hernández *et al.*, 2015). Esta información nos ayudó a corroborar la buena calidad del filete de *C. parvipinnis* para el consumo humano, aun cuando en su dieta se llegue a reemplazar hasta un 50% de AP por AS.

VI.5. Respuesta en crecimiento a la concentración dietaria de DHA+EPA

Como se hizo notar anteriormente, no se observaron diferencias estadísticas en los parámetros de desempeño en crecimiento evaluados, y esta especie se desarrolló de manera adecuada y similar con niveles dietarios de DHA+EPA que variaron en un amplio rango, desde 1.66 hasta 23.88 g/kg de dieta, como se muestra en las figuras 13-15, que ilustran el contenido de la suma de estos dos ácidos grasos en las dietas experimentales y la respuesta de crecimiento tales en peso ganado, la tasa de crecimiento específico y el coeficiente térmico de crecimiento, lo que permite suponer que con un contenido dietario de 1.66 g DHA+EPA/kg, permite el desempeño

en crecimiento adecuado de *C. parvipinnis* sin efectos adversos en salud, y sin perder la calidad nutricional del filete, de acuerdo a lo observado en el IA e IT. Esta aproximación nos da una idea de que el requerimiento de esta especie es bajo, incluso podría ser más bajo que el reportado para otros peces marinos como *Sciaenops ocellatus* de 10 g DHA+EPA/kg de dieta (Lochman & Gatlin III, 1993), *Platyichthys stellatus* de 9 g DHA+EPA/kg de dieta (Lee *et al.*, 2003) y *C. othonopterus* de 9.8 g DHA+EPA/kg de dieta (González-Félix *et al.*, 2014). Este requerimiento bajo de EPA y DHA, aunado a una buena respuesta de crecimiento con 8% de lípido dietario y hasta 50% de remplazo de aceite de pescado, nos brinda la posibilidad de cultivar subadultos de esta especie con alimentos balanceados, no solo con un bajo contenido de lípido dietario, sino también con una baja utilización de aceite de pescado, con la posibilidad de sustituirlo con aceites vegetales, como el de soya, lo que contribuirá significativamente a incrementar la rentabilidad del cultivo al reducir el costo de los alimentos balanceados y también a producir formulaciones más amigables con el medio ambiente.

F 160207

VII. CONCLUSIONES

La curvina de aleta corta, *Cynoscion parvipinnis*, tuvo un desempeño en crecimiento adecuado y semejante con inclusiones de lípido dietario entre 8 y 16%, y con dietas en donde el lípido dietario fue provisto exclusivamente con aceite de pescado (100% AP), o reemplazándolo hasta en un 50% con aceite de soya.

La composición proximal y el perfil de ácidos grasos de organismos completos y tejidos de esta especie reflejaron el nivel de inclusión en la dieta, como el reemplazo de aceite de pescado por aceite de soya.

El perfil de ácidos grasos del filete y la proporción de n-3/n-6 resultante después del periodo experimental, aún en organismos alimentados con dietas hasta con un 50% de reemplazo de aceite de pescado por aceite de soya, puede considerarse de un alto valor nutricional para el consumo humano.

El requerimiento de ácidos grasos altamente insaturados de la familia n-3 para esta especie es aparentemente bajo, lo que representa una buena oportunidad para promover el reemplazo de aceite de pescado por aceites vegetales en la engorda de subadultos de esta especie.

Los alimentos balanceados para la engorda de subadultos de esta especie pudieran formularse con 8% de lípido de lípido dietario y con hasta el 50% de reemplazo de aceite de pescado por aceite de soya, que desde el punto de vista económico son interesantes, pues son alimentos más rentables y más amigables con el ambiente.

VIII. RECOMENDACIONES

Evaluar una gama más amplia de niveles de reemplazo de aceite de pescado, esto ayudaría considerablemente a conocer el límite mínimo y máximo de tolerancia de la especie a la inclusión de aceites vegetales en su dieta.

Evaluar otras fuentes de aceites de origen vegetal en alimentos balanceados para esta especie, esto contribuiría en gran manera a encontrar otras alternativas para sustituir el aceite de pescado, o bien, otras opciones mejores y más rentables.

Evaluar la respuesta de esta especie para un periodo experimental de mayor duración y en otros sistemas de cultivo como jaulas flotantes o estanques, para conocer el desempeño bajo diferentes condiciones de cultivo.

IX. LITERATURA CITADA

- Altundağ, M.Ş., Tiril, S.U., Özdemir, A. 2014. Effects of safflower oil supplementation in diet on growth performance and body fatty acid composition of turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture International* 22, 597-605.
- Araya, H. A., 1984. Los sciaenidos (curvinas) del golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trap.*, 32: 179-196 pp.
- Association of Official Agricultural Chemist, 1940. "Methods of Analysis", 5th edition, Association of Official Agricultural Chemists. Washington. D.C.
- Association of Official Analytical Chemists, 2005. Official Methods of Analysis. Association of Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Bell J.G., Tocher D.R., Henderson R.J., Dick J.R., Crampton V.O. 2003. Altered fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapeseed oils can be partially restored by a subsequent fish oil finishing diet. *J Nutr*, 133:2793–2801.
- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., Sargent, J.R. 2004. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids* 39, 223 – 232.
- Bell. J.G., Strachan. F, Good. J.E., Tocher. D.R. 2006. Effect of dietary echium oil on growth, fatty acid composition and metabolism, gill prostaglandin production and macrophage activity in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 37: 606–617.
- Berenjestanaki, S. S., Fereidouni, A. E., Ouraji, H., Khalili, K. J. 2014. Influence of dietary lipid sources on growth, reproductive performance and fatty acid compositions of muscle and egg in three-spot gourami (*Trichopodus trichopterus*) (Pallas, 1770). *Aquaculture Nutrition* 20, 494–504.
- Blake W. L., Clarke S. D. 1990. Suppression of rat hepatic fatty acid synthase and S14 gene transcription by dietary polyunsaturated fat. *J Nutr* 120, 1727–1729.
- Bolasina, S.N., Fenucci, J.L. 2007. Effect of dietary lipid level on growth, survival and body composition of Brazilian codling (*Urophycis brasiliensis* Kaup, 1858). *Revista de Biologia Marina y Oceanografía* 42 (1), 23-27.
- Bonanome, A. & Grundy, S. M. 1988. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol level and lipoprotein.

- Borgstrom, G. 1961. Fish as Food. Academic Press New York and London. 300 pp.
- Bromley, P.J. 1980. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot *Scophthalmus maximus*. Aquaculture 19, 359–369.
- Burr, M. L. 1989. Fish and the cardiovascular system. Progress in Food and Nutrition Science 13, 291-316.
- 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 Acuicola. 2012. Diario Oficial de la Federación.
- Chao, N.L. 1995. Sciaenids, in: Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V.H. (Eds.), Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. FAO Vol. III., Roma, pp. 1427-1518.
- 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 Martin-Prat, A., Limberis, N., Papandroulakis, N., Divanach, P. 2006. First data on growth of cultured brown meagre *Sciaena umbra* using diets with different protein and fat contents. Fisheries Science 72: 83–88.
- Chatzifotis S., Panagiotidou M., Papaioannou N., Plavidis M., Nengas I., Mylonas C.C. 2010. Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites (*Argyrosomus regius*) juveniles. Aquaculture 307, 65-70.
- De Silva, S.S., Anderson, T.A. 1995. Fish nutrition in aquaculture, London, Chapman & Hall, 319 pp.
- El-Husseiny O.M., Ahmed K. I. Elhammady., Salah M. Tolba., Ashraf Suloma, 2013. Lipid and protein utilization by gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*) under flow-through system with regard to environmental impact. Journal of the Arabian Aquaculture Society 8, 307-320.
- Emre, Y., Kurtoğlu, A., Emre, N., Güroy, B., Güroy, D. 2015. Effect of replacing dietary fish oil with soybean oil on growth performance, fatty acid composition and hematological parameters of juvenile meagre, *Argyrosomus regius*. Aquaculture Research 1-10.
- 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. 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. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome. 20 pp.
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, C.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem* 226 (1), 497–509.
- 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.
- Glencross, B., Hawkins, W., Curnow, J. 2003. Evaluation of canola oils as alternative lipid resources in diets for juvenile red seabream, *Pagrus auratus*. *Aquaculture Nutrition* 9, 305–315.
- González-Félix, M.L., Perez-Velazquez, M., López-Yocupicio, E. 2014. Effect of dietary level of docosahexaenoic and arachidonic acids, and n-3/n-6 ratio on biological performance and tissue composition of the gulf corvina *Cynoscion othonopterus*. *Aquaculture America* 2014. Seattle, Washington, USA. February 9-12, p. 180.
- González-Félix, M.L., Perez-Velazquez, M., Minjarez-Osorio, C., Urquidez-Bejarano, P. 2015. Influence of dietary lipid on growth performance and body composition of the Gulf corvina, *Cynoscion othonopterus*. *Aquaculture* 448, 401-409.
- González-Rocha, J., 2000. Manejo de recursos naturales. Oficina Regional de la FAO para la América Latina y el Caribe, 125-131.
- Güler, M., Yıldız, M. 2011. Effect of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 35(3), 157-167.
- Halver, J.E. y R.W. Hardy. 2002. *Fish Nutrition*. Elsevier Sciences. 3ed. Orlando, Florida, USA. 353 p.
- Henderson, R. J., Tocher, R. D. 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progressive Lipid Research* 26 (4), 281-347.
- Higgs, D.A., Dong, F.M. 2000. Lipids and fatty acids. In: Stickney RR (ed.) *Encyclopedia of Aquaculture*, pp. 476–496. John Wiley & Sons, New York.
- Hornstra, G. & Lussenberg, R. N. 1975. Relationship between the type of dietary fatty acid and the arterial thrombus tendency in rats. *Atherosclerosis* 22, 499-516.
- Hossain, M. A., Almatar, S. M., James, C. M. 2011. Effect of Varying Dietary Lipid Levels and Protein to Energy (P:E) Ratios on Growth Performance, Feed Utilization and Body Composition of Sub-adult Silver Pomfrets, *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788). *Pak. J. Nutr* 10: 415-423.
- Hosseini, S. V., Kenari, A. A., Regenstein, J. M., Rezaei, M., Nazari, R. M., Moghaddasi, M., Kaboli, S. A., Grant, A. A. M. 2010. Effects of Alternative Dietary Lipid Sources on

Growth Performance and Fatty Acid Composition of Beluga Sturgeon, *Huso huso*, Juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society* 41, 471–489.

- Izquierdo, M.S., Obach, A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L., Rosenlund, G. 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition* 9: 397–407.
- Kamarudin, M.S., Ramezani-Fard, E., Saad, C.R., Harmin, S.A. 2012. Effects of dietary fish oil replacement by various vegetable oils on growth performance, body composition and fatty acid profile of juvenile Malaysian mahseer, *Tor tambroides*. *Aquaculture nutrition* 18, 532-543.
- Kanazawa, A. 1985. Essential fatty acid and lipid requirement of this: *In* Nutrition and feeding in fish, edited by C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell. Academic Press, London and New York, pp. 281–298.
- Kaushik, S.J. 2000. Applied nutrition for sustainable aquaculture development. *In* Book of Synopses, p. 155-158. NACA/FAO International Conference on Aquaculture in the Third Millennium, 20-25 February 2000, Bangkok.
- Kenari, A. A., Mozanzadeh, M. T., Pourgholam, R. 2011. Effects of total fish oil replacement to vegetable oils at two dietary lipid levels on the growth, body composition, haemato-immunological and serum biochemical parameters in caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler, 1877). *Aquaculture Research* 42, 1131–1144.
- Kose, I. y Yildiz, M. 2013. Effect of diets containing sesame oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Ichthyology* 29, 1318–1324.
- Kowalska, A., Zake, Z., Jankowska, B., Demska-Zake, B. 2011. Effect of different dietary lipid levels on growth performance, slaughter yield, chemical composition, and histology of liver and intestine of pikeperch, *Sander lucioperca*. *Czech J. Anim. Sci* 56 (3), 136–149.
- Lee, S. M., Lee, J.H., Kim, K.D. 2003. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture* 225, 269–281
- Lochmann, R.T., Gatlin, D.M. 1993. Evaluation of different types and levels of triglycerides, singly and in combination with different levels of n-3 highly unsaturated fatty acid ethyl esters in diets of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture* 114, 113–130.
- Luo, Z., Liu, Y.J., Mai, K.S., Tian, L.X., Liu, D.H., Tan, X.Y., Lin, H.Z. 2005. Effect of dietary lipid level on growth performance, feed utilization and body composition of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isonitrogenous diets in floating netcages. *Aquaculture International* 13, 257-269.

- Martinez-Llorens, S., Vidal, A. T., Moñino, A. V., Torres, M. P., Cerdá, M. J. 2007. Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research* 38: 76–81.
- Minjarez-Osorio, C., González-Félix, M.L., Perez-Velazquez, M. 2012. Biological performance of *Totoaba macdonaldi* in response to dietary protein level. *Aquaculture* 362-363, 50-54.
- Naydenova, N., Kaishev, T. L., Mihaylova, G. 2014. Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic health indices of white brined cheese made from buffalo milk. *Agricultural Science and Technology*, 6 (3), 352-355.
- Nasopoulou, C., Zabetakis, I. 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. *LWT-Food Sci. Technol* 47, 217–224.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the world*. 3 ed. Jhon wiley and sons, Inc., New York, 600 pp.
- Otha, M., Watanabe, T. 1996. Energy requirements for maintenance of body weight and activity and for maximum growth in rainbow trout. *Fisheries Science* 62, 737–744.
- Peng, S., Chen, L., Qin, J.G., Hou, J., Yu, N., Long, Z., Ye, J., Sun, X. 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture* 276, 154-161.
- Perez-Velazquez, M., Urquidez-Bejarano, P., González-Félix, M.L., Minjarez-Osorio, C. 2014. Evidence of euryhalinity of the Gulf corvina (*Cynoscion othonopterus*). *Physiological Research* 63, 659-666.
- Perez-Velazquez, M., González-Félix, M.L., Maldonado-Othón, C., Viana, M.T., Lazo, J.P. 2015a. Effect of dietary protein and lipid level on biological performance and body composition of the Gulf corvina *Cynoscion othonopterus*. *International journal of aquatic science* 6, 11-28.
- Perez-Velazquez, M., Minjarez-Osorio, C., González-Félix, M.L. 2015b. Effect of dietary lipid level on growth performance, feed utilization, and body composition of totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Gilbert, 1890). *Aquaculture Research*, sumetido.
- Piedecausa, M.A., Mazón, M.J., García García, B., Hernández, M.D. 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture* 263, 211–219.
- Pilarczyk, R., Wojcik, J., Sablik, P., Czerniak, P. 2015. Fatty acid profile and health lipid indices in the raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from an organic farm. *S. Afr. j. anim. Sci*, 45, 30-38.

- Pirozzi, I., Booth, M.A., Allan, G.L. 2010. The interactive effects of dietary protein and energy on feed intake, growth and protein utilization of juvenile mullet (*Argyrosomus japonicus*). *Aquaculture Nutrition* 16, 61–71.
- Raclot, T., Groscolas, R., Langin, D., Ferre, P. 1997. Site-specific regulation of gene expression by n-3 polyunsaturated fatty acids in rat white adipose tissues. *J Lipid Res* 38, 1963–1972.
- Regost, C., Arzel, J., Cardinal, M., Rosenlund, G., Kaushik, S.J. 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in Turbot (*Psetta maxima*). 2. Flesh quality properties. *Aquaculture* 220, 737–747.
- Román-Rodríguez, M. 2000. Estudio poblacional del chano norteco, *Micropogonias 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 No, L298, México D.F.
- Rueda-López, S., Lazo, J.P., Correa, R.G., Viana, M.T. 2011. Effect of dietary protein and energy levels on growth, survival and body composition of juvenile *Totoaba macdonaldi*. *Aquaculture* 319, 385–390.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Carta Estatal Pesquera de Baja California. Diario Oficial de la Federación del 11 de Febrero de 2011, México, 2011.
- Salati, L.M., Amir-Ahmady, B. 2001. Dietary regulation of expression of glucose-6-phosphate dehydrogenase. *Annu. Rev. Nutr* 21, 121–140.
- Sargent J., Bell G., McEvoy L., Tocher D., Estevez, A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture* 177, 191-199.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G. 2002. The lipids. In: Halver JE, Hardy RW (eds) *Fish Nutrition*, 181–257 pp.
- Schryver, P., Defoirdt, T., Sorgeloos, P. 2014. Early Mortality Syndrome Outbreaks: A Microbial Management Issue in Shrimp Farming? *PLOS Pathogens* magazines, Ghent University, Ghent, Belgium.
- Shapawi, R., Mustafa, S., Ng, W.-K. 2008. Effects of dietary fish oil replacement with vegetable oils on growth and tissue fatty acid composition of humpback grouper, *Cromileptes altivelis* (Valenciennes). *Aquaculture Research* 39, 315–323.
- Silva Hernández, Eryck R., Suarez Jácome, Ma. Miriam., Herrera Lee, Rosa Guadalupe., Nakano, Takuo, Ozimek, Lech., Verdalet Guzmán, Iñigo. 2007. Alto contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y productos derivados al incorporar semillas de girasol a la dieta vacuna: Implicaciones sobre el riesgo trombo/aterogénico. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(2), 173-178.

- Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology and Oceanography* 14, 799-801.
- Spotte, S. 1979a. *Fish and Invertebrate Culture: Water Management in Closed Systems*. 2nd Ed. Wiley-Interscience, New York, USA. 179 pp.
- Spotte, S. 1979b. *Seawater Aquariums: The Captive Environment*. Wiley-Interscience, New York, 413 pp.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can* 167, 207-211.
- Stubhaug, I., Lie, Ø., Torstensen, B.E. 2007. Fatty acid productive value and β -oxidation capacity in Atlantic salmon tissues (*Salmo salar L.*) fed on different lipid sources along the whole growth period. *Aquaculture Nutrition* 13, 145–155.
- Tacon, A.G.J. 1997. Feeding tomorrow's fish: keys for sustainability. In A. Tacon and B. Basurco, eds. *Feeding tomorrow's fish*, p. 11-33. Proceedings of the workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), jointly organized by CIHEAM, FAO and IEO Mazarron, Spain, 24-26 June 1996, CIHEAM, Apodo, Spain.
- Thompson, D.A. y N. McKibbin. 1976. *Gulf of California fishwatcher's guide*. Golden Puffer Press. Tucson, AZ, USA. 75 pp.
- Takeuchi, M. 1979. Digestibility of dietary lipids in carp. *Bull. Tokai, Regional Fish. Res. Lab.* 99, 55-63.
- Taşbozan, O., Emre, Y., Gökçe1, M. A., Özcan, F., Erbaş, C., Kurtoğlu, A. 2015. Alternative Vegetable Oil Sources for White Seabream (*Diplodus sargus*) Juveniles: Effects on Growth and Body Chemical Composition. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 15, 453-462.
- Tocher, D.R. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Fish Sci* 11, 107–184.
- Tocher, D.R., Dick, J.R., MacGlaughlin, P., Bell, J.G. 2006. Effect of diets enriched in D6 desaturated fatty acids (18:3n-6 and 18:4n-3), on growth, fatty acid composition and highly unsaturated fatty acid synthesis in two populations of Arctic charr (*Salvelinus alpinus L.*). *Comparative Biochemistry and Physiology B* 144: 245–253.
- Trushenski, J.T., Schwarz, M., Lewis, H., Laporte, J., Delbos, B., Takeuchi, R., Sampaio, L.A. 2011. Effect of replacing dietary fish oil with soybean oil on production performance and fillet lipid and fatty acid composition of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture Nutrition* 17, 437–447.
- Turano, M.J., Davis, D.A., Arnold, C.R. 2002. Optimization of growout diets for red drum *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture Nutrition* 8, 95–101.

- Turchini, G. M., Torstensen, B. E., Ng, W.-K. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture* 1,10–57.
- Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T. 1991. Coronary Heart Disease: Seven Dietary factors. *The Lancet* 338, 985–992.
- Uribe-Gonçalves, L., Ferroli, F., Macedo-Viegas, E.M. 2012. Effect of the inclusion of fish residue oils in diets on the fatty acid profile of muscles of males and females lambari (*Astyanax altiparanae*). *Revista Brasileira de Zootecnia* 41 (9), 1967-1974.
- Valfré, F., Caprino, F. and Turchini, G. M. 2003. The health benefit of seafood. *Veterinary Research Communications* 27, 507-512.
- Villamer, A. 1972. Age determination in fishes of the family Sciaenidae. *J. Ichtol.* 13: 550-561.
- Wang, J.T., Liu, Y.J., Tian, L.X., Mai, K.S., Du, Z.Y., Wang, Y., Yang, H.J. 2005. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture* 249, 439–447.
- Wang, X., Li, Y., Hou, C., Gao, Y., Wang, Y. 2012. Influence of different dietary lipid sources on the growth, tissue fatty acid composition, histological changes and peroxisome proliferator-activated receptor c gene expression in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). *Aquaculture research* 43, 281-291.
- Wassef, E. A., Shalaby, S. H., Saleh, N. E. 2014. Cottonseed oil as a complementary lipid source in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* juveniles. *Aquaculture Research* 39, 315-323.
- Watanabe, T. 1988. Fish nutrition and mariculture. Ed. T. Watanabe. Tokio, Japón. University of Fisheries. 233 p.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 3: 787–790.
- Xu, S., Wang, S., Zhang, L., You, C., Li, Y. 2012. Effects of replacement of dietary fish oil with soybean oil on growth performance and tissue fatty acid composition in marine herbivorous teleost *Siganus canaliculatus*. *Aquaculture Research* 43, 1276–1286.