



Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ciencias Marinas
Instituto de Investigaciones Oceanológicas



Evaluación en el uso de aceite de soya, maíz y linaza en dietas formuladas para el cultivo de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) como remplazo de aceite de pescado.

Maestría en Ecología Molecular y Biotecnología

Tesis que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Ecología Molecular y Biotecnología

Presenta:

José Jesús Velázquez García

Ensenada Baja California, México, Octubre de 2012

Evaluación del uso de aceites de origen vegetal: soya, maíz y linaza en la elaboración de dietas formuladas para el cultivo de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) como remplazo de aceite de pescado.

Tesis que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Ecología Molecular y Biotecnología

Presenta:

José Jesús Velázquez García

Aprobada por:

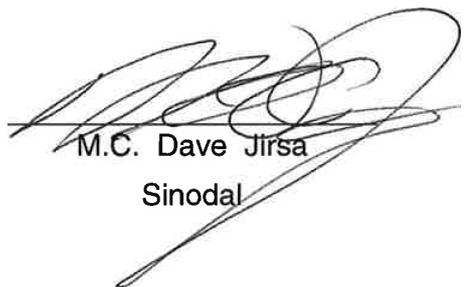


Director de tesis

Dra. Lus Mercedes López Acuña



Dra. Maricela Flores Ibarra
Sinodal



M.C. Dave Jirsa
Sinodal

Dedicatoria

A toda mi familia (Velázquez y Kidwell's) que de alguna manera u otra siempre me han apoyado en cada paso que doy y mantienen esa gran confianza en mí, motivándome a seguir siempre adelante.

Quiero dedicar este trabajo de una manera muy especial a mi esposa **Cynara Kidwell de Velázquez**, que a sido y seguirá siendo mi inspiración y mi fortaleza para seguir adelante alcanzando metas, muchísimas gracias amor! por toda la ayuda y confianza que me has brindado todo este tiempo, no solo para alcanzar este objetivo, pero también en muchos otros aspectos de nuestra vida juntos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Autónoma de Baja California y a la Facultad de Ciencias Marinas por el apoyo brindado y abrirme las puertas de sus instalaciones.
- Al CONACYT por el apoyo con la beca no. 236534.
- AL Hubbs-Sea World Research Institute por facilitar los organismos para el experimento y todo el apoyo para la realización del mismo.
- A mi comité de tesis: Dra. Lus M. López Acuña: Muchísimas gracias por aceptarme desde el inicio en este programa de maestría, por dirigir esta investigación, tener paciencia y disponibilidad de tiempo en todo momento y por la gran formación profesional que me ha dado en todos los aspectos (conocimientos científicos, amistad, respeto y valores éticos).
- Dra. Maricela Flores Ibarra, un profundo agradecimiento por haberme transmitido su conocimiento en el área de hematología, además de brindarme su amistad y por ser sin lugar a dudas parte fundamental de mi formación académica y profesional.
- M. C. Dave Jirsa, por el apoyo incondicional que ha brindado en todo momento, consejos, guía en el desarrollo del biocultivo y revisiones importantes para presentaciones en inglés, por compartir artículos y por aceptar ser parte de este comité de tesis.
- M.C. Mark A. Drawbridge, por confiar en mí para realizar este estudio con los organismos que su institución produce y por las revisiones y correcciones para la presentación en congresos internacionales.
- A todos los amigos y compañeros en el laboratorio de nutrición que compartieron sus conocimientos y apoyaron incondicionalmente en todos los análisis y muestreos requeridos en esta investigación, en especial a Isaura y Emmanuel muchas gracias porque siempre resolvieron dudas y estuvieron disponibles para ayudar.
- A todo el personal que labora en la Unidad de Biotecnología en Piscicultura.

RESUMEN

La corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) es un pez marino catalogado dentro de las especies de alta importancia comercial, así como para la pesca deportiva tanto en el sur de California en EUA, como en las costas de Baja California en México, área en la cual se encuentra su distribución. Con el desarrollo de la acuicultura y la maricultura a nivel mundial, en los últimos años se ha presentado la necesidad de utilizar harina y aceite de pescado para elaborar dietas para el cultivo de organismos destinados a la producción, debido a esto existe un continuo incremento en los precios, variación en la calidad y disponibilidad de estos insumos. Por todo esto, se enfatiza en la búsqueda de fuentes alternas y sustentables que puedan sustituir de alguna manera estos ingredientes. Se realizó un bioensayo con juveniles de corvina blanca que fueron alimentados durante 62 días con cuatro dietas experimentales donde se sustituyó el 25% del total de lípidos, en este caso aceite de pescado por aceite de soya, maíz y linaza, respectivamente, una dieta con 100 % de aceite de pescado, y una dieta control con harina de soya y sangre como parte de las fuentes protéica, con 100% aceite de pescado. El bioensayo se realizó en un sistema semi-cerrado en las instalaciones de la Unidad de Biotecnología en Piscicultura de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada B.C., México. Al final del bioensayo se determinaron los diferentes parámetros de crecimiento y composición proximal de los organismos. La sobrevivencia promedio encontrada fue de 95% sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que el peso ganado para la dieta control fue significativamente menor al resto de los tratamientos y así mismo para la tasa de crecimiento específico. En cuanto al aprovechamiento del alimento, la mejor tasa de conversión alimenticia y la digestibilidad aparente del alimento se presentó en la dieta que contenía 100% de aceite de pescado aunque estas no fueron significativamente diferentes a los tratamientos con aceites vegetales. El índice hepatosomático no presentó diferencias significativas entre tratamientos, mientras que el índice viscerosomático de la dieta control fue significativamente mayor al resto de los tratamientos. La composición proximal de cuerpo entero y tejidos de los organismos no presentó una tendencia entre los tratamientos experimentales. Los resultados encontrados en esta investigación sugieren que es posible remplazar hasta un 25 % de aceite de pescado por aceites de origen vegetal (soya, maíz y linaza) sin afectar el desarrollo de juveniles de corvina blanca durante 62 días de cultivo bajo condiciones experimentales.

CONTENIDO		Pág.
I.	INTRODUCCION	1
II.	ANTECEDENTES.....	5
II.1	Importancia del uso de fuentes de nutrientes alternativos en las dietas	5
II.2	Descripción de la especie	7
III.	OBJETIVO GENERAL.....	9
III.1	Objetivos Particulares	9
IV.	HIPOTESIS	10
V.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
V.1	Formulación y elaboración de dietas	11
V.3.3	V.3.2 Muestreo de heces	15
V.4.2	Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)	17
VI.1.9	Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)	24
VII.	Discusiones	30
VII.1	Supervivencia	30
VII.2	Crecimiento.....	30
VII.3	Índice Hepatosomático y viscerosomático	33
VII.4	Ingestión diaria de alimento y razón de eficiencia protéica	35
VII.5	Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)	36
VII.6	Composición proximal de pez entero, músculo, hígado y vísceras.....	37

VIII. Conclusiones 40

IX. Recomendaciones..... 42

X. Bibliografía citada..... 43



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crecimiento en peso de juveniles de corvina blanca (<i>Atractoscion nobilis</i>) alimentados con dietas con diferentes fuentes de lípidos vegetales como soya, maíz y linaza durante 62 días.	21
--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla I Formulación de dietas experimentales con diferentes sustituciones de aceite vegetal (soya, maíz y linaza) por aceite de pescado para juveniles de corvina blanca (<i>Atractoscion nobilis</i>).	12
Tabla II: Composición proximal en peso seco de dietas experimentales formuladas con diferentes sustituciones de aceite vegetal (soya, maíz y linaza) por aceite de pescado para juveniles de corvina blanca (<i>Atractoscion nobilis</i>).	13
Tabla III: Parámetros de crecimiento y digestibilidad aparente de las dietas generados a partir del experimento con juveniles de corvina blanca (<i>Atractoscion nobilis</i>) alimentados con dietas con diferentes fuentes de lípidos vegetales (soya, maíz y linaza) durante 62 días.	22
Tabla IV. Composición proximal de pez entero, musculo, hígado y vísceras de juveniles de corvina blanca (<i>Atractoscion nobilis</i>) alimentados con diferentes fuentes de lípidos vegetales (soya, maíz y linaza) durante 62 días.	29



I. INTRODUCCION

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos: peces, moluscos, crustáceos, plantas, anfibios, entre otros FAO (2010).

La disponibilidad y el uso de recursos acuáticos han permitido un crecimiento del sector acuícola con un ritmo superior en más de tres veces a la producción de carne de animales de granja, especies como la carpa de la India y de China, generan la mayor producción de la acuicultura mundial (50%), seguida de los moluscos (24%) y las plantas acuáticas (22%) (FAO, 2010). Aunque la producción acuícola es baja con relación a la producción de productos cárnicos, el camarón y los peces dulce acuícolas y marinos tienen una importancia económica por su alto valor nutricional, lo que repercute en la salud humana.

En México, la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, con lo cual se pretendía incrementar el consumo de proteína animal y mejorar así los niveles nutricionales de la población (Juárez-Palacios, 1987). Aunque esta actividad se ha diversificado más hacia peces dulce acuícolas también se lleva a cabo en especies marinas, ya que la piscicultura marina en México como en otros países, es una alternativa tecnológicamente viable ante la creciente demanda de alimentos de origen protéico para el consumo generalizado de la población humana (Avilés, 2000).



En México la piscicultura marina se inicia a finales de la década de los 80s, cuando se realizan los estudios para la engorda del pámpano (*Trachinotus paitiensis*) en jaulas flotantes en Baja California Sur. A partir de 1989 la piscicultura marina empezó a desarrollarse de manera experimental, iniciándose básicamente con los estudios biológico-reproductivos de especies de alto valor comercial como la cabrilla, pargo, róbalo, huachinango, corvina, pámpano, totoaba y lenguado (Avilés, 2000).

Para lograr el desarrollo de una acuacultura sustentable, se requiere de la inclusión de nuevas fuentes de nutrientes en las dietas para los organismos en cultivo (Wang *et al.*, 2006; Picova y Morkore, 2007; Hardy, 2008; Benedito-Palos *et al.*, 2008). En el caso del cultivo de peces marinos el éxito también depende en gran parte del desarrollo de dietas elaboradas a partir de ingredientes de bajo costo y con altos valores nutritivos (Anderson *et al.*, 1993; Francis *et al.*, 2001; Valente *et al.*, 2006; Mendez *et al.*, 2007; Kasper *et al.*, 2007). En lo que respecta al crecimiento y mantenimiento de los peces, la proteína es uno de los macronutrientes esenciales, además que determina el costo del alimento por las altas cantidades requeridas, pero también es la fuente primaria de desechos nitrogenados en los sistemas de cultivo y ecosistemas naturales (Catacutan y Coloso, 1995; Davis *et al.*, 2005; Pirozzi *et al.*, 2010). La harina de pescado es una de las fuentes protéicas más empleadas, además de que posee un alto contenido de aminoácidos esenciales y una alta digestibilidad, es rica en ácidos grasos y sus contenidos de carbohidratos y factores antinutricionales son bajos (Sampaio-Olivera y Cyrino, 2008; Ozorio *et al.*, 2009).



En la actualidad debido a la demanda de la harina de pescado en la industria acuícola, se ha reportado una tendencia a incrementar los precios de esta fuente proteica y asimismo en la búsqueda de fuentes alternas de proteína, también se ha incrementado el precio de las harinas vegetales recientemente empleadas en acuicultura, (FAO, 2009).

Por otro lado, la tendencia actual en la producción de peces es aumentar el contenido de lípidos en la dieta como fuente de energía para lograr el ahorro protéico de los organismos con la finalidad de mejorar la conversión alimenticia y disminuir la cantidad de residuos nitrogenados producidos por los peces (Hillestad y Johnsen, 1994; Perez *et al.*, 1997; Vergara *et al.*, 1999).

El aceite de pescado es la fuente de lípidos más utilizada en producción de dietas para la acuicultura (Martínez-Llorens *et al.*, 2007). Sin embargo, se estima que en un futuro cercano los recursos para producir aceite de pescado para la acuicultura no serán suficientes debido al crecimiento de la industria acuícola y al decremento de las pesquerías (Turchini *et al.*, 2009; Glencross 2009; Asdari *et al.*, 2011).

Por lo anterior, con el decremento global de las pesquerías aunado al incremento de los precios del aceite de pescado, la industria de la acuicultura se ha visto obligada a dirigir sus investigaciones en la búsqueda de aceites de origen vegetal como sustitutos de aceite de pescado (Turchini *et al.*, 2008).



Debido a la importancia que representa el proporcionar fuentes alternas al aceite y harina de pescado que sean de buena calidad y económicas para el cultivo de peces marinos, el presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de evaluar la respuesta en crecimiento y composición proximal de juveniles de corvina blanca, *Atractoscion nobilis*, alimentados con dietas con diferentes niveles de lípidos de origen vegetal alternos al aceite de pescado.



II. ANTECEDENTES

II.1 Importancia del uso de fuentes de nutrientes alternativos en las dietas

En la actualidad existe una gran necesidad de utilizar ingredientes alternos, económicos y disponibles (vegetales y animales) como fuente de proteínas y lípidos para la formulación de dietas de peces marinos (Wang *et al.*, 2010). El reto reside en encontrar fuentes vegetales alternas que sean aptas, económicas y sustentables para la producción de alimentos para la acuicultura (Turchini *et al.*, 2011).

En la última década el incremento en los precios de la harina y aceites de pescado, las intensas regulaciones sobre el exceso de desechos por las descargas de agua de los cultivos de pescado y el debate sobre la sustentabilidad del uso de estos productos de pescado como alimento de engorda para otros peces, ha llevado a la intensificación de la búsqueda de fuentes alternativas en esta área (Barrows y Hardy, 2001; Lee *et al.*, 2002; Yamamoto *et al.*, 2002; Davis *et al.*, 2005; Cochran *et al.*, 2010). La harina de soya ha sido estudiada como remplazo parcial de harina de pescado debido a su contenido proteico, abundancia y bajo costo (Refstie *et al.*, 2001 Vielma *et al.* 2000 Tidwell *et al.*, 2005; Kasper *et al.*, 2007; Francesco *et al.*, 2007; Mendez *et al.*, 2007; Uran *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2010). Los productos de maíz, incluyendo harina de gluten de maíz y maíz amarillo entero que están también fácilmente disponibles han sido también utilizados como remplazo parcial por harina de pescado (Ketola y Harland, 1993; Adelizi *et al.*, 1998; Stone *et al.*, 2005) con resultados variables. La harina de subproductos de animales terrestres tales como harina de sangre, de subproductos



avícolas, de carne, hueso de res y de pluma, han sido evaluados debido a su viabilidad y bajo costo (Bureau *et al.*, 2000; Erturk y Sevgili 2003; Cheng *et al.*, 2004).

Otro de los mayores retos en la acuicultura en los últimos años, ha sido el encontrar fuentes alternas de lípidos que puedan sustituir al aceite de pescado sin que éstos afecten la calidad nutricional del producto final para el consumo humano (Turchini *et al.*, 2011), ya que los peces han mostrado ser una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LC-PUFA) en la alimentación, especialmente los ácidos grasos n-3. Para mantener el crecimiento y desarrollo de la acuicultura es indispensable formular dietas con inclusión de harina y aceites de origen vegetal para alimentar peces cultivados como salmón, lenguado, mero, entre otros (Picova y Morkore, 2007).

Por lo anterior, diferentes investigaciones han sido enfocadas en la evaluación del uso de aceites vegetales como fuentes que posiblemente puedan sustituir al aceite de pescado, En un experimento para evaluar el efecto del uso de 6 diferentes ingredientes entre los cuales probaron aceite de soya y maíz, Xue *et al.* (2006) reportaron que la utilización de éstos no afectaron los parámetros de crecimiento de la corvina japonesa.

Asimismo el uso de aceite de linaza y de olivo demostraron un gran potencial como remplazo parcial del aceite de pescado en dietas formuladas para corvina europea (Mourete *et al.*, 2005). De la misma manera Izquierdo *et al.* (2003) reportaron



que es posible reemplazar parcialmente el aceite de pescado (hasta un 60%) por aceite de soya, aceite de canola y aceite de linaza en dietas para corvina y lobina europea sin influir negativamente en los parámetros de crecimiento de estas especies.

II.2 Descripción de la especie

La corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) es una especie pelágica marina, que se distribuye en la costa del Pacífico desde el Norte de California (E.U.A.) hasta la Bahía de Magdalena, Baja California (México) (CGFG, 2002). La corvina blanca es una especie de importancia y alto valor comercial, que ha sido explotada tanto en pesca comercial como en pesca deportiva y dichas pesquerías la han llevado hasta el punto de estar catalogadas como especie amenazada (Vojkovich y Reed, 1983). Debido a esta condición se ha creado un programa para su repoblamiento en el estado de California EU (CGFG, 2002).

Debido a la importancia comercial que representa la corvina blanca se han realizado diversos estudios sobre los requerimientos nutricionales de juveniles tal como la sustitución de algunos ingredientes en dietas elaboradas para su cultivo con el objetivo del desarrollo de cultivos comerciales tanto en las costas de California USA, como en las de Baja California México. Dichos estudios han sido realizados por Investigadores de la Universidad Autónoma de Baja California, en coordinación con el Instituto Hubbs-Sea World Research Institute.



Atractoscion nobilis es un pez carnívoro que requiere altos niveles de proteína en su dieta. En un estudio realizado por Durazo *et al.* (2010) donde evaluaron el requerimiento de proteína digestible (PD) en juveniles de corvina blanca observaron que las dietas con mayor contenido de PD producían mayor crecimiento y sobrevivencia, por lo que sugieren que corvina blanca usa primordialmente las proteínas como fuente de energía metabólica, por lo que propusieron un nivel óptimo de proteína digestible de 47% en la dieta.

Con respecto a los requerimientos de lípidos para esta especie; López *et al.* (2006) probaron dietas isoprotéicas (\approx 61 % proteína) variando el porcentaje de lípidos en las formulas, encontraron que los mejores resultados en cuanto a peso ganado y tasa de crecimiento específico se obtuvieron con niveles de 15.5 y 18% de lípidos en la dieta, mientras que niveles más altos de lípidos afectaron el consumo y por tanto produjeron menor crecimiento. También observaron que a pesar de ser una especie que se distribuye en aguas templadas tiene una capacidad limitada para utilizar los lípidos. En otro experimento López y colaboradores en 2009, observaron que el nivel de lípidos y la cantidad de ácidos grasos, del tipo n-3 y n-6, de la dieta se ven reflejados en el músculo y el hígado de corvina blanca. En un estudio reciente para ver el efecto de lípidos en juveniles de esta misma especie Jirsa *et al.* (2012) probaron dietas que contenían diferentes niveles de lípidos (aceite de pescado), y concluyeron que los peces alimentados con dietas que contenían niveles de 10% de lípidos presentaron mejor crecimiento y aprovechamiento del alimento.



III. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el uso de aceites de origen vegetal como la soya, maíz y linaza en sustitución parcial de aceite de pescado en dietas formuladas para juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).

III.1 Objetivos Particulares

- Determinar la sobrevivencia y parámetros de crecimiento de juveniles de corvina blanca alimentados con dietas experimentales formuladas con aceites vegetales como la soya, maíz y linaza en sustitución parcial del aceite de pescado.
- Determinar Índice hepatosomático, viscerosomático y la eficiencia alimenticia.
- Determinar composición proximal de las dietas experimentales, pez entero, músculo, hígado y vísceras de los organismos.
- Determinar la digestibilidad aparente de las dietas.



IV. HIPOTESIS

La utilización de aceites de soya, maíz y linaza son una fuente de lípidos que puede remplazar de manera parcial el aceite de pescado en dietas formuladas para cultivo de corvina blanca, sin repercutir en el crecimiento de juveniles de *Atractoscion nobilis*.



V. MATERIAL Y MÉTODOS

El bioensayo se llevó a cabo en la Unidad de Biotecnología en Piscicultura (UBP) de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Ensenada Baja California México. Los juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) fueron donados por el Instituto Hubbs-Sea World Research Institute en San Diego California.

V.1 Formulación y elaboración de dietas

Se trabajó con 4 dietas experimentales isoprotéicas e isocalóricas con diferentes fuentes vegetales de lípidos (Tabla I) que fueron elaboradas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, por sus siglas en inglés).



Tabla I Formulación de dietas experimentales con diferentes sustituciones de aceite vegetal (soya, maíz y linaza) por aceite de pescado para juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).

Ingredientes	DC	DAP	DAS	DAM	DAL
Harina de pescado	42.56		--	--	--
Harina de pollo	--	23.12	23.12	23.12	23.12
Harina de soya	19.83	--	--	--	--
Proteína de maíz	--	11.14	11.14	11.14	11.14
Harina de sangre	7.93	--	--	--	--
Espirulina	0.0	30.00	30.00	30.00	30.00
Harina de trigo	19.83	17.87	17.87	17.87	17.87
Aceite de pescado	7.95	5.50	2.50	2.50	2.50
Aceite de soya	0.0	0	2.50		
Aceite de maíz	0.0	0	0	2.50	
Aceite de linaza	0.0	0	0		2.50
Otros**	2.5	12.4	12.4	12.4	12.4

** Lisina, metionina, treonina, fosfato dicálcico, mezcla vitaminas (USDA), mezcla minerales (USDA), vitamina C, cloruro de colina, cloruro de potasio, cloruro de sodio, óxido de magnesio, taurina.



Tabla II: Composición proximal en peso seco de dietas experimentales formuladas con diferentes sustituciones de aceite vegetal (soya, maíz y linaza) por aceite de pescado para juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).

	DC	DAP	DAS	DAM	DAL
Humedad	4.56	6.88	8.36	9.55	8.46
Proteínas	51.70	49.10	48.40	47.30	47.00
Lípidos	10.73	14.44	15.57	13.67	14.08
Cenizas	12.87	11.13	11.04	10.88	10.46
Almidón	15.59	14.08	12.53	12.81	14.83
ELN	4.53	4.36	4.12	5.74	5.19
Energía (kJ g ⁻¹)	18.86	18.25	19.68	19.23	18.88

V.2 Organismos y sistema de cultivo

Los juveniles de corvina blanca tenían un peso y longitud inicial de 2.8 g y 5.3 cm, respectivamente, los cuales fueron distribuidos de manera aleatoria en 15 tanques de 65 L por triplicado, a una densidad de 35 organismos por tanque.

El bioensayo se realizó en un sistema semi-cerrado con una tasa de recambio de agua de 1.5 L por minuto dentro de los tanques. Se utilizó agua de mar filtrada a través de un filtro de arena, seguido por filtros de cartucho de 20 y 5 μm , para finalizar el paso por una lámpara de luz UV. Durante el experimento se mantuvo un monitoreo constante de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y oxígeno (mg L^{-1}) manteniéndose un intervalo de 19 ± 1.0 $^{\circ}\text{C}$ y 6 ± 0.5 mg L^{-1} respectivamente, por otro lado el fotoperiodo fue de 12 h luz y 12 h oscuridad. La limpieza se realizó en cada una de las replicas dos veces al día



después de la primera y última alimentación por medio de sifoneo. Los peces fueron aclimatados durante siete días con las dietas experimentales, y durante el bioensayo los peces se alimentaron a saciedad 3 veces al día (8:00, 13:00 y 18:00), se registró el consumo de alimento por día.

V.3 Métodos de muestreo

V.3.1 Muestreo de organismos

Al final del experimento se tomaron nueve peces por cada replica esto para realizar el análisis químico proximal y seis peces para la determinación del índice hepatosomático y viscerosomático. Para facilitar la manipulación de los organismos durante los muestreos, estos fueron anestesiados con 150 mg L⁻¹ de aceite de clavo diluido en etanol a razón de 1:9 respectivamente (Agüero Grande, 2008). Se realizaron tres biometrías corporales de peso y longitud los días 1, 30 y 60 del experimento.

V.3.2 Muestreo para análisis de glucógeno

Se muestrearon 3 peces por replica 18 hrs después de la última alimentación. Los organismos fueron sacrificados con un corte rápido en la cabeza, se extrajo el hígado y el músculo, que fue congelado inmediatamente en hielo seco y almacenado a -70 °C hasta su análisis (Moreira *et al.*, 2008).



V.3.3 V.3.2 Muestreo de heces

La colecta de heces se realizó por sifóneo directo con un tubo de vidrio de 30 cm de largo sujetado a una manguera. Las colectas de heces se realizaron 30 min después de alimentar a los organismos. Las heces fueron drenadas y colocadas en frascos de plástico, posteriormente se congelaron a una temperatura de -20°C hasta realizar la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente del alimento (CDA).

V.4 Métodos analíticos

V.4.1 Parámetros de crecimiento

Para conocer la respuesta productiva de los organismos alimentados con los diferentes tratamientos se calcularon los siguientes parámetros:

Supervivencia

$$\text{Supervivencia} = \frac{\text{Número de peces al final} \times 100}{\text{Número de peces al inicio}}$$

Tasa de Crecimiento Específico (TCE).

$$\text{TCE} = \left(\left(\frac{P_f - P_i}{\text{Num Org}} \right) \div T \right) \times 100$$

Pf= peso final (g), Pi= peso inicial (g), T= tiempo total en días.

Índice hepatosomático (IHS):

$$\text{IHS} = \frac{\text{Peso del hígado (g)} \times 100}{\text{Peso del pez (g)}}$$



Índice viscerosomático (IVS)

$$IVS = \frac{\text{Peso de la viscera (g)} \times 100}{\text{Peso del pez (g)}}$$

Nota: las vísceras o paquete visceral sólo incluyeron el estomago, ciegos pilóricos, intestino, hígado y bazo.

Ingestión diaria de alimento (IDA).

$$IDA = \frac{\text{Alimento seco consumido (g)} \times \text{pez} \times t}{\left[\left(\frac{\text{Peso final} + \text{Peso inicial}}{2} \right) \times t \right]}$$

Tasa de Conversión Alimenticia (TCA)

$$TCA = \frac{\text{Alimento seco consumido}}{\text{Peso ganado (g)}}$$

Razón de Eficiencia Proteica (REP)

La REP fue calculada mediante la división del peso ganado de los organismos al final del cultivo y la proteína total consumida (PTC) (Hardy *et al.*, 2002).

$$REP = \frac{\text{Peso Ganado (g)}}{PTC}$$



V.4.2 Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)

Se determinó mediante el método de cenizas insolubles en ácido descrito por (Tejada, 1992). Se colectaron heces después de la alimentación tratando de evitar el contacto prolongado con el agua. Como sigue:

$$CDA = 1 - \frac{\% M \text{ dieta}}{\% M \text{ heces}} \times 100$$

M= marcador de digestibilidad

V.4.3 Análisis de glucógeno

El contenido de glucógeno fue determinado con la metodología de Plumer (1987), que consiste en la transformación del glucógeno del hígado en glucosa, la cual fue cuantificada usando un kit para la determinación de glucosa de *Pointe Scientific, Inc.*

El contenido de glucógeno se calculó de acuerdo a Plummer (1987):

$$\% \text{ Glucógeno} = \frac{\text{Glucosa (mg)} \times 0.5 \times 0.9 \times 0.001 \times 100}{\text{peso muestra (g)}}$$

0.9= factor de conversión de glucosa en glucógeno.

0.5= contenido de glucosa en dilución de muestra.

0.001= transformación de la concentración de glucosa (mg) en g.

V.4.4 Análisis químico proximal y contenido calórico.

Cada una de las dietas formuladas, organismo entero, los tejidos (músculo, hígado, vísceras) y heces fueron utilizados para análisis químico proximal.



El contenido de humedad fue determinado secando las muestras a 105 °C por 12 hrs y hasta peso constante; la proteína total ($N \times 6.25$) se determinó por el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1995); las cenizas se obtuvieron calcinando las muestras a 550°C durante 8 h (AOAC, 1995). Los lípidos totales se determinaron por extracción con cloroformo-metanol (2:1 v/v) según el método de Folch *et al.* (1957).

El contenido calórico total de las muestras secas de las dietas, porción muscular, pez entero, hígado y heces, se calculó a partir de su porción proximal y con base a los valores calóricos de referencia para proteínas (23.6 kJ g⁻¹), lípidos (39.5 kJ g⁻¹) y carbohidratos (17.2 kJ g⁻¹) (Bureau *et al.*, 2002).

V.4.5 Análisis estadístico.

El diseño experimental fue aleatorio simple. Los datos se reportaron como media \pm desviación estándar, y se analizaron con la prueba ANOVA de una vía. Las diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos se obtuvieron mediante comparaciones múltiples de Tukey. La normalidad de los datos fue comprobada utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de las varianzas se evaluó usando la prueba de Levene. Los resultados que no cumplieron con las pruebas de normalidad y/o varianza se reportaron únicamente con el valor de sus medianas mediante análisis no paramétrico de Kruskal Wallis. Las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos se obtuvieron mediante comparaciones múltiples de Dunn's. El nivel de significancia en las pruebas estadísticas fue de $\alpha = 0.05$.



VI. RESULTADOS

VI.1 Parámetros de crecimiento

VI.1.1 Supervivencia

Al final del experimento la supervivencia promedio de los organismos en todos los tratamientos fue superior al 95%, y no se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) donde DAP y DAL presentaron un 100% y DAM 95% de supervivencia (Tabla III).

VI.1.2 Crecimiento en peso y longitud

El peso y longitud promedio de los juveniles de corvina blanca al inicio del experimento fue de 2.8 ± 0.01 g y 5.34 ± 0.02 cm, respectivamente y no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes tratamientos y sus réplicas. Al final de los 62 días del experimento, los peces del tratamiento DC mostraron un crecimiento en peso de 16.29 ± 0.5 g significativamente menor ($P < 0.001$) respecto al obtenido en el resto de los tratamientos DAP, DAS, DAM y DAL (31.13 ± 1.0 g, 28.47 ± 1.5 g, 28.68 ± 0.8 g, 29.41 ± 0.3 g, respectivamente), dentro de los cuales el crecimiento de los peces alimentados con el tratamiento DAS fue significativamente menor ($P < 0.05$) al de los que consumieron DAP (Figura 1). De igual manera la ganancia en peso de los peces en el tratamiento DC fue significativamente menor que en los organismos con el resto de los tratamientos, asimismo la ganancia de peso de los peces alimentados con el tratamiento DAS fue significativamente ($P < 0.05$) menor que el de los que consumieron el tratamiento DAP (Tabla I).



Al final del bioensayo el crecimiento en longitud de los organismos presentó diferencias significativas $P < 0.05$ donde en los juveniles con la dieta control (DC) (10.85 ± 0.03 cm) fue significativamente menor que el resto de los grupos experimentales DAP (13.03 ± 0.09 cm), DAS (12.74 ± 0.13 cm), DAM (12.77 ± 0.14 cm) y DAL (12.9 ± 0.12 cm) (Tabla I).

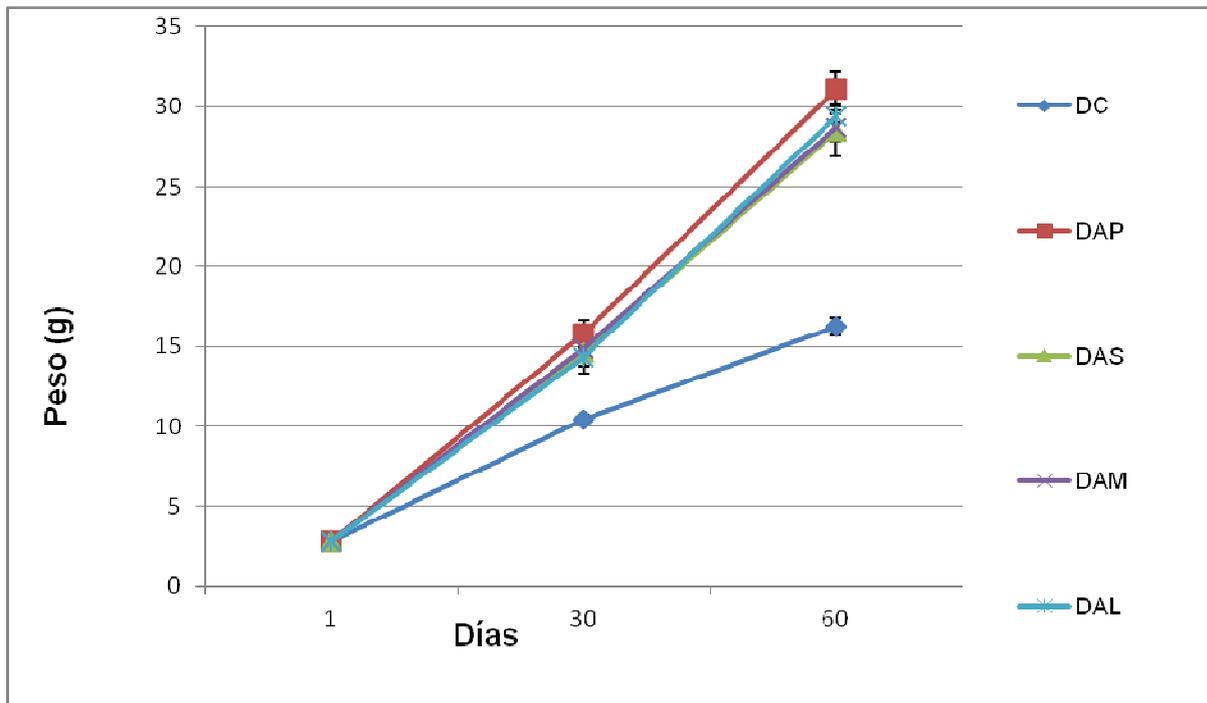


Figura 1: Crecimiento en peso de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes fuentes de lípidos vegetales como soya, maíz y linaza durante 62 días.

Tabla III: Parámetros de crecimiento y digestibilidad aparente de las dietas generados a partir del experimento con juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes fuentes de lípidos vegetales (soya, maíz y linaza) durante 62 días.

	DC	DAP	DAS	DAM	DAL
Supervivencia (%)	99 ±1.6	100 ±0.0	99 ±1.6	95±8.2	100±0.0
Peso Inicial (g)	2.83 ±0.01	2.82 ±0.00	2.78 ±0.01	2.84 ±0.04	2.81 ±0.01
Peso Final (g)	16.29 ±0.5 ^c	31.13 ±1.0 ^a	28.47 ±1.5 ^b	28.68 ±0.8 ^{ab}	29.41 ±0.3 ^{ab}
Peso ganado (g)	13.46 ±0.5 ^c	28.32 ±1.2 ^a	25.69 ±0.7 ^b	25.84 ±1.5 ^{ab}	26.59 ±0.8 ^{ab}
Longitud inicial (cm)	5.37 ±0.07	5.34 ±0.08	5.32 ± 0.08	5.36 ±0.03	5.29 ±0.05
Longitud final (cm)	10.85 ±0.03 ^b	13.03 ±0.09 ^a	12.74 ±0.13 ^a	12.77±0.14 ^a	12.9 ±0.12 ^a
Longitud ganada (cm)	5.48 ±0.06 ^b	7.68 ±0.16 ^a	7.45 ±0.17 ^a	7.41 ±0.12 ^a	7.6 ±0.08 ^a
TCE (% pez día ⁻¹)	0.62 ±.03 ^b	1.31 ±.05 ^a	1.18 ±.08 ^a	1.18 ±.05 ^a	1.23 ±.01 ^a
IHS (%)	2.29 ±0.4	2.56 ±0.3	2.46 ±0.3	2.35 ±0.3	2.50 ±0.2
IVS (%)	7.06 ±0.1 ^a	6.07 ±0.1 ^b	6.00 ±0.4 ^b	5.66 ±0.4 ^b	6.09 ±0.4 ^b
IDA (org ⁻¹ día ⁻¹)	2.77 ±0.02 ^a	1.86 ±0.08 ^b	2.03 ±.05 ^b	1.97 ±.06 ^b	1.9 ±.09 ^b
TCA	1.16 ±0.02 ^a	0.69 ±0.02 ^b	0.76 ±0.01 ^b	0.74 ±0.04 ^b	0.71 ±0.02 ^b
REP	1.70 ±0.06 ^c	3.54 ±0.13 ^a	2.79 ±0.17 ^b	3.00 ±0.10 ^b	3.0 ±0.04 ^b
CDA (%)	65.4 ±1.0 ^b	70.8 ±0.8 ^a	68.9 ±0.2 ^a	70.0 ±1.0 ^a	69.0 ±2.1 ^a

Tasa de crecimiento específico (TCE), índice hepatosomático (IHS), índice viscerosomático (IVS), ingestión diaria de alimento (IDA), tasa de conversión alimenticia (TCA), razón de eficiencia protéica (REP), coeficiente de digestibilidad aparente del alimento (CDA). Valores en el mismo renglón con diferente superíndice indican diferencias significativas con una $P < 0.05$ donde $a > b$.

VI.1.3 Tasa de crecimiento específico

El valor obtenido de la TCE para los peces alimentados con la dieta control (DC) ($0.62 \pm 0.3\%$ pez día⁻¹) fue significativamente menor ($P < 0.05$) comparado con el resto de los grupos experimentales DAP, DAS, DAM y DAL (1.31 ± 0.1 , 1.18 ± 0.8 , 1.18 ± 0.5 , $1.23 \pm 0.1\%$ pez día⁻¹ respectivamente) (Tabla III: Parámetros de crecimiento y digestibilidad aparente de las dietas generados a partir del experimento con juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes fuentes de lípidos vegetales (soya, maíz y linaza) durante 62 días.).

VI.1.4 Índice hepatosomático

Los valores obtenidos para el IHS de los peces no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, observándose el valor más bajo en los organismos con el tratamiento DC con $2.29 \pm 0.4\%$, y el más alto para el tratamiento DAP con un valor de $2.56 \pm 0.3\%$ (Tabla III: Parámetros de crecimiento y digestibilidad aparente de las dietas generados a partir del experimento con juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes fuentes de lípidos vegetales (soya, maíz y linaza) durante 62 días.).

VI.1.5 Índice viscerosomático

El valor obtenido de IVS en los juveniles alimentados con el tratamiento DC ($7.06 \pm 0.1\%$) fue significativamente mayor ($P < 0.05$) comparado con el del resto de los grupos en estudio, con un rango de $5.66 \pm 0.4\%$ a $6.09 \pm 0.4\%$ (Tabla III).



VI.1.6 Ingestión diaria de alimento

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para los valores de la IDA. La IDA fue significativamente mayor en los peces que consumieron la dieta control (DC) ($2.77 \pm 0.2 \text{ org día}^{-1}$) comparada con la del resto de los grupos experimentales: DAP ($1.86 \pm 0.8 \text{ org día}^{-1}$), DAS ($2.03 \pm 0.5 \text{ org día}^{-1}$) DAM ($1.97 \pm 0.6 \text{ org día}^{-1}$) DAL ($1.9 \pm 0.9 \text{ org día}^{-1}$) (Tabla III).

VI.1.7 Tasa de conversión alimenticia

Los valores obtenidos en la TCA para los peces con las dietas DAP, DAS, DAM y DAL no mostraron diferencias significativas entre ellos ($P < 0.05$), no obstante, estos fueron significativamente menores que el valor encontrado en los organismos con el tratamiento DC (Tabla III).

VI.1.8 Razón de eficiencia protéica

La REP en los peces alimentados con la DAP fue significativamente mayor ($3.54 \pm 0.06\%$) comparada con los valores de los organismos que consumieron el resto de los tratamientos $P < 0.05$ (Tabla III).

VI.1.9 Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)

Los valores obtenidos del CDA se encontraron en un rango de 65.4 a 70.8 % de digestibilidad donde el valor encontrado para la DC fue significativamente menor al resto de los organismos (Tabla III).



VI.2 Composición proximal de pez entero y tejidos

VI.2.1 Pez entero

La humedad de pez entero del tratamiento control fue significativamente mayor ($P < 0.05$, 78.0 ± 0.2) comparada con la registrada en los organismos de los grupos experimentales. No obstante, no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la cantidad de humedad de pez entero entre los tratamientos experimentales (Tabla IV).

El contenido de proteína en peso húmedo en los juveniles con el tratamiento DC ($15.6 \pm 0.3\%$) resultó significativamente menor ($P < 0.05$) que el obtenido en el resto de los tratamientos DAP ($17.2 \pm 0.1\%$), DAS ($17.3 \pm 0.06\%$), DAM ($17.3 \pm 0.5\%$) y DAL ($17.4 \pm 0.5\%$), y éstos a su vez no presentaron diferencias significativas entre sí (Tabla IV).

De igual manera, para los valores obtenidos de lípidos totales en pez entero en peso húmedo, los tratamientos DAP ($3.2 \pm 0.6\%$), DAS ($3.0 \pm 0.3\%$), DAM ($3.6 \pm 0.3\%$) y DAL ($3.2 \pm 0.2\%$) no presentaron diferencias significativas entre ellos, sin embargo, éstos fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) comparados con los valores de los peces alimentado con la DC ($2.1 \pm 0.1\%$) (Tabla IV).

La energía total calculada en pez entero fue de $4.2 \pm 0.1 \text{ kJ g}^{-1}$ a $5.1 \pm 0.2 \text{ kJ g}^{-1}$ y no se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los juveniles con los diferentes tratamientos.

VI.2.2 Músculo

La humedad en el músculo de los peces alimentados con la dieta control (DC) ($78.79 \pm 0.5\%$) fue significativamente mayor ($P < 0.05$) que la observada en el resto de los grupos experimentales (Tabla IV).

El contenido de proteína en peso húmedo en músculo no presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los peces con los diferentes tratamientos (21.2 ± 0.7 a $22.42 \pm 1.3\%$) (**Tabla IV**). En lo que respecta a los valores de lípidos en músculo, estos se comportaron de manera similar a los valores de proteína muscular sin mostrar diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes grupos estudiados y el intervalo se encontró entre $1.23 \pm 0.4\%$ a $1.53 \pm 0.1\%$ (Tabla IV).

La energía bruta calculada en el músculo de los peces no presentó una tendencia o diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los grupos experimentales y los valores obtenidos variaron entre $5.70 \pm 0.1 \text{ kJ g}^{-1}$ y $5.99 \pm 0.1 \text{ kJ g}^{-1}$ en los peces alimentados con la DC y DAS, respectivamente (Tabla IV).

VI.2.3 Hígado

El valor de humedad mostrado en el hígado de los peces alimentados con aceite de pescado (DAP) ($68.75 \pm 1.4\%$) fue significativamente menor que el valor de humedad mostrado en el grupo control ($73.25 \pm 0.9\%$) mientras que este último no presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) en relación a los valores de humedad en el



hígado del resto de los grupos experimentales (78.30 ± 1.1 ; 70.79 ± 1.4 ; $67.79 \pm 0.3\%$) (Tabla IV).

Los valores obtenidos para el contenido de proteína en hígado mostraron un intervalo de 11.9 ± 0.3 a $13.33 \pm 0.2\%$ y no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos (Tabla IV).

Respecto al contenido de lípidos en hígado no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los grupos de peces con los diferentes tratamientos, sin embargo el valor más alto se encontró en los peces alimentados con aceite de linaza (DAL) con $8.82 \pm 1.5\%$ y el valor más bajo se observó en el grupo que consumió aceite de soya (DAS) con $7.85 \pm 1.9\%$, (Tabla IV).

Por otro lado, los valores de glicógeno encontrados en el hígado no mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los peces con las diferentes dietas con un intervalo de $6.73 \pm 2.10\%$ a $9.57 \pm 2.09\%$ (Tabla IV).

VI.2.4 Vísceras

No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los valores de humedad en vísceras en los peces con los tratamientos experimentales DAP, DAS, DAM y DAL, sin embargo el valor de humedad mostrado por el grupo alimentado con aceite de soya (DAS) ($76.83 \pm 0.8\%$) fue significativamente menor ($P < 0.05$) que el valor encontrado en los peces con la dieta control DC ($79.78 \pm 0.6\%$) (Tabla IV).



El contenido de proteínas en los peces alimentados con DC $15.25 \pm 0.3\%$ fue significativamente mayor ($P < 0.05$) comparado con el resto de los grupos experimentales DAP, $11.94 \pm 0.8\%$; DAS, $11.99 \pm 0.7\%$; DAM, $12.44 \pm 0.8\%$ y DAL, $11.84 \pm 0.8\%$ ($P < 0.05$) (Tabla IV).

En contraste, la concentración de lípidos en vísceras de los peces alimentados con la dieta control (DC) fue significativamente menor ($P < 0.05$) comparado con la de los peces alimentados con las dietas experimentales (DAP, DAS, DAM y DAL) ($P < 0.05$) (Tabla IV). En cuanto a la energía bruta calculada no se observaron diferencias significativa entre los tratamientos presentándose un intervalo de $4.09 \pm 0.1 \text{ kJ g}^{-1}$ a $4.47 \pm 0.1 \text{ kJ g}^{-1}$ (Tabla IV).

Tabla IV. Composición proximal de pez entero, musculo, hígado y vísceras de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con diferentes fuentes de lípidos vegetales (soya, maíz y linaza) durante 62 días.

Pez entero	DC	DAP	DAS	DAM	DAL
Humedad	78.0±0.2 ^a	74.5±0.4 ^b	75.6±0.8 ^b	74.78±0.9 ^b	75.3±0.3 ^b
Proteína	15.6±0.3 ^b	17.2±0.1 ^a	17.3±0.06 ^a	17.3±0.5 ^a	17.4±0.5 ^a
Lípidos	2.1±0.1 ^b	3.2±0.6 ^a	3.0±0.3 ^a	3.6±0.3 ^a	3.2±0.2 ^a
Cenizas	4.3±0.1 ^a	3.4±0.5 ^b	3.7±0.1 ^b	3.6±0.1 ^b	3.6±0.1 ^b
Energía (kJ g-1)	4.2±0.1 ^a	4.7±0.8 ^b	4.9±0.2 ^b	5.1±0.2 ^b	5.0±0.1 ^b
Músculo	DC	DAP	DAS	DAM	DAL
Humedad	78.79±0.5 ^a	76.66±0.4 ^b	76.83±0.8 ^b	77.06±0.6 ^b	76.83±0.3 ^b
Proteína	21.20±0.7	21.95±0.9	22.42±1.3	21.59±0.6	21.79±1.0
Lípidos	1.33±0.5	1.53±0.1	1.5±0.8	1.24±0.2	1.23±0.4
Cenizas	1.64±0.1	1.48±0.1	1.48±0.0	1.45±0.0	1.49±0.1
Energía (kJ g-1)	5.70±0.1	5.89±0.2	5.99±0.1	5.73±0.1	5.78±0.1
Hígado	DC	DAP	DAS	DAM	DAL
Humedad	73.25±0.9 ^a	68.75±1.4 ^b	70.30±1.1 ^{ab}	70.79±1.4 ^{ab}	67.79±0.3 ^{ab}
Proteínas	13.33±0.3	12.09±0.7	12.45±0.8	12.89±0.6	11.9±0.2
Lípidos	7.95±0.1	8.18±2.4	7.85±1.9	8.66±1.4	8.82±1.5
Cenizas	1.23±0.0	1.34±0.0	1.30±0.09	1.43±0.0	1.32±0.1
Glicógeno	7.2±.26	9.57±2.09	8.67±0.70	6.73±2.10	6.4±1.56
Energía (kJ g-1)	5.31±0.1	5.09±0.6	5.01±0.2	5.42±0.3	5.20±0.3
Vísceras	DC	DAP	DAS	DAM	DAL
Humedad	79.78±0.6 ^a	78.97±0.9 ^{ab}	76.83±0.8 ^b	77.61±1.0 ^{ab}	78.29±0.4 ^{ab}
Proteínas	15.25±0.3 ^a	11.94±0.8 ^b	11.99±0.7 ^b	12.44±0.8 ^b	11.84±0.8 ^b
Lípidos	2.59±0.2 ^b	4.37±0.3 ^a	4.74±0.5 ^a	3.99±0.0 ^a	5.28±0.5 ^a
Cenizas	1.12±0.0	1.01±0.0	0.96±0.1	1.02±0.0	0.95±0.0
Energía (kJ g-1)	4.47±0.1	4.09±0.1	4.34±0.1	4.32±0.4	4.18±0.2

Valores en el mismo renglón con diferente superíndice indican diferencias significativas con un $P < 0.05$, donde $a > b > c$.



VII. Discusiones

VII.1 Supervivencia

Al final de la presente investigación los organismos de los diferentes tratamientos presentaron una supervivencia productiva, además los organismos no mostraron signos de enfermedad, lo cual nos podría indicar que es factible reemplazar hasta en un 25% de aceite de pescado por aceites vegetales (soya, maíz y/o linaza) en la dieta de corvina blanca. Estos resultados coinciden con estudios realizados con esturión (*Huso huso*) y bacalao (*Maccullochella peelii peelii*) (Hassankiadeh *et al.*, 2012; Turchini *et al.*, 2011) donde los autores reemplazaron aceite de pescado por diferentes aceites vegetales (girasol, canola, soya, linaza y palma). Así mismo, Turchini *et al.* (2009) realizaron una revisión de trabajos desde 1991 a 2003 sobre la utilización de aceites vegetales como remplazo de aceite de pescado y concluyeron que es posible el remplazo parcial sin afectar la supervivencia y el desempeño de peces carnívoros marinos de agua fría. De la misma manera, Turchini y Francis (2009) recomiendan utilizar aceites vegetales para la elaboración de alimentos acuícolas tomando en cuenta que estos aceites presenten buena digestibilidad, perfil de ácidos grasos adecuado para la especie en cuestión y que no deterioren el estado de salud de los organismos.

VII.2 Crecimiento

Con el propósito de analizar la respuesta de los diferentes parámetros de crecimiento de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*), en el presente estudio



se probaron 4 dietas isoprotéicas e isoenergéticas con un remplazo del 25% de aceite de pescado por diferentes fuentes de lípidos tales como soya, maíz y linaza, así como una dieta control, dicho estudio se realizó por un periodo de 62 días.

Los parámetros de crecimiento mostraron que el tratamiento control (DC) que contenía solo aceite de pescado como fuente de lípidos mostró una ganancia en peso significativamente menor (13.46 g) respecto a los tratamientos que contenían aceites vegetales (26.4 g), por lo que la tasa de crecimiento específica (TCE) que presentaron los organismos alimentados con las cuatro dietas experimentales rindieron el doble respecto a la dieta control. En trabajos realizados con esta misma especie (corvina blanca), López (2009) y colaboradores, determinaron los requerimientos óptimos de lípidos y reportaron que el mejor crecimiento lo presentaron los juveniles que se alimentaron con las dietas formuladas que contenían entre el 15.3 y 19.4% de lípidos de pescado, de igual manera, en un trabajo previo López *et al.* (2006) reportaron que niveles altos de lípidos (19.5 y 21.5%) en dietas formuladas para el cultivo de esta especie afectaron el crecimiento, mientras que los mejores valores de estos parámetros de crecimiento fueron obtenidos con los tratamientos que contenían entre el 15.5 y 18% de lípidos.

En trabajos recientes Jirsa *et al.* (2012) realizaron un bioensayo para estudiar el efecto de lípidos en el crecimiento de juveniles de corvina blanca alimentados con dietas isoprotéicas (harina de pescado, de soya y concentrado de soya) y con diferentes niveles de lípidos, concluyeron que el mejor desempeño en crecimiento y



peso ganado se presentó en las dietas que contenían entre 10% y 12% de lípidos. Por otra parte, trabajos de Turchini *et al.* (2011) reportaron la utilización de lípidos vegetales en dietas formuladas para bacalao donde probaron diferentes tratamientos que contenían aceite de pescado y aceites vegetales (linaza, palma, olivo y girasol), los autores no encontraron diferencias significativas en los valores de peso ganado y factor de conversión alimenticia entre las dietas con aceite de pescado y los vegetales, lo cual coincide con lo encontrado para corvina blanca en el presente estudio.

Fountoulaki *et al.* (2009) realizaron estudios en la lobina europea para conocer la respuesta de los organismos al ser alimentados con 69% de aceite vegetal (soya, palma o canola), al final del experimento el peso ganado fue similar entre las dietas elaboradas con aceite de pescado, soya y canola, sin embargo, el aceite de palma provocó disminución en el crecimiento con respecto a los otros tratamiento. Los autores discuten que el aceite de palma pudo generar un desbalance en el contenido de ácidos grasos de la dieta formulada.

Por su parte Izquierdo *et al.* (2006) concluyeron que es posible reemplazar hasta un 60% del aceite de pescado por aceites de origen vegetal como soya, linaza y canola o una mezcla de ellos sin comprometer el crecimiento y aprovechamiento del alimento en la dorada y lubina europea. Resultados similares son reportados por Hassankidaeh *et al.* (2012) quienes reemplazaron hasta un 50% del aceite de pescado por una mezcla de aceite de soya, girasol y canola sin provocar una influencia negativa en el aprovechamiento del alimento y crecimiento de juveniles de esturión. Estos resultados



sugieren que los juveniles de corvina blanca pueden crecer de manera adecuada aun con el remplazo parcial de este tipo de lípidos vegetales sin sacrificar su crecimiento durante 60 días.

VII.3 Índice Hepatosomático y viscerosomático

Las reservas energéticas almacenadas en el hígado y analizadas por medio del índice hepatosomático (IHS) de los juveniles del presente estudio, no mostraron tendencia significativa, por lo cual nos indica que no hubo un efecto negativo por la inclusión de lípidos de fuentes de origen vegetal ya que los valores de IHS coinciden con lo reportado en trabajos anteriores con corvina blanca (1.8 a 2.8), valores que han sido asociados a hígados sanos (Torres Cobian, 2005; Briggs Fajardo, 2006; Cruz Hernández, 2007).

El alto contenido de lípidos en las dietas incrementa el contenido de lípidos en el hígado y órganos viscerales, por lo que los índices hepatosomático y viscerosomático se ven afectados (Company *et al.*, 1999). En el presente estudio los niveles de lípidos que contenían las dietas experimentales se encontraban dentro de lo recomendado como óptimos para corvina blanca (López *et al.*, 2006, 2009; Jirsa *et al.*, 2012) por esta razón probablemente los valores encontrados de IHS fueron los adecuados. El índice viscerosomático (IVS) tampoco presentó diferencias significativas entre los tratamientos que contenían lípidos vegetales, sin embargo el valor obtenido con el tratamiento control fue significativamente mayor al resto de los tratamientos, esto probablemente asociado a la fuente protéica que se utilizó (harina de soya).



El incremento de lípidos en la dieta causa una acumulación de éstos en las vísceras de los peces (Ghanaui *et al.*, 2011), resultados similares han reportado Marino *et al.* (2002), Wang *et al.* (2005) y Gao *et al.* (2010) quienes realizaron estudios con carpa (*Ctenopharyngodon idella*), dorada (*Sparus latus*), cobia (*Rachicentron canadum*) y pez gato (*Pseudoplatystoma coruscans*) para observar el efecto de lípidos en dietas formuladas para su cultivo, concluyendo que el aumento de lípidos incluidos en la dieta aumenta la acumulación de los mismos en las vísceras de los organismos.

Así mismo, Ghanaui *et al.* (2011) realizaron un estudio para analizar los efectos de lípidos en dietas formuladas para el pez conejo del Mediterráneo (*Siganus rivulatus*) a partir del cual concluyeron que esta especie tiende a acumular lípidos en las vísceras generando altos valores de índice viscerosomático, no necesariamente para el índice hepatosomático. Por su parte, Ochang (2011) reportó que al remplazar aceite de pescado por aceite de soya en dietas para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) los valores de IVS tendieron a disminuir mientras que el IHS se comportó de manera opuesta, incrementándose los valores de IHS con el incremento del porcentaje de aceite de soya en las dietas.

En el presenta trabajo, los índices hepatosomático y viscerosomático de los organismos alimentados con las dietas experimentales (inclusión de aceites vegetales) no mostraron una respuesta diferente entre ellos, por lo que se podría sugerir que los



porcentajes de lípidos utilizados en estas dietas se encontraban dentro de lo reportado como adecuado para esta especie (López *et al.*, 2009; Jirsa *et al.*, 2012).

VII.4 Ingestión diaria de alimento y razón de eficiencia protéica

En el presente estudio la IDA y la REP no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos experimentales donde se reemplazó el 25% de aceite de pescado por aceites vegetales, sin embargo, los organismos que consumieron la dieta control mostraron una mayor IDA y menor REP comparada con los tratamientos experimentales. Cabe mencionar que una IDA y REP mayor significa que corvina blanca utilizó adecuadamente los nutrientes de la dieta. Estudio realizado con el pez lenguado coreano (*Paralichthys olivaceus*) donde se utilizaron diferentes niveles y fuentes de lípidos vegetales (soya y linaza) en las dietas experimentales, se reportó que la utilización de estos ingredientes no causó un efecto negativo en los valores de REP (1.10 a 1.72) e IDA (0.60 a 0.75), concluyendo que es posible el uso de estas fuentes de lípidos sin afectar estos parámetros (Dong-kiu *et al.*, 2012). Martínez Llorens *et al.* (2011) reportaron que la corvina del mediterráneo (*Argyrosomus regius*) presentó mejores resultados de aprovechamiento de alimento, al alimentarlas con dietas formuladas con 47/20% de proteínas y lípidos respectivamente, reportando también valores de 0.8 para IDA y 1.5 para REP, respectivamente. López *et al.* (2006) reportaron que juveniles corvina blanca obtuvieron el mejor aprovechamiento del alimento y mejor valor de IDA en dietas que contenían entre el 15 y 18% de lípidos, así mismo López *et al.* (2009) concluyeron que los juveniles de corvina blanca presentaron



una mejor tasa de conversión alimenticia y por consiguiente mejores valores de IDA y REP con inclusiones de lípidos entre 15.5 y 19%.

En otras investigaciones realizadas con esta especie Bañuelos Vargas (2009) y Durazo *et al.* (2009) coinciden al reportar valores de IDA con tendencia a incrementarse cuando las dietas contienen menor porcentaje de proteína digestible. Partiendo de lo reportado por los autores antes mencionados, además de los resultados de la presente investigación, podemos sugerir que el remplazo parcial de aceite de pescado por aceites de origen vegetal no afecta el aprovechamiento del alimento para la corvina blanca.

VII.5 Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)

Digestibilidad es la fracción de los nutrientes o energía que es ingerida en el alimento y no es excretada en las heces (NRC, 1993). Mientras que un alimento desde su composición química puede parecer una buena fuente de nutrientes pero no tendría ningún valor si esta no puede ser digerida y absorbida por el pez (Hussain *et al.*, 2010).

Los valores encontrados de CDA en la presente investigación para las dietas que contenían aceites de origen vegetal (soya, maíz y linaza) se encontraron en un rango de 68.9 a 70% de digestibilidad, estos valores son muy cercanos a lo reportado para esta misma especie por Bañuelos Vargas (2009) en el cual para su dieta control a base de proteína y aceite de pescado reporta valores de 73.0% de CDA, mientras que en el tratamiento D44 (44% proteína digestible y 22% almidón, adicionada con



probiótico, que además le generó mejores resultados de crecimiento) reporta un valor de 68% de CDA de esta dieta, lo cual coincide con lo encontrado en la presente investigación.

Por otra parte los valores de CDA obtenidos en el presente trabajo para las dietas experimentales son mayores a los reportados con otras fuentes de aceites vegetales, como lo reportado por Karalazos *et al.* (2011) quienes en sus dietas experimentales para salmón del atlántico adicionaron un 60% de aceite de canola, obteniendo una digestibilidad de las dietas entre un rango de 50 y 60%.

Por lo tanto los resultados del coeficiente de digestibilidad aparente de las dietas encontradas en la presente investigación, nos sugieren que los ingredientes empleados son adecuados y altamente digeribles para juveniles de corvina blanca.

VII.6 Composición proximal de pez entero, músculo, hígado y vísceras.

La composición proximal de un pez, tales como la humedad, proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales varían entre diferentes especies y está en función del tipo de alimentación que cada organismo obtiene o recibe para subsistir (FAO, 2001, 2011). En este contexto se resalta la importancia del aporte nutricional de los ingredientes a utilizar en dietas formuladas para el cultivo de organismos.

En la presente investigación los organismos no mostraron diferencias significativas en el contenido químico proximal de proteínas y lípidos en el cuerpo de



pez entero al ser alimentado con dietas experimentales que contenían un remplazo de aceite de pescado por vegetal, estos resultados coinciden con lo reportado en un estudio similar realizado por Fountoulaki *et al.* (2009) para estudiar el efecto de aceites vegetales (soya, palma y canola) en la lobina europea (*Sparus aurata*) cultivada a lo largo de 6 meses, al final del experimento reportaron valores de composición proximal de músculo similares a los mostrados en este trabajo, concluyendo que es posible el uso de estos ingredientes sin afectar el desarrollo de los organismos en cultivo. Aunado a esto, en otro estudio similar se reporta que no se observó una tendencia o efecto en la concentración de lípidos en músculo o hígado como consecuencia del uso de estos aceites vegetales en lobina y corvina europea al alimentarlas con aceite de soya, linaza y canola (Izquierdo *et al.*, 2003). Palmeriano *et al.* (2008) realizaron una investigación para ver el efecto del uso de aceites de origen vegetal en el cuerpo del esturión blanco (*Acipenser transmontanus*) en el cual concluyeron que es posible el remplazo parcial de aceite de pescado por aceites vegetales como soya y maíz en dietas adicionadas con espirulina como fuente de proteína sin impactar negativamente el crecimiento de los organismos ni su composición proximal, estos resultados son similares a los encontrados para corvina blanca en esta investigación al utilizar los mismos tipos de aceites vegetales.

En otra investigación con juveniles de mero jorobado (*Chromileptes altivelis*) para comparar los efectos de desempeño de los organismos con el uso de subproductos avícolas y aceite de palma como remplazo de harina y aceite de pescado Shampawi *et al.* (2011) reportaron que las dietas con estos ingredientes mostraron un



buen desempeño en sus parámetros de crecimiento y no mostraron diferencias significativas en la composición proximal (proteína y lípidos) de pez entero, en comparación con las dietas comerciales usadas en el experimento.

El porcentaje más alto de proteínas en músculo e hígado se presentó en la dieta que contenía aceite de soya (22.42% y 12.45%, respectivamente) sin embargo no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. De igual manera el porcentaje de lípidos en estos dos tejidos (músculo e hígado) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Estos valores se encuentran más altos que los obtenidos por López *et al.* (2009) para esta misma especie en un estudio donde determinaron el nivel óptimo de lípidos en dietas formuladas para corvina blanca.

La concentración de proteínas y lípidos en **vísceras** no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos experimentales (DAP, DAS, DAM y DAL), sin embargo, la concentración de proteínas en las vísceras fue significativamente mayor para la dieta control (DC) y la concentración de lípidos en las vísceras fue significativamente menor para este mismo tratamiento. Kowalska *et al.* (2011) reportaron que el incremento del porcentaje lípidos en las dietas formuladas para el pez luciperca (*Sander Lucioperca*) aumentó la concentración de lípidos y disminuyó la concentración de proteínas en las vísceras, incrementando también la concentración de energía en este mismo tejido. Estos resultados se dan de manera diferente a lo encontrado para corvina blanca en esta investigación, lo cual probablemente se debió a que se utilizaron niveles de lípidos reportados como adecuados para esta especie



(López *et al.*, 2009; Jirsa *et al.*, 2012), por lo tanto estos valores encontrados en el pez entero y tejidos de corvina blanca nos sugieren que no hubo un impacto negativos con la utilización de aceite de soya, maíz y linaza en las dietas experimentales.

VIII. Conclusiones

- Juveniles de corvina blanca mostraron una excelente supervivencia para todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre estos.
- No se presentaron diferencias significativas en el crecimiento (g) de las corvinas blancas alimentadas con los diferentes tratamientos con sustitución de aceite de pescado por aceites de soya, maíz y linaza, los cuales lograron aumentar 10 veces su peso inicial durante 60 días de cultivo.
- No se encontraron diferencias significativas en la tasa de crecimiento específico para las dietas experimentales que contenían aceites vegetales comparadas con la dieta que contenía solo aceite de pescado.
- No se presentaron diferencias significativas en la tasa de conversión alimenticia de los organismos que se alimentaron con las dietas elaboradas con aceites vegetales con respecto a la dieta con aceite de pescado.
- La ingestión diaria de alimento y la razón de eficiencia protéica no presentaron diferencias significativas entre las diferentes dietas experimentales, sin embargo, la dieta control resultó ser significativamente menor al resto.
- Los valores de índice hepatosomático fueron muy similares entre los diferentes tratamientos y no se presentaron diferencias significativas.



- El índice viscerosomático del tratamiento control fue significativamente mayor al resto de los tratamientos.
- La digestibilidad aparente de las dietas formuladas con aceites vegetales y de pescado no presentaron diferencias significativas entre ellas.
- No se observó efecto significativo en la composición química proximal y energética de cuerpo entero y tejidos de *Atractoscion nobilis*.
- La utilización de aceites de origen vegetal como soya, maíz y linaza como remplazo parcial (25%) por aceites pescado pueden ser una alternativa en la elaboración de dietas formuladas para cultivo de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).



IX. Recomendaciones.

Pese a que los resultados indican que es posible la sustitución parcial de aceite de pescado por aceite de soya, maíz y linaza, se recomienda seguir investigando sobre los efectos de estos ingredientes en cuanto a la respuesta fisiológica en hematología y química sanguínea de los organismos.

Por otra parte se recomienda realizar estudios a largo plazo en condiciones comerciales para evaluar los efectos de los diferentes parámetros de crecimiento y de igual manera la salud de los organismos, quizá utilizando técnicas histológicas para ver el posible daño a los tejidos, así como técnicas moleculares para conocer si estos ingredientes que no existen en la dieta natural de corvina blanca pudieran afectar la expresión de algunas enzimas claves del metabolismo de nutrientes.

Finalmente cabe mencionar que en la presente investigación se realizaron estudios hematológicos para ver el impacto de las dietas en los diferentes parámetros de la química sanguínea, además se realizaron análisis de ácidos grasos para evaluar el impacto de la dieta en estos mismos, dicha información será reportada en una publicación científica indexada.



X. Bibliografía citada

- Adelizi, P.D., Rosati, R.R., Warner, K., Wu, Y.V., Muench, T.R., White, M.R., and Brown, P.B., 1998. Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout, *Oncorhynchus Mykiss*. *Aquaculture Nutrition*. 4, 255-262.
- Agüero Grande, K. A. (2008). Uso del aceite de clavo como anestésico natural para el manejo rutinario de organismos marinos en laboratorio. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada B.C., México, pp. 36.
- Alarcón, F.J., Moyano, F.J., Díaz, M., 1999. Effect of inhibitors present in protein sources on digestive proteases of juvenile sea bream (*Sparus aurata*). *Aquatic Living Resource* 12, 233-238.
- Anderson, J.S., Lall, S.P., Anderson, D.M., McNiven, M.A., 1993. Evaluation of protein quality in fish meals by chemical and biological assays. *Aquaculture* 115, 305-325.
- Asdari R., Aliyu-Paiko M., Hashim R., Ramachandran S., 2011. Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty acid composition. *Aquac Nutr* 17:44–53.
- Avilés, A. 2000. Cultivo de Peces Marinos. Cap. XV. En: Álvarez-Torres, M. Ramírez-Flores, L.M. Torres-Rodríguez y A. Díaz de León-Corral (Eds.). *Estado de Salud de la Acuicultura*, 2000. INP.



- Bañuelos Vargas M. I., 2009. Crecimiento y respuesta hematológica de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes niveles de proteína digestible suplementadas con almidón y un probiótico. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada B.C., México, pp. 73.
- Barrows, F. T., R. W. Hardy. 2001. Nutrition and feeding. *En* G. Wedemeyer (editor). Fish hatchery management, 2nd edition, pp 483–558.
- Bastardo, A., Díaz, B.R., 2004. Parámetros hematológicos de la paragua *Chaetodipterus faber*, Broussonet (Pices: Ehippidae), en condiciones de cultivo. *Zootecnia Trop.*, 22(4), 361-370.
- Benedito-Palos, L., Navarro C. J., Sitjà-Bobadilla, A., Bell, G. J., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J., 2008. High levels of vegetable oils in plant protein-rich diets fed to gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): growth performance, muscle fatty acid profiles and histological alterations of target tissues. *British Journal of Nutrition* Vol. 100 (5), 992-1003.
- Briggs Fajardo, D. I., 2006. Digestibilidad en corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) utilizando harina de soya como fuente parcial de proteína. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas UABC, Ensenada B.C. 38 pp.
- Bureau, D. P., Harris A. M., Beven, D. J., Simmons, L. A., Azevedo, P. A., Cho, C. Y., 2000. Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*, 181: 281-291.



- Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., 2001. Effects of rapeseed meal glucosinolates on thyroid metabolism and feed utilization in rainbow trout. *Gen. Comp. Endocrinology*, 124, 343–358.
- California Department of Fish and Game (CDFG). 2002. White seabass fishery management plan (WSFMP). California Department of Fish and Game.
- Catacutan, M.R., Coloso, T.M.T., 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 131, 125-133.
- Chebbaki, K., Akharbach, H., Talbaoui, E., Abrehouch, A., AIT ali, A., Sedki A., Ben Bani A., Idaomar M., 2010. Effect of fish meal replacement by protein sources on the extruded and pressed diet of European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*). ISSN Print: 2151-7517.
- Cheng, Z.J., Hardy, R.W., Huige, J.J. (2004) Apparent digestibility coefficients of nutrients in brewer's and rendered animal by-products for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)). *Aquaculture Research*, 35, 1-9.
- Cochran, J. N., Coyle, D. S., Tidwell H. J., 2010. Evaluation of Reduced Fish Meal Diets for Second Year Grow out of the largemouth bass, (*Micropterus salmoides*). *Journal of the World Aquaculture Society* Vol. 40, No. 6.
- Company, R., Calduch-Giner, J.A., Kaushik, S. y Perez-Sanchez, J. 1999. Growth performance and adiposity in gilthead seabream (*Sparus aurata*): risks and benefits of high energy diets. *Aquaculture*, 171: 279-292.



- Davis, D. A., Miller, L. C., Phelps, R. P., 2005. Replacement of Fish Meal with Soybean Meal in the Production Diets of Juvenile Red Snapper, (*Lutjanus cumpechunus*). Journal of the world aquaculture society Vol. 36, No. 1.
- Davis, D.A., Miller, C.L., Phelps, R.P., 2005. Replacement of fish meal with soybean meal in the production diets of juvenile red snapper (*Lutjanus cumpechunus*). Journal of the World Aquaculture Society 36, 1.
- De Pedro, N., Guijarro, A., López-Patiño, M.A., Martínez-Álvarez, R.M., Alonso-Bedate, M., Delgado, M.J., 2004. Parámetros hematológicos y bioquímicos en la Tenca (*Tinca tinca*): ritmos diarios y estacionales. Comunicación Científica CIVA, 173-190.
- Dong-kyu, K., Kyoung-Dock K., Joo-Young, S., Sang-Ming L., 2012. Effects of dietary lipid source and level on growth performance, blood parameters and flesh quality of sub-adult olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Asian-Aust. J. Anim. Sci. Vol. 25, (6): 869-879.
- Durazo, E., Cruz, A. C., López L. M., Lazo, J. P., Drawbridge, M., Viana M. T., 2010. Effects of digestible protein levels in nitrogenous diets on growth performance and tissue composition of juvenile (*Atractoscion nobilis*). Aquaculture Nutrition, 16; 54-60.
- Erturk, M. M., y Sevgili H., 2003. Effects of Replacement of Fish Meal with Poultry by-Product Meals on Apparent Digestibility, Body Composition and Protein Efficiency Ratio in a Practical Diets for Rainbow Trout, (*Onchorynchus Mykiss*). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences Vol. 16, 1355-1359.



- FAO. © 2002-2012. CWP Handbook of Fishery Statistical Standards. Section J: AQUACULTURE. CWP Data Collection. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 10 January 2002. [Cited 5 October 2012].
- FAO. © 2003-2010. Aquaculture topics and activities. Acuicultura. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 2004 31 12.
- FAO. © 2006-2010. National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional - México. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Text by Montero Rodríguez, M. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 1 February 2005.
- FAO. 2009. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. Pp 218.
- Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I., Nengas, I., G. Rigosa, Kotzamanis, G. Y., Venou, B., Alexis, M.N., 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile; Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture* 289, 317-326.
- Francesco, M., Parisi, G., Perez-Sanchez, J., Gomez-Requeni, P., Medale, F., Kaushik, S. J., Mecatti, M., Poli, B. M., 2007. Effect of high-level fish meal replacement by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on growth and body/fillet quality traits. *Aquaculture Nutrition* 13; 361-372.



- Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199, 197–227
- Gao, W., Liu, Y.-J., Tian, L.-X., Mai, K.-S., Liang, G.-Y., Yang, H.-J., Huai, M.-Y., Luo, W.-J., 2010. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Nutrition* 16, 327–333.
- Gaylord, T.G., Rawles, S.D., Gatlin, D.M., 2004. Amino acid availability from animal, blended, and plant feedstuffs for hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition* 10, 345–352.
- Geay F., Ferraresso, S., Zambonino-Infante, J. L., Bargelloni, L., Quentel, C., Vandeputte, M., Kaushik, S., Cahu, C. L., Mazurais, D., 2011. Effects of the total replacement of fish-based diet with plant-based diet on the hepatic transcriptome of two European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) half-sibfamilies showing different growth rates with the plant-based diet. *BMC Genomics* 12:522.
- Ghanawi J., Roy L., Davis D. A., Saoud, I. P., 2011. Effects of dietary lipid levels on growth performance of marbled spinefoot rabbitfish *Siganus rivulatus*. *Aquaculture* 310, 395–400.
- Glencross BD., 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Rev. Aquac.* 1, 71–124.



- Glencross, B.D., Booth, M., Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition* 13, 17–34.
- Hansen, A.C., Karlsen, O., Rosenlund, G., Rimbach, M., Hemre, G.I., 2007. Dietary plant protein utilization in Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Aquaculture Nutrition* 13, 200–215.
- Hardy, R. W., 1999. Collaborative opportunities between fish nutrition and other disciplines in aquaculture: an overview. *Aquaculture*. 177, 217-230.
- Hassankiadeh, M. N., Khara. H., Yazdani Sadati, M. A., Parandavar, H., 2012. Effects of dietary fish oil substitution with mixed vegetable oils on growth and fillet fatty acid composition of juvenile Caspian great sturgeon (*Huso huso*). *Aquacult Int* DOI 10.1007/s10499-012-9541-5.
- Hernández, M.D., Martínez, F. J., Jover, M., García, G. B., 2007. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. *Aquaculture* 263 159–167.
- Hillestad, M., Johnsen, F., 1994. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture* 124, 109–116.
- Hussain, S. M., Afzal, M., Salim, M., Javid, A., Khichi, T. A., Hussain, M., 2011. Apparent digestibility of fish meal, blood meal and meat meal for (*Labeo rohita* fingerlings). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(4): 2011, Page: 807-811 ISSN: 1018-7081.



- Ingram, G.A., 1980. Substances involved in the natural resistance of fish to infection – A review. *J. Fish Biol.* 16, 23–60.
- Izquierdo, M.S., Obach, A. L., Montero A. D., Robaina, L., Roselund, G., 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition* 9, 397-407.
- Jaramillo-Schadebroth, N., 2005. Estudio hematológico básico del puye (*Galaxias maculatus*) en estado postlarval y adulto. Tesis de Licenciatura. Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 86 pp.
- Jirsa, D., Deng, D.-F., Davis, D.A., Wang, W.-F., Hung, S.S.O. and Drawbridge, M. 2012. The effects of dietary lipid levels on performance and heat-shock protein response of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*. *Aquaculture Nutrition*. doi: 10.1111/j.1365-2095.2012.00965.x.
- Juárez-Palacios, R.R. 1987. La acuicultura en México, importancia social y económica. En: Desarrollo pesquero mexicano 1986-1987. Secretaría de Pesca. México. LII: 219-232.
- Karalazos, V., Bendiksen E. A. y Bell J. G. (2011) Interactive effects of dietary protein/lipid level and oil source on growth, feed utilization and nutrient and fatty acid digestibility of Atlantic salmon. *Aquaculture* 311: 193-200.
- Kasper, C. S., Watkins B. A., Brown P. B., 2007. Evaluation of two soybean meals fed to yellow perch (*Perca flavescens*). *Aquaculture Nutrition* 13; 431–438.
- Ketola H.G., and Harland, BF., 1993. Influence of phosphorus in rainbow trout diets on phosphorus discharges in effluent water. *Trans Am Fish Soc.*122, 1120–1126.



- Kowalska, A., Zakęś, Z., Jankowska, B., Demska-Zakęś, K., 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.
- Krogdahl, A., Bakke-Mckellep, A.M., Roed, K.H., Baeverfjord, G., 2000. Feeding Atlantic salmon *Salmo salar* L. soybean products: effects on disease resistance (furunculosis), and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa. Aquaculture Nutrition 6, 77-84.
- López, L. M., Torres, A. L., Durazo, E., Drawbridge, M., Bureau, D. P., 2006. Effects of lipid on growth and feed utilization of white seabass (*Atractoscion nobilis*) fingerlings. Aquaculture 253, 557–563.
- López, L. M., Viana M. T., Durazo, E., Drawbridge, M., Bureau, D. P., 2009. Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass (*Atractoscion nobilis*). Aquaculture 289, 101-105.
- Martínez-Llorens S., Vidal A.T., Montañó A.V., Torres M.P., Cerdaño 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 38, 76-81.
- Martínez-Llorens, S., Espert, J., Moya, J., Cerdá J. M., Tomás-Vidal A., 2011. Growth and nutrient efficiency of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801) fed extruded diet with different protein and lipid levels. International Journal of Fisheries and Aquaculture. 3(10), 195-203.



- Montero D., Kalinowski, T., Obach, A., Robaina, L., Tort, L., Caballero, M.J., Izquierdo, M.S., 2003. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effect on fish health. *Aquaculture* 225, 353-370.
- Moreira, I.S., Peres, H., Couto, A., Enes, P., Oliva-Teles A., 2008. Temperature and dietary carbohydrate level effects on performance and metabolic utilisation of diets in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 274, 153–160.
- National Research Council (NRC), (1993). *Nutrient Requirements of Fish*. pp: 114. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Ochang, S. N., 2011. Effect of replacing cod liver oil with soybean oil as dietary lipid on carcass composition, haematology and sensory properties of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Int Aquat Res* 3: 71-77 ISSN 2008-4935.
- Ozorio R. O. A., Valente M. N. P., Correia S., Ferreira P., Oliveria A., Escorcio C., Teles A., 2009. Protein requirement for maintenance and maximum growth of two banded sea bream (*Diplodus vulgaris*) Juveniles. *Aquaculture nutrition* 15; 85-93.
- Palmegiano, G. B., Gai, F., Dapra, F., Gasco, L., Pazzaglia, M., Peiretti, P. G., 2008. Effects of spirulina and plant oil on the growth and lipid traits of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fingerlings. *Aquaculture Research*, 39, 587-595.
- Perez, L., Gonzalez, H., Jover, M., Fernandez-Carmona, J., 1997. Growth of European sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. *Aquaculture* 156, 183-193.
- Pickova, J., Mørkøre, T. 2007. Alternate oils in fish feeds. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 256-263.



- 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.
- Refstie, S., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Roem, A.J., 2001. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. *Aquaculture* 193, 91-106.
- Sampaio-Oliveira, A. M. B. M. y J. E. P. Cyrino. 2008. Digestibility of plant protein-based diets by largemouth bass *Micropterus salmoides*. *Aquaculture Nutrition*, 14(4), 318-323.
- Sandnes, K., Lie, O., Waagebo, R., 1988. Normal ranges of some blood chemistry parameters in adult farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *J. Fish Biol.* 32, 129-136.
- Shapawi, R., Mustafa, S., Ng, W. K., 2011. A comparison of the growth performance and body composition of the humpback grouper, (*Cromileptes altivelis*) fed on farm-made feeds, commercial feed or trash feeds. *Journal of fisheries and aquatics science* 6(5), 523-534.
- Shapawi, R., Mustafa, S., Wing-Keong Ng., 2008. Effects of dietary fish oil replacement with vegetable oils on growth and tissue fatty acid composition of humpback grouper, (*Cromileptes altivelis*). *Aquaculture Research*, 39, 315-323.
- Soltan M. A., 2009. Effect of Dietary Fish Meal Replacement by Poultry By-Product Meal with Different Grain Source and Enzyme Supplementation on Performance,



- Feces Recovery, Body Composition and Nutrient Balance of Nile Tilapia. Pakistan Journal of Nutrition 8 (4): 395-407, ISSN 1680-5194.
- Stone, D.A.J., Hardy, R.W., Barrows, F.T., Cheng, Z.J., 2005. Effects of extrusion on nutritional value of diets containing corn gluten meal and corn distiller's dried grain for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Applied Aquaculture 17, 1-20.
- Tibbets, S. M., Lall, S. P., Milley J. E., 2005. Effects of dietary protein and lipid levels and DP DE⁻¹ ratio on growth, feed utilization and hepatosomatic index of juvenile haddock, (*Melanogrammus aeglefinus*.) Aquaculture Nutrition 11, 67–75.
- Tidwell, J., Coyle, A., Right, L. A., Sharian D. 2005. Evaluation of Plant and Animal Source Proteins for Replacement of Fish Meal in Practical Diets for the Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 6, No. 34.
- Trejo Escamilla, I., 2008. Respuesta de crecimiento de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados con dietas con diferentes niveles de almidón suplementadas con bacterias prebióticas. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Marinas, UABC Ensenada B. C. 46pp.
- Turchini, G.M., Francis D.S., Senadheera S.P.S.D., Thanuthong T., De Silva, S.S. 2011 Fish oil replacement with different vegetable oils in Murray cod: Evidence of an “Omega-3 sparing effect” by other dietary fatty acids. Aquaculture 315, 250-259.
- Turchini, G.M., Torstensen, B. E., Wing-Keong Ng., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture 1, 10–57.



- Uran, P. A., Schrama, J. W., Jaafar, S., Brsen, G., Rombaut, J. H., Koppe, W., Verreth J. A., 2009. Variation in commercial sources of soybean meal influences the severity of enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Nutrition* 15, 492-499.
- Valente, L. M. P., Gouveia, A., Rema, P., Matos J., Gomes, E. F., Pinto I. S., 2006. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 252, 85–91.
- Valente, L.M.P., Bandarra, N. M., Figueiredo-Silva, A. C., Cordeiro., A. R., Simões, R. N., Nunes, M. L., 2007. Influence of conjugated linolenic acid on growth, lipid composition and hepatic lipogenesis in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*. 267, 225-235.
- Valenzuela, A., Oyarzún, C., Silva, V., 2003. Blood cells of the *Schroederichthys chilensis* (Guichenot, 1848): the leukocytes (Elasmobranchii, Scyliorhinidae). *Gayana* 67 (1), 130-137.
- Vergara, J.M., López-Calero, G., Robaina, L., Caballero, M.J., Montero, D., Izquierdo, M.S., Aksnes, A., 1999. Growth, feed utilization and body lipid content of gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed increasing lipid levels and fish meals of different quality. *Aquaculture* 179, 35–44.
- Vielma, J., Makinen, T., Ekholm, P., Koskela, J., 2000. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. *Aquaculture*, 183, 349-362.



- Vojkovich, M. y R. Reed. 1983. White seabass *Atractoscion nobilis* in California-Mexican waters: status of the fishery. California cooperative Oceanic fisheries Investigation Reports 24, 79-83.
- Wang, Y., Kong, L., Cui Li, C., Bureau, D. P., 2006. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture* 26, 1307–1313.
- Wang, Y., Kong, L., Li, C., Bureau, D. P., 2010. The potential of land animal ingredients to replace fish meal in diets for cuneate drun (*Nibea miichthioides*), is affected by dietary proteins levels. *Aquaculture nutrition* 16; 37-43.
- Xue. M., Luo, L., Wu X., Ren, Z., Gao a, P., Yu Y., Pearl, G., 2006 Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acid composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture* 260, 206–214.
- Yamamoto T., Shima T., Furuita H., Suzuki N., 2002. Influence of feeding diets with and without fish meal by hand and by self-feeders on feed intake, growth and nutrient utilization of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 214, 289–305.
- Yıldız, M., Sener, E., Timur, M., 2006 Effect of seasonal change and different commercial feeds on proximate composition of sea bream (*Sparus aurata*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6: 99-104.