



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**“DIGESTIBILIDAD EN CORVINA BLANCA (*Atractoscion nobilis*) UTILIZANDO
HARINA DE SOYA COMO FUENTE PARCIAL DE PROTEÍNA”.**



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

O C E A N O L O G A

PRESENTA:

DIANA IVONNE BRIGGS FAJARDO

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, AGOSTO DE 2006.

RESUMEN

Se investigaron los efectos del uso de la harina de soya desgrasada como reemplazo parcial de la harina de pescado como fuente de proteína en juveniles de corvina blanca, se determinó su digestibilidad y eficiencia alimenticia, así como, el efecto en la sobrevivencia, el crecimiento y composición química de los organismos cultivados. Se formularon cinco dietas isoprotéicas con 50% de proteína cruda de tal forma que la harina de soya desgrasada reemplazará la harina de pescado en 0, 10%, 15%, 20% y 25% de la proteína cruda total. Los juveniles fueron cultivados en tanques de 65 l con agua de mar a un flujo de 1.46 l min.^{-1} , con un recambio de agua del 50% diario, manteniendo la temperatura a $21^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$. Cada dieta fue provista por triplicado una vez al día hasta aparente saciedad durante 5 semanas a los juveniles de corvina con un peso inicial promedio de $63.3 \pm 1.0 \text{ g}$ y una longitud de $16.9 \pm 0.09 \text{ cm}$.

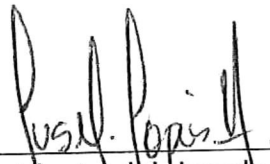
El análisis químico de músculo, hígado y pez completo de los organismos reveló diferencias significativas entre los tratamientos dependiendo del nivel de inclusión. El crecimiento en los organismos alimentados con las dietas T0 y T10 (0 y 10%) fue significativamente mayor que en los organismos alimentados con las dietas T15 a T25 (15-25%). El índice hepatosomático (IHS) disminuyó significativamente en T20 y T25. A partir del tratamiento T15, los organismos mostraron la menor tasa de crecimiento específico (TCE), eficiencia de conversión alimenticia (ECA) y la razón de eficiencia proteica (REP), aunque no se observaron diferencias significativas en consumo y sobrevivencia entre los tratamientos. El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) fue significativamente mayor en el tratamiento T10, solo comparable con la digestibilidad de proteína observada en los organismos del tratamiento T0. Los resultados del presente estudio indican que la harina de soya puede reemplazar la harina de pescado hasta el nivel de 10% de inclusión de la proteína cruda total en dietas para corvina blanca observando un buen crecimiento y eficiencia alimenticia.

**“DIGESTIBILIDAD EN CORVINA BLANCA (*Atractoscion nobilis*) UTILIZANDO
HARINA DE SOYA COMO FUENTE PARCIAL DE PROTEÍNA”.**

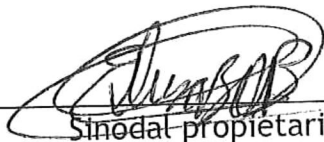
**T E S I S
QUE PRESENTA:**

DIANA IVONNE BRIGGS FAJARDO

Aprobada por:



Presidente del Jurado
Dra. Lus Mercedes López Acuña



Sinodal propietario
Dr. Eduardo Durazo Beltrán



Sinodal propietario
M. C. Conal David True

AGRADECIMIENTOS

Nada puede venir de la nada...

De manera inicial, a la Facultad de Ciencias Marinas que fue escenario de mi aprendizaje tanto a nivel escolar como personal y por supuesto a CONACYT por la beca otorgada para la realización de esta tesis, del proyecto SAGARPA-CONACYT 206.

Quiero agradecer enormemente a la Dra. Lus M. López Acuña por el entusiasmo transferido, por su paciencia, amor a la docencia y a la vida y, en especial por darme la oportunidad de aprender.

A mis sinodales, Dr. Eduardo Durazo Beltrán, por sus observaciones tan acertadas y al M.C. Conal D. True, por su paciencia en el laboratorio, pero sobre todo mucho les agradezco el tiempo que le dedicaron a este estudio cuando mas apremio el tiempo.

A la gente con la que conviví tantas horas en "totoaba", Ana del Carmen Cruz, Alejandra Agundez, Gerardo Sandoval e Iván Monay; a todos, mil gracias por sus consejos, sin su ayuda no me estaría titulando antes del 14 de Agosto.

Gracias a la vida, por darme tanto. En especial, por darme a mi pequeña hija, Julieta, que con su sonrisa ilumina mi día, que con su presencia me impulsa todos los días, se que por ti termine preciosa. Debo agradecer a la vida también, por llevarme a la puerta de mi querido hombre, mi José, mi amor, solo regrese a Ensenada por dos razones.

A mis padres, simplemente no tengo palabras suficientes para expresar mi agradecimiento, pues se que me ofrecieron una hermosa vida, me aconsejaron, me guiaron, pero sobre todas las cosas, *me amaron*. Gracias Papá por mostrarme el mundo de los libros, a ti Mamá, hay tanto que agradecerte, para empezar, por darme la vida, gracias por toda la dedicación que nos diste, gracias sobre todo por enseñarme a ser Mamá.

A mi familia toda, sobre todo a mis queridos hermanos que más de una vez me mandaron papeles por correo, que fueron y me llevaron al aeropuerto en cada ida y venida, los quiero. A mi prima Mireya por cuidarnos siempre, ahora que estuve lejos, gracias por estar ahí con mi madre y mis hermanos.

En fin, quiero mencionar a Zaida, al calamardo, Salomón, a Michelle y Dalí, ya quedaron en mi corazón, ya se llevan un pedacito del mío, gracias por haber estado ahí siempre cuando más los necesité, gracias simplemente por haber estado.

A todos, mil gracias!

CONTENIDO.

I.	Introducción	1
II.	Antecedentes	3
III.	Objetivos	
	Objetivo General	6
	Objetivos Particulares	6
IV	Material y métodos	
	Condición de cultivo	7
	Dietas experimentales	8
	Método de recolección	10
	Muestreo y toma de datos	10
	Tasa de crecimiento	11
	Tasa de crecimiento específico	11
	Eficiencia de conversión alimenticia	11
	Razón de eficiencia proteica	11
	Índice hepatosomático	12
	Análisis químico	12
	Digestibilidad aparente	13
	Análisis estadístico	14
V	Resultados	15
VI	Discusiones	23
VII	Conclusiones	33
VIII	Referencias	34

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

FIGURA 1. Elaboración y formado de las dietas experimentales para corvina blanca *Atractoscion nobilis*. 8

TABLA 1. Ingredientes y composición proximal de las dietas utilizadas durante el periodo experimental con juveniles *A. Nobilis* (g/100g peso seco). 9

TABLA 2. Análisis proximal (%) en pez completo, músculo e hígado de corvina blanca antes del tratamiento (inicial) y después de alimentadas con las dietas experimentales. 21

TABLA 3. Valores de digestibilidad y parámetros de crecimiento en juveniles de corvina blanca alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de soya como fuente de proteína y una dieta control (T0) con 100 % harina de pescado. 22

I.- INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas las poblaciones de numerosas especies de peces marinos han disminuido, de acuerdo a la FAO (2002) para 1993 más del 60% habían sido explotados; es por esto que la tendencia actual en la obtención de productos pesqueros, se dirige hacia la producción en masa mediante su cultivo (Wise, 1984; Tacon, 1994). El decaimiento que se observó en la producción mundial total de productos pesqueros durante 1990-91 se niveló para 1993, debido más bien, a los aportes que ha dado la acuicultura (FAO, 2002). Proyecciones de la producción pesquera mundial para el 2010 se encuentran entre 107 y 144 millones de toneladas aumentando los aportes de la acuicultura de 10 millones de toneladas en el 2000 a 25 millones de toneladas para el 2010 (FAO, 2002). En la actualidad la tasa de crecimiento de acuicultura es de hasta el 30% en algunos países (FAO, 2002).

Si bien el desarrollo de la acuicultura mejoró las perspectivas en la obtención de productos pesqueros para consumo humano, el cultivo de peces comerciales en especial al tratarse de organismos carnívoros, tiene un fuerte impacto en otras pesquerías, debido a que las dietas formuladas requieren como fuente principal de proteína la harina de pescado, y la proteína es uno de los componentes más caros de la dieta, así como, un producto que va a la baja en su producción mundial (Wise, 1984; Roberts, 2000), los organismos usados regularmente para procesar harina y aceite de pescado son pelágicos menores como anchoveta, arenque y sardina (Tacon,

1994) utilizados como una fuente protéica “barata” para alimentar a peces de mayor valor comercial.

De acuerdo a el Instituto de Recursos Mundiales (1992) la tasa de crecimiento de pesca marina mundial se debe principalmente a estas especies, la FAO (2002) menciona que para 1989 la pesca total era de 100 millones de toneladas de la cuales se utilizaron 31.1 millones toneladas de peces para procesarlos en harina y aceite de pescado. Tacon (1994) menciona que solo se utilizo 11.5 millones de toneladas de productos de acuicultura para consumo humano, los reportes de la FAO (2002) indican que es poco probable que un esfuerzo de pesca más intenso resulte en una obtención mayor de producto, sin embargo, se tiene estimado que para el 2010, se requerirán tres mil millones de toneladas equivalentes a harina de pescado.

La alimentación dentro del cultivo significa, hasta el 50% de los costos variables en la mayor parte de las operaciones de acuicultura, adicional a esto, debido al aumento de la producción de peces cultivados, se fortalece la demanda por harina de pescado de alta calidad, lo que ha forzado un aumento en el precio de la harina de pescado. (Tacon, 1994); Lovell, 2002). Por todo lo anterior, el presente trabajo pretende encontrar un ingrediente más viable (en este caso la harina de soya), que sustituya parcialmente la harina de pescado como fuente principal de proteína en dietas para corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).

II.- ANTECEDENTES

La corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) es un pez marino que habita las costas de California y Baja California, México, algunos autores mencionan que el hábitat de este organismo abarca desde Alaska hasta el Golfo de Baja California (Ruiz, 1985). En la actualidad, la producción por captura de esta especie ha ido en aumento, pasando de 46 toneladas en 1996, a 194 toneladas para el 2002 según reportes de la FAO (Roma, 2004). Actualmente, el centro de investigaciones HUBBS-Sea World en San Diego, cultiva *A. nobilis* con fines de repoblamiento, utilizando una dieta comercial la cual contiene 50% de proteína cruda en la dieta, compuesta principalmente de harina de pescado.

Los peces, como otros animales, aunque no tienen un verdadero requerimiento proteico, si tienen el requerimiento de una mezcla de aminoácidos (AA) esenciales y no esenciales (Wilson, 2002), como la mayoría de los animales monogástricos, requieren los mismos 10 AA esenciales, los cuales no pueden ser sintetizados por el animal en cantidades suficientes de modo que se observe el máximo crecimiento (Lovell, 1998). Se ha reportado que en diversas especies carnívoras los mejores resultados en cuanto a crecimiento y conversión alimenticia se observan cuando la dieta tiene aporte aproximado del 50% de proteína cruda. Para tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*) se recomienda que el aporte proteico crudo debe encontrarse entre el 35 y 45% (Wilson, 2002) y de un 50-55% de proteína cruda para dietas de juveniles de *Salmo salar* (Storebakken et al, 2000, 2002).

Además de la composición de los AA y la digestibilidad de la proteína de la dieta, en su elaboración debe considerarse el balance energético, el exceso de proteína más la insuficiencia de fuentes energéticas alternativas como los lípidos provoca que la proteína sea catabolizada en energía (De Silva y Anderson 1995; Wilson, 2002). Se ha observado la respuesta de juveniles de *A. nobilis* a diferentes concentraciones de lípidos, encontrando que la más adecuada se encuentran entre los 15.5% y 18%, con efectos significativos tanto en crecimiento como en consumo (Torres Cobián, 2005). Resultados preliminares, indican que los niveles proteicos adecuados para el crecimiento de juveniles de *A. nobilis* se encuentran entre el 38 y el 40% de proteína digestible en la dieta (Cruz-Hernández *et al.*, 2006).

El colapso de las grandes pesquerías del mundo ha motivado la búsqueda de fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado (Sanders y Ervik, 1999). Diversos estudios se han realizado para buscar la posibilidad de reemplazar la harina de pescado por proteína vegetal, analizando la digestibilidad en diversas especies. Kaushik *et al.*, (2004) no encontró diferencias significativas en los coeficientes de digestibilidad entre las dietas con 100% de harina de pescado y en las que se reemplazó por fuentes proteicas vegetales al experimentar con *Dicentrarchus labrax*.

Se ha reportado que los productos de la proteína de soya en general presentan un alto contenido protéico y una buena digestibilidad (De silva y Anderson, 1995; Hertramp y Piedad-Pascual, 2000). Lovell (1998) menciona que la soya tiene el mejor

perfil de AA de las plantas comunes. Aunado a esto, su disponibilidad en el mercado lo hace un ingrediente potencial para reemplazar parcialmente en las dietas al más caro y cada vez menos disponible ingrediente, la harina de pescado (De silva y Anderson, 1995).

La digestibilidad de la harina de soya ha sido ampliamente estudiada para diferentes especies, Anderson *et al.* (1992) encontraron un 71% de digestibilidad en proteína cruda proveniente de harina de soya en el salmón del Atlántico (*S. salar*), mientras que Eusebio *et al.* (2004) observaron que la inclusión de soya desgrasada a un 30% de proteína cruda presenta una digestibilidad de materia seca comparable a la harina de pescado (74-76%) para la especie *Epinephelus coioides*. Además, en un estudio realizado por Glencross *et al.* (2004) compararon la digestibilidad tanto en trucha arco iris como en salmón del Atlántico, en dietas a las que se les incluyó 30% de productos de soya y lupin, encontrando que ambos granos tienen un excelente potencial como ingredientes en las dietas para ambas especies.

La variación en la digestibilidad de los alimentos es, por lo general el mayor factor que afecta su utilidad como fuente energética para el animal, ya que la energía fecal representa la mayor pérdida de la energía gruesa ingerida, por lo que, antes de incluir un ingrediente en particular su digestibilidad debe ser determinada y de este modo evaluar el potencial para su uso en la acuicultura (Bureau *et al.*, 2002).

III.- OBJETIVO GENERAL

Evaluar la digestibilidad de harina de soya como fuente de proteína en la dieta de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).

- OBJETIVOS PARTICULARES

1.- Evaluar el crecimiento y sobrevivencia de los organismos alimentados con dietas que contenían una inclusión de proteína cruda al 10%, 15%, 20%, y 25%, proveniente de harina de soya, así como el de una dieta control sin inclusión de harina de soya.

2.- Determinar el consumo y digestibilidad proteica de las dietas.

3.- Determinar los contenidos de humedad, ceniza, proteína, lípidos y energía en muestras de organismos completos, músculo, hígado, heces y alimento antes y después de los tratamientos de alimentación.

IV.- MATERIAL Y MÉTODOS

- Condición de cultivo

Alevines de corvina blanca, *A. nobilis*, fueron obtenidos del Instituto HUBBS-Sea World Research de San Diego, CA, e internados a México para su cultivo experimental en la Unidad de Biotecnología de Piscicultura de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California. Los alevines se mantuvieron en tanques de 500 l a 20°C con flujo abierto hasta los seis meses de edad, de los cuales 105 juveniles (63.3 ± 1.0 g; 16.9 ± 0.09) fueron seleccionadas aleatoriamente y distribuidas en 15 estanques experimentales de 65 l de capacidad. Se utilizó un sistema semi-abierto con un recambio de agua de mar filtrada (10 y 5 micras) del 50% diario, pasada por UV para su esterilización a un flujo de 1.46 l min^{-1} y una temperatura de $21^\circ \pm 1.5^\circ\text{C}$ la cual se mantuvo utilizando un control térmico finex modelo HC - 0800.

Cada tratamiento de alimentación fue designando aleatoriamente y evaluado por triplicado. Con el tratamiento designado para cada estanque, los peces se aclimataron durante veinte días con las dietas experimentales. Los organismos fueron alimentados una vez al día (9:00 AM) manualmente hasta aparente saciedad, posteriormente los tanques fueran sifoneados para su limpieza.

- **Dietas Experimentales**

Para la elaboración de las dietas, se analizó la composición proximal de las fuentes proteicas como la harina de pescado, harina de soya desgrasada y ensilaje de vísceras de atún. En base a los resultados se formularon y elaboraron cinco dietas isoprotéicas (Figura 1), usando la harina de pescado como fuente principal de proteína. La dieta T0 se utilizó como control sin inclusión de soya mientras que en las dietas T10, T15, T20 y T25 se les incluyo la soya desgrasada al 10%, 15%, 20% y 25% de proteína cruda, respectivamente. La composición de las dietas experimentales (g) se muestran en la Tabla1.



Figura 1 Elaboración de las dietas experimentales para corvina blanca *Atractoscion nobilis*.

Tabla 1
Ingredientes y composición proximal de las dietas utilizadas durante el periodo experimental con juveniles de *A. nobilis* (g/100g peso seco).

INGREDIENTES g 100 g ⁻¹	Dietas				
	T0	T10	T15	T20	T25
Harina de pescado ¹	47.0	34.7	28.6	22.4	22.2
Harina de soya ²	0	18.7	28	37.4	46.7
Ensilaje ³	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Harina de krill ¹	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Celulosa	8.6	6.1	5.0	4.1	0.3
Almidón	9.8	6.0	4.0	2.0	0
Aceite de pescado ¹	10	9.9	9.8	9.5	6.2
Gelatina	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Minerales ⁴	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Vitaminas ¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Benzoato de sodio	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Butilhidroxitolueno	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Composición proximal: g 100g peso seco					
Proteínas	47.9±0.00	47.7±0.05	47.1±0.39	47.9±0.27	47.7±0.46
Lípidos	18.7±0.16 ^a	16.8±0.62 ^b	16.8±0.23 ^b	16.9±0.31 ^b	16.8±0.18 ^b
ELN + fibra cruda ⁵	27.3±0.3	28.5±0.6	28.2±0.8	27.3±0.4	27.4±0.4
Cenizas	6.0±0.02 ^e	7.0±0.04 ^{dc}	7.1±0.17 ^c	7.8±0.6 ^{ba}	8.1±0.00 ^a
Energía cal g ⁻¹	4776±25	4763±3	4756±49	4838±31	4875±22
Relación proteína:energía Kcal g ⁻¹	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

¹ Proporcionada por Skretting, Vancouver, British Columbia, Canadá.

² Harina de soya desgrasada calentada a 100 °C para su gelatinización. Henry's Supermarket, San Diego, CA, USA.

³ Elaborada en el laboratorio con vísceras de atún.

⁴ Mezcla de minerales kg⁻¹ constituida por: MgSO₄ · 7H₂O (284g), FeSO₄ (40g), CuSO₄ (26g), MnSO₄ (6.6 g), ZnSO₄ (132g), CoCl₂ (0.04 g), KI (0.6 g), NaSeO₃ (0.02 g), Ca(H₂PO₄)₂ (203.2 g), tierra de diatomeas (331 g).

⁵ Extracto libre de nitrógeno (ELN) + fibra cruda = 100 - (%proteína cruda + %lípidos totales + %cenizas).

- **Método de recolección**

Después del periodo de aclimatación se inició el día 21 la recolección de heces durante cinco días. Se utilizó como mecanismo el sifoneo directo mediante un tubo de vidrio de 30 cm con una manguera en el extremo para disminuir el contacto con los peces.

Las heces fueron colectadas después de 20 minutos del periodo de alimentación, las cuales se drenaron, se depositaron en bolsas de plástico y se congelaron a -20°C para su posterior análisis para cada régimen alimenticio.

- **Muestreo y toma de datos.**

Para obtener el crecimiento, los organismos se midieron con un ictiómetro (± 1.0 mm) y se pesaron individualmente en una balanza Acculab GS-2001 (± 0.01 gr) al inicio y al final del periodo experimental. Se determinó la cantidad de alimento consumido por tanque a partir del día 21 y hasta el final del experimento. El consumo promedio por tratamiento se calculó en base a:

Consumo (C) = (alimento ofrecido(g) - alimento no consumido(g)) / número de días).

Para evaluar las características biológicas y de composición química de los organismos, se muestrearon 10 peces antes del régimen alimenticio y tres peces de cada tanque al final del periodo experimental. Los organismos fueron almacenados en bolsas de plástico y congelados a -20°C para su posterior análisis.

- Tasa de crecimiento (TC), tasa de crecimiento específico (TCE), Eficiencia de conversión alimenticia (ECA) y razón de eficiencia proteica (REP).

La tasa de crecimiento fue calculada por tratamiento ($\text{g org.}^{-1} \text{ día}^{-1}$) al dividir el peso total ganado entre organismos pesados por el número de días transcurridos en el experimento (Hardy y Barows, 2002).

$\text{TC} = (\text{peso final} - \text{peso inicial} / \text{número de organismos} \times \text{días transcurridos})$:

La tasa de crecimiento específico en peso (TCE) se calculó tomando en cuenta la fórmula de Hardy y Barows (2002):

$$\text{TCE} = [(\ln P_f - \ln P_i) \cdot (t_2 - t_1)^{-1}] \times 100$$

Donde: P_f = peso final (g), P_i = peso inicial (g) y $t_2 - t_1$ = número total de días.

La eficiencia de conversión alimenticia se obtuvo mediante la división del peso ganado de los organismos y el alimento seco consumido (Hardy y Barows, 2002).

$$\text{ECA} = \text{peso ganado (g)} / \text{alimento seco (g)}$$

La razón de eficiencia de proteína se determinó mediante el peso ganado entre la proteína total consumida por los organismos (Hardy y Barows, 2002).

$$\text{REP} = \text{peso ganado (g)} / \text{proteína total consumida (g)}$$

- **Índice hepatosomático.**

Se extrajeron los hígados de los peces muestreados y se pesaron en una balanza analítica. El índice se obtuvo de acuerdo a la proporción del hígado con el peso del pez (peso del hígado (g) / peso del pez (g) x 100).

- **Análisis químico**

Los ingredientes (harina de soya, ensilaje y harina de pescado), las dietas formuladas (Tabla 1), los tejidos (músculo e hígado), pez completo y heces fueron utilizados para análisis químico proximal. Todas las muestras se liofilizaron (VirTis Freezemobile, modelo 12EL) hasta peso constante para remover el agua y obtener el contenido de humedad.

La proteína cruda ($N \times 6.25$) se analizó mediante el método Kjeldhal (AOAC, 1995). Las cenizas se obtuvieron al calcinar 1 g de muestra durante 8 hrs. en la mufla a 525°C (AOAC, 1995) obteniendo el porcentaje de cenizas como sigue:

$$\% \text{ Cenizas} = (\text{Peso del residuo} / \text{peso de muestra}) \times 100$$

El contenido de lípidos se determinó mediante el método modificado de Folch. El cual consistió en homogenizar 0.1 g de muestra seca con 400 µL de agua destilada, adicionando 2 ml de metanol a la mezcla y homogenizando de nuevo; al final se añadieron 4 ml de cloroformo agitando vigorosamente. A el producto filtrado se le

agregan 1.5 ml de KCl al 1.72%, permitiendo reposar por 24 hrs para la separación de fases. Se obtuvo un volumen conocido de la fase inferior de cloroformo con los lípidos y se evaporó. El porcentaje de lípidos se calculó de acuerdo a:

$$\% \text{ de Lípidos} = (\text{Peso extracto lipídico} / \text{peso de la muestra}) \times 100$$

- **Digestibilidad aparente**

Para estimar la digestibilidad aparente del alimento se utilizó el método de cenizas insolubles en ácido, descrito por Tejada (1992). Para dicha determinación se utilizaron las heces colectadas durante el ensayo de alimentación. La técnica consiste en calcinar las muestras a 450°C durante 12 horas, posterior a ello se adicionaron en 10 ml de HCl 2N y se pasaron por un filtro de fibra de vidrio GF/F lavado, calcinado y pesado, el filtro se enjuaga con agua destilada caliente para eliminar el ácido remanente. Una vez filtradas las muestras se calcinan junto con los filtros, y la cantidad de cenizas se determinaron por la diferencia de peso antes y después del filtrado. El cálculo del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) se realizó con el uso de la siguiente ecuación:

$$\text{CDA} = 100 - (I(\text{alimento}) / I(\text{heces})) \times 100$$

I= indicador (cenizas insolubles)

- **Análisis estadístico**

El diseño experimental del presente estudio fue completamente al azar. Los datos generados fueron analizados para encontrar normalidad y la homogeneidad de varianzas. Se trabajó con los promedios del análisis de digestibilidad de los tratamientos, con los datos que se obtuvieron del contenido de proteína, lípidos, humedad, ceniza y energía en muestras de organismos completos, músculo e hígado antes y después del experimento de alimentación, se realizó un ANOVA de una vía, las diferencias entre medias por tratamiento fueron determinadas mediante pruebas de comparaciones múltiples de Tukey. En los datos que no cumplieron con los requerimientos del ANOVA, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Las diferencias significativas se establecieron con una probabilidad de 0.05.

V.- RESULTADOS

- **Composición corporal**

Los valores del contenido total de proteína, lípidos, energía, ceniza y humedad de las muestras de los peces se reportan en la Tabla 2.

Los organismos alimentados con la dieta de menor inclusión de soya (T10), mostraron un menor depósito de proteína en *pez completo* ($64.3 \pm 0.35\%$), no se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los demás tratamientos (67.7 ± 0.36 para T15 y $66.3 \pm 0.31\%$ para T0, respectivamente) (Tabla 2). Los niveles de lípidos más altos ($P < 0.05$) se observaron en los organismos alimentados con T0 y T10 ($8.8 \pm 0.11\%$ y $8.6 \pm 0.23\%$, respectivamente). El análisis no reveló diferencias significativas ($P > 0.218$) en el contenido de lípidos entre el grupo constituido por T25, T20 y T15 (Tabla 2).

El contenido final de energía en *pez completo* fue mayor ($P < 0.05$) en los organismos alimentados con la dieta sin inclusión de soya T0 ($4,749 \pm 14.0 \text{ cal g}^{-1}$), y menor en los organismos alimentados con T25 ($4,421 \pm 4.7 \text{ cal g}^{-1}$) (Tabla 2). El contenido de cenizas en las muestras de *pez completo* reveló que los tratamientos con inclusión de soya presentaron los niveles más altos siendo los mayores T20 y T25,

(21.8 \pm 0.59%, 21.4 \pm 0.88%) significativamente diferente ($P < 0.05$) a la dieta T0 (17.7 \pm 0.61%). El contenido de humedad en *pez completo* no mostró diferencias significativas entre todos los tratamientos ($P > 0.730$) (Tabla 2).

Los análisis realizados en el *músculo* de los juveniles solo revelan diferencias significativas ($P < 0.05$) en el porcentaje de proteína entre los organismos alimentados con la dieta T15 (83.1 \pm 0.19%) y los organismos alimentados con la dieta T25 (80.1 \pm 0.10%). El contenido de lípidos en *músculo* por su parte, no mostró diferencias significativas ($P > 0.393$) con un intervalo entre 4.9 \pm 0.22 y 3.9 \pm 0.20% (para T25 y T10, respectivamente) (Tabla 2).

El contenido de energía en *músculo* no mostró diferencias significativas ($P > 0.606$) con un intervalo de 5,144 \pm 19.5 a 5,090 \pm 18.2 cal g⁻¹ (T0 y T20, respectivamente). Resultados similares en el contenido de cenizas totales se observaron ($P > 0.001$) entre los tratamientos (Tabla 2).

El contenido de proteína en *hígado* fue afectado significativamente con las dietas administradas. El porcentaje más alto de proteína se encontró en T25 (53.4 \pm 0.37%) seguido por T20 y T15. Por otra parte, con las dietas T10 y T0 se obtuvieron *hígados* con contenidos de proteínas significativamente diferentes ($P < 0.05$). Se encontró que el porcentaje de lípidos en *hígado* varió ($P < 0.05$) con la inclusión de soya en la dieta,

se observaron los niveles más altos para los organismos alimentados con la dieta T10 ($57.5 \pm 0.42\%$) y T0 ($54.8 \pm 1.08\%$), significativamente diferentes ($P < 0.05$), a los otros tratamientos, decreciendo conforme aumento la inclusión de soya, observando los niveles más bajos en la dieta T25 con $28.2 \pm 0.17\%$. El hígado de los peces muestreados al inicio del experimento mostraron que la suma total de los porcentajes en lípidos, proteína y cenizas presentó una diferencia de 34.3% con relación al 100%, en tanto que en los hígados de los organismos al final del experimento la diferencia fue menor a 14.3% (Tabla 2).

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido de energía del *hígado* en los diferentes tratamientos. Se observaron los niveles más altos en T10 y T0 con un intervalo de $7,385 \pm 36$ a $7,244 \pm 91$ cal g^{-1} disminuyendo conforme la inclusión de soya en las dietas aumento, encontrando los valores más bajos en T25 con $6,032 \pm 7$ cal g^{-1} . De manera inversa, el contenido de cenizas en hígado mostró ser significativamente mayor ($P < 0.05$) para los organismos alimentados con las dietas de mayor inclusión de soya, T25 ($6.6 \pm 0.18\%$) mientras que T0 y T10 presentan un promedio de $3.23 \pm 0.03\%$ (Tabla 2).

- **Sobrevivencia y crecimiento**

Los organismos alimentados con el tratamiento T15 presentaron $85.7 \pm 8.2\%$ de sobrevivencia, sin embargo no se determinó diferencia significativas ($P = 0.073$) con el resto de los tratamientos, obteniendo un 100% de sobrevivencia en los organismos alimentados con las dietas T0, T10, T20 y T25 (Tabla 3).

Los datos de longitud y peso de los organismos al inicio del experimento mostraron que no hubo diferencia significativa entre las unidades experimentales ($P > 0.714$) con un promedio de 16.9 ± 0.09 cm y 63.3 ± 1.02 g, respectivamente. Al final del experimento la mayor longitud se observó en los tratamientos T10 y T0 (19.7 ± 0.49 cm; 19.6 ± 0.29 cm, respectivamente) siendo solo T10 significativamente diferente ($P < 0.05$) con T20 (18.3 ± 0.22 cm), tratamiento que presentó el menor crecimiento en longitud. La mayor ganancia en longitud también se observó en los tratamientos T10 y T0 ($P = 0.397$) encontrando una ganancia promedio de 2.9 ± 0.1 cm. significativamente diferente ($P = < 0.001$) del resto de los tratamientos. Se obtuvo un peso final para T0 de 98.8 ± 3.9 g y para T10 de 98.3 ± 7.5 g, significativamente diferentes ($P < 0.05$) al resto de los tratamientos que contenían una mayor inclusión de soya. Al final la ganancia de peso de los tratamientos T0 y T10 (37.5 ± 4.7 g y 36.3 ± 2.3 g, respectivamente) fue significativamente mayor ($P = 0.02$) al resto de los tratamientos (Tabla 3).

El índice hepatosomático no mostró diferencias significativas ($P = 0.29$) entre los tratamientos T10, T0 y T15 con un rango de 1.98 ± 0.35 a $1.72 \pm 0.13\%$, este grupo fue significativamente diferente ($P = 0.03$) del IHS de T20 y T25 (1.33 ± 0.04 y 1.32 ± 0.08 , respectivamente) (Tabla 2).

El consumo diario, aunque aumento ligeramente conforme el aumento de inclusión de soya no revelo diferencias significativas ($P = 0.827$) entre los tratamientos, con un intervalo de consumo entre $13.8 \pm 0.82 \text{ g d}^{-1}$ y $15.8 \pm 0.77 \text{ g d}^{-1}$ (T0 y T25, respectivamente, Tabla 3)

El análisis estadístico de la tasa de crecimiento (TC) mostró diferencias significativas ($P = 0.007$) entre los tratamientos, con una relación inversa en la TC conforme el aumento de inclusión de soya, encontrando la mayor tasa de crecimiento para T0 con $0.62 \pm 0.02 \text{ g org}^{-1} \text{ d}^{-1}$ y la menor para T25 con solo $0.36 \pm 0.04 \text{ g org}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Tabla 3).

La mayor TCE se observo en el tratamiento T0 seguida por T10 ($0.85 \pm 0.03 \text{ \% d}^{-1}$ y $0.82 \pm 0.02 \text{ \% d}^{-1}$, respectivamente) con diferencias significativas entre los tratamientos ($P = 0.008$), obteniendo la menor para T25 ($0.52 \pm 0.04 \text{ \% día}^{-1}$; Tabla 3).

Se observo una disminución de la ECA conforme el aumento de inclusión de soya, la mayor ECA la presentaron los organismos alimentados con T0 y T10 (0.94

± 0.03 y 0.92 ± 0.03 , respectivamente) estadísticamente diferentes a los demás tratamientos ($P = 0.008$) siendo el menor T25 (0.48 ± 0.05 ; Tabla 3).

Los mayores REP se obtuvieron con T0 y T10 (1.95 ± 0.06 y 1.93 ± 0.07 , respectivamente) diferentes ($P < 0.05$) con el resto de los tratamientos observando el menor para T25 con un REP de 1.02 ± 0.15 (Tabla 3).

- **Digestibilidad de las dietas experimentales**

Los porcentajes de los coeficientes de digestibilidad aparente en materia seca (CDA), proteína (CDA_p) y lípidos (CDA_L) se presentan en la Tabla 3. La CDA encontrada fue significativamente diferente ($P < 0.05$) entre los tratamientos, para T10 fue de $76 \pm 0.18\%$ seguida por T20 con $75 \pm 0.5\%$, entre el T25, T0 y T15 no se observaron diferencias significativas en el intervalo de 74 ± 0.37 a $72 \pm 0.8\%$ (Tabla 3).

Los organismos que consumieron la dieta sin inclusión de soya (T0), aprovecharon mejor la proteína con un $94 \pm 0.57\%$ (de CDA_p), sin diferencias significativas ($P \leq 0.262$) con la dieta T10. El resto de los tratamientos presentó un CDA_p significativamente diferente ($P < 0.05$), con un intervalo de $92 \pm 0.27\%$ a $91 \pm 0.12\%$ (Tabla 3).

Tabla 2. Análisis proximal (%) en pez completo, músculo e hígado de corvina blanca antes del tratamiento (inicial) y después de alimentadas con las dietas experimentales.

Parámetros	Tratamientos					
	Inicial	T0	T10	T15	T20	T25
Pez completo						
Humedad	72.6±0.84	75.5±0.45	76.4±0.37	77.6±0.43	75.8±0.63	76.3±0.44
Proteína	62.9±0.23	66.3±0.31 ^{dabc}	64.3±0.35 ^e	67.7±0.36 ^a	66.8±0.66 ^{cab}	67.4±0.55 ^{ba}
Lípidos	8.3±0.07	8.8±0.11 ^a	8.6±0.23 ^{ba}	5.0±0.25 ^{ecd}	5.7±0.08 ^{dc}	5.7±0.24 ^c
Cenizas	20.2±0.66	17.7±0.61 ^e	20.6±0.29 ^{dabc}	21.3±0.35 ^{cab}	21.8±0.59 ^a	21.4±0.88 ^{ba}
Energía (calorías g-1)	4542±12.3	4749±14.0 ^a	4574±18.1 ^b	4439±17.1 ^{cb}	4493±30.0 ^{dc}	4421±4.7 ^{ebd}
Músculo						
Humedad*	78.7	78.4	77.5	78.1	78.6	78.8
Proteína	80.3±0.10	81.3±0.64 ^{dabc}	81.6±0.58 ^{cab}	83.1±0.19 ^a	83.0±0.35 ^{ba}	80.1±0.10 ^{ecd}
Lípidos	5.4±0.37	4.6±0.38	3.9±0.20	4.1±0.30	4.3±0.17	4.9±0.22
Cenizas	6.8±0.17	6.8±0.24	6.7±0.19	6.8±0.17	6.9±0.15	7.2±0.19
Energía (calorías g-1)	5189±6.1	5144±19.5	5135±15.5	5121±10.5	5090±18.2	5109±6.9
Hígado						
IHS ¹	1.71±0.19	1.93±0.08 ^{ba}	1.98±0.35 ^a	1.72 ± 0.13 ^{cab}	1.33±0.04 ^d	1.32±0.08 ^{ed}
Humedad*	72.8	77.2	77.4	79.1	77.8	77.8
Proteína	34.0±0.53	28.1±0.27 ^{ed}	29.1±0.14 ^d	39.3±0.56 ^c	47.3±0.31 ^b	53.4±0.37 ^a
Lípidos	27.1±0.64	54.8±1.08 ^{ba}	57.5± 0.42 ^a	48.6 ± 0.69 ^c	40.9 ± 0.13 ^d	28.2 ± 0.17 ^e
Cenizas	4.6 ± 0.04	3.2 ± 0.09 ^{ed}	3.3 ± 0.03 ^d	4.0 ± 0.04 ^c	4.9 ± 0.06 ^b	6.6 ± 0.18 ^a
Energía (calorías g-1)	5697±71	7244±91 ^{ba}	7385±36 ^a	7104±46 ^{cb}	6703±22 ^d	6032±7 ^e

¹ IHS: índice hepatosomático= (peso del hígado (g) / peso del pez completo (g) *100) *Dato único obtenido por liofilizado total de la muestra.

Tabla 3. Valores de digestibilidad y parámetros de crecimiento en juveniles de corvina blanca alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de soya como fuente de proteína y una dieta control (T0) con 100 % harina de pescado.

Tratamientos	Parámetros de Crecimiento				
	T0	T10	T15	T20	T25
Peso inicial (g)	62.4±2.4	63.0±2.9	64.0±2.2	63.7±2.1	63.4±1.9
Peso final (g)	98.8±3.9 ^a	98.3±7.5 ^{ba}	79.8±4.8 ^c	73.2±2.3 ^{dc}	74.6±2.4 ^{edc}
Peso ganado (g)	37.5±4.7 ^a	36.3±2.3 ^{ba}	15.7±0.4 ^c	11.4±1.2 ^{ecd}	11.7±1.3 ^{de}
Longitud inicial (cm)	16.8±0.19	16.9±0.27	17.0±19	16.9±0.16	17.1±0.20
Longitud final (cm)	19.6±0.29 ^{ba}	19.7±0.49 ^a	18.4±0.31 ^{dcab}	18.3±0.22 ^{ebcd}	18.7±0.31 ^{cab}
Longitud ganada (cm)	2.8±0.2 ^{ba}	3.0±0.1 ^a	1.4±0.2 ^{ecd}	1.6±0.1 ^{dc}	1.7±0.2 ^c
Consumo g d ⁻¹	13.8±0.82	13.4±0.60	13.7±0.66	14.7±0.78	15.8±0.77
TC g org ⁻¹ día ⁻¹	0.62±0.02 ^a	0.59±0.02 ^{ba}	0.45±0.03 ^{cb}	0.44±0.04 ^{dbc}	0.36±0.04 ^{ecd}
TCE % día ⁻¹	0.85±0.03 ^a	0.82±0.02 ^{ba}	0.62±0.07 ^{cb}	0.61±0.03 ^{dc}	0.52±0.04 ^{ecd}
ECA	0.94±0.03 ^a	0.92±0.03 ^{ba}	0.69±0.04 ^c	0.62±0.05 ^{dc}	0.48±0.05 ^{ecd}
REP	1.95±0.06 ^a	1.93±0.07 ^{ba}	1.48±0.11 ^c	1.29±0.14 ^{dc}	1.02±0.15 ^{ed}
Sobrevivencia %	100.0±0.0	100.0±0.0	85.7±8.2	100.0±0.0	100.0±0.0
CDA (%)					
Materia seca	72±0.20 ^{dc}	76±0.18 ^a	72±0.8 ^{ecd}	75±0.50 ^{ba}	74±0.37 ^{cb}
Proteína	94±0.57 ^a	94±0.33 ^{ba}	92±0.12 ^{dc}	92±0.27 ^c	91±0.12 ^{ecd}
Lípidos	82±0.12 ^{cb}	86±0.15 ^a	80±0.52 ^e	82±0.25 ^{dc}	83±0.10 ^b

VI.- DISCUSIONES

- **Composición corporal**

Uno de los retos al intentar disminuir los costos de la alimentación en el cultivo de peces, es mantener la salud, crecimiento y calidad comercial del organismo, siendo este uno de los parámetros de estudio que ha recibido un creciente interés (Shearer, 2001).

En el presente trabajo, se observaron resultados semejantes en la composición corporal entre los organismos alimentados sin inclusión de soya (T0) y aquellos alimentados con una inclusión de proteína cruda al 10% a partir de harina de soya (Tabla 2). Aunque todas las dietas con soya contenían los mismos niveles de lípidos y fueron formuladas como dietas isoenergéticas, los organismos de los tratamientos T0 y T10 concentraron la mayor cantidad de lípidos en su tejido corporal, mientras que disminuyó en los peces alimentados con las dietas de mayor inclusión de soya, observando solo una ligera disminución en el porcentaje de proteína en T10 (Tabla 2). Comportamiento similar ha sido observado en el salmón del atlántico (*Salmo salar*), en *Barbodes altus* y en la curvina asiática (*Lates calcarifer*), donde, al aumentar la inclusión de soya en las dietas se disminuye el contenido de lípidos en el tejido de pez completo mientras que la proteína se mantiene constante (Oli *et al.*, 1995; Elangovan y Shim, 2000; Tantikitti, *et al.*, 2005).

En el presente estudio se observó una disminución en el contenido de lípidos en el pez completo, lo cual aparentemente es el efecto de la inclusión de soya en la dieta de la corvina blanca, lo cual está de acuerdo con lo descrito por Love (1970); el cual menciona “que en el análisis de pez completo las tendencias observadas en los constituyentes puede deberse a una mayor o menor proporción en alguno de los órganos”, de acuerdo a esta observación un mayor o menor contenido de lípidos en el *pez completo* depende de la proporción en peso que represente uno de los órganos respecto del pez completo.

En las muestras de *músculo* solo se encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína en los organismos alimentados con la dieta T25. Resultados comparables a los del presente estudio se observaron en estudios pioneros realizados en poslarvas de corvina blanca alimentadas con 15.5 y 18% de lípidos en la dieta, los cuales presentan un contenido de humedad y cenizas similares y un contenido de proteína y lípidos mayores en estos tejidos (López *et al.*, 2006). En otro estudio con alevines de corvina blanca (30.23 ± 0.88 g) a los que se alimentaron con dietas de diferente contenido proteico (45 a 65%), se observó que presentaron resultados comparables a los del presente estudio es su composición proximal del tejido muscular tanto en el contenido de lípidos como de ceniza (Agundez Amador, 2006). Esto concuerda con lo descrito por Shearer (1994) quien menciona que si el pez crece, el contenido proteico en

pez completo y músculo tiene más que ver con la especie y el tamaño que con la dieta administrada.

En muestras de tejidos de *hígado* se observó una tendencia a aumentar el contenido de proteína en los organismos alimentados con las dietas de mayor inclusión de soya, y de manera inversamente proporcional se disminuía la acumulación de lípidos en el *hígado* de los organismos. En peces carnívoros como *B. altus* y la corvina asiática se ha determinado un menor contenido de lípidos en el organismo al aumentar los niveles de inclusión de soya en la dieta (Elangovan y Shim, 2000; Tantikitti *et al.*, 2005), esta disminución en la capacidad de absorber lípidos se le atribuye a algunos componentes antinutricionales presentes en la soya como inhibidores de tripsina, ácido fítico y componentes solubles en alcohol, que disminuyen la capacidad de absorción de lípidos del organismo (Rackis, 1965), a esto podría atribuirse los *hígados* más magros en los organismos alimentados con las dietas con mayor inclusión de soya. En el estudio realizado por Agundez Amador (2006) con alevines de corvina blanca alimentados con dietas que incluyeron solo harina de pescado como fuente principal de proteína, obtuvo resultados menores en el contenido de lípidos en el *hígado* comparados con los juveniles alimentados con T0 y T10 del presente estudio, y, comparables a los encontrados en las dietas con soya (T15, T20, T25), esto puede deberse probablemente a la edad de los organismos, Jobling (1994) menciona que los peces tienden a depositar mayores cantidades de grasa conforme crecen; aumentando el porcentaje de lípidos

depositado en los peces mayores que en los peces pequeños de rápido crecimiento.

Los valores del *IHS* mas altos fueron para las corvinas alimentadas con los tratamientos T0, T10 y T15; debido a que el tamaño del hígado esta asociado tanto a la cantidad como al balance de los nutrientes en la dieta (Storebakken y Austreng, 1987), así como, con el contenido de lípidos y humedad en el órgano (Serrano et al, 1992, 1992); en el presente estudio se observó que los hígados más grasos presentaron los mayores *IHS*. El inbalance de nutrientes en la harina de soya posiblemente provoca una disminución del contenido de lípidos en el *hígado* de las corvinas alimentadas con una mayor cantidad de soya. Royce (1996), menciona que una degeneración lipídica del *hígado* se debe a la sobrealimentación de dietas no balanceadas. En un estudio similar, Peres *et al.* (2003) observaron que el bagre de canal mostró bajos *IHS* en los organismos alimentados con soya comercial, observando un aumento a su vez, del contenido proteico en el pez completo. Esta tendencia fue evidente en este experimento en el que se observo que los organismos tratados con T20 y T25 tenían valores bajos de *IHS*. Cabe mencionar que esto a su vez, concuerda con lo observado en animales terrestres, en los cuales se ha encontrado un peso en músculo y un contenido de proteína del organismo completo significativamente reducido mientras que el peso relativo del *hígado* significativamente se incremento cuando fueron alimentados con harina de soya (Castell y Cliplef, 1988, en: Peres *et al.*, 2003).

- **Parámetros de crecimiento**

Los organismos alimentados con la dieta T0 y T10 mostraron el mejor crecimiento, la mejor ECA y REP, además, de una sobrevivencia del 100%. Al final del ensayo de alimentación el porcentaje de inclusión mostró un efecto significativo en la ECA y la REP, siendo significativamente menor en los peces alimentados con las dietas con mayor inclusión de soya (T15, T20 y T25). El contenido de lípidos en las dietas no afectó la ECA, esto es comparable con resultados obtenidos en un estudio realizado con alevines de corvina blanca, donde la ECA más alta fue de 1.0 y la REP de 1.7 tanto para las dietas con un contenido de lípidos de 15.5% como la de 18% (López *et al.*, 2006).

En peces como salmón del Atlántico alimentados con inclusiones de proteína cruda de soya mayores al 15% muestran resultados comparables al presente estudio con una disminución tanto en la ECA y la REP como en la TCE, disminuyendo significativamente el crecimiento casi en un 30% (Refstie *et al.*, 1998). Un patrón similar de disminución reporta Arndt *et al.* (1999) en salmón coho alimentado con dietas que contenían 15% de proteína cruda proveniente de soya desgrasada tratada con calor. Boonyaratpalin *et al.* (1998) y Tantikitti *et al.* (2005) observaron la misma tendencia en corvina asiática mencionando

que esto se deba probablemente a una baja palatabilidad, así como, a un inbalance de aminoácidos (AA).

Generalmente en peces carnívoros, cuando los niveles de inclusión de soya aumentan, hay una tendencia a disminuir el consumo debido a la palatabilidad (Tacon, 1990; Hajen *et al.*, 1993; Arndt *et al.*, 1999; Tantikitti *et al.*, 2005). Sin embargo, no se observó una diferencia significativa en el consumo diario promedio entre los tratamientos. Probablemente, la presencia de atractantes como lo es la harina de krill y el ensilaje de atún, presentes en la misma proporción en todas las dietas, ayudo a que existiera una buena palatabilidad. Arndt *et al.* (1999) reporta que el añadir 5% de krill favorece la palatabilidad de las dietas con 25% de inclusión de soya en el salmón coho.

Es posible que un inbalance de AA provocara una disminución en los parámetros de crecimiento en los organismos alimentados con las dietas arriba del 15% de inclusión de proteína cruda proveniente de la harina de soya. Aunque la soya tiene un buen perfil de AA, el aporte de metionina y lisina son limitadas, además, de que existe la presencia endógena de inhibidores de tripsina (IT) (Liener, 1980; Tacon, 1994; Lovell, 1998), se ha reportado que los IT causan disminución en el crecimiento, reducen la eficiencia de conversión alimenticia, la REP y la sobrevivencia (Balogum y Ologhobo, 1989; Huisman *et al.*, 1989; Lim y Dominy, 1989). Es por esto que existe la posibilidad, de que la

disminución en la TC, TCE, ECA y REP observada en los tratamientos que incluían mas de un 15% de soya, se deba a un inadecuado balance de AA y presencia de inhibidores de tripsina. Estos inhibidores pueden ser destruidos mediante el tratamiento con calor (Grant, 1989), en este trabajo se trato la soya con calor hasta su gelatinización con temperaturas cercanas a 100°C, pero el tratamiento no fue comparable a los realizados en otros estudios, Peres *et al.* (2003) encontró una disminución adecuada de los niveles de tripsina (1.1 mg g⁻¹) al calentar por 40 minutos en autoclave a 130°C y 22 psi. Es posible que un adecuado tratamiento con calor y quizás la suplementación adicional de AA podría dar mejores resultados en dietas con una inclusión de proteína cruda mayor al 10% a partir de harina de soya. Se ha demostrado que la incorporación de soya tratada con calor en las dietas del bagre de canal, la carpa y el salmón coho mejoro, tanto, el crecimiento como el consumo (Wilson y Poe, 1985; Viola *et al.*, 1983; Arndt *et al.*, 1993).

- **Digestibilidad de las dietas.**

La calidad proteica de los ingredientes es el principal factor que afecta la actividad de un pez, siendo la digestibilidad de la proteína la primer medida de la biodisposición para el organismo (Halver y Hardy, 2002). En general se observo la mejor digestibilidad en los organismos alimentados con el tratamiento T10 (Tabla 3).

El CDA de proteína fue mayor en T0 y T10 con un coeficiente del 94% y significativamente menor en los organismos alimentados con la mayor inclusión de soya. El efecto adverso de la incorporación a la dieta de productos de soya, ha sido atribuido principalmente a los complejos insolubles formados por los inhibidores de tripsina (Rajko y Szabo, 1997; Arndt *et al.*, 1999; Peres *et al.*, 2003), que afectan al páncreas disminuyendo su función para absorber tanto proteína como lípidos (Van den Ingh *et al.*, 1991). Sin embargo, el ácido fítico a demostrado ser también una limitante en la digestibilidad de la proteína cuando hay presencia de harina de soya (Arndt *et al.*, 1999). Aunque los inhibidores de tripsina han sido exitosamente disminuidos con tratamiento con calor (Arndt *et al.*, 1993; Peres *et al.* 2003) los niveles de ácido fítico permanecen igual independientemente del tratamiento de calor (Arndt *et al.*, 1993) dado a que el 70% de el fósforo presente en la soya esta en forma de fitato siendo su biodisposición para el pez limitada, y por consiguiente, disminuyendo la digestibilidad de la proteína y su biodisposición de minerales (NRC, 1993). Un estudio con trucha arcoiris en la cual se elaboraron dietas con la adición de un nivel de 0.5% de fitato muestran una reducción en crecimiento y su biodisposición de minerales (NRC, 1993). Elangovan y Shim (2000) observaron una disminución en el contenido de cenizas en el organismo completo conforme aumentaron los niveles de inclusión de soya en 27%, 37% y 52% en las dietas, atribuyéndoselo al aumento de los niveles de ácido fítico. En el presente estudio no se presentó esta tendencia, tanto en pez completo como en el hígado los niveles de cenizas aumentaron conforme los tratamientos

incluían una mayor proporción de soya, mientras que en el músculo se mantenían constantes, indicando que probablemente la corvina blanca no fue afectada por los niveles de fitato por lo menos hasta en un 25% de inclusión de soya.

Los organismos alimentados con las dietas al 10% de soya presentaron los mayores CDA de materia seca con un 76% y un CDA de lípidos del 86%. No se determinaron diferencias significativas en la digestibilidad de materia seca tanto en el tratamiento control como en T15 y T25, se observó una disminución en la CDA de lípidos en el tratamiento control sin diferencias significativas con T20 y T25. Se ha reportado una disminución en la digestibilidad en lípidos al aumentar los niveles de inclusión de soya en el salmón del atlántico (Oli *et al.*, 1995, 2000; Refstie *et al.*, 1998), en el salmón coho y *B. altus* (Arndt *et al.*, 1999; Elangovan y Shim, 2000; Refstie *et al.*, 1998) esta disminución en la CDA se ha asociado a componentes solubles en alcohol que disminuyen la digestibilidad de lípidos en especial los ácidos grasos saturados y monosaturados. Esto podría asociarse con la disminución del contenido de lípidos en los tratamientos T15, T20 y T25. Además, los polisacáridos como la celulosa no son digeridos ni absorbidos por animales monogástricos (Lim y Akiyama, 1991), afectando negativamente la digestión de nutrientes (Refstie *et al.*, 1998), los peces no son la excepción, mientras que la digestibilidad de los carbohidratos de los peces herbívoros no representa un problema, los peces carnívoros, en particular los salmónidos, son menos capaces de beneficiarse de

los carbohidratos (Dabrowski y Guderley, 2000). En orden de mantener los niveles de las dietas isoenergéticas, la composición de la dieta control (Tabla 1) incluyó 2.5% más celulosa que la dieta T10 con un total de 8.6% de celulosa en la dieta T0, afectando quizás los CDA en los organismos. En el salmón del Atlántico, se observó una tendencia a disminuir el CDA al incluir dietas con más del 8% de celulosa (Webster y Lim, 2002).

VI.- CONCLUSIONES

1. La composición corporal de los juveniles de corvina blanca mostró diferencias significativas debido a la incorporación de harina de soya desgrasada en la dieta.
2. El IHS fue mayor en los organismos alimentados con las dietas T0, T10 y T15.
3. No se observaron diferencias en el consumo ni en la sobrevivencia entre tratamientos.
4. Es posible alimentar a corvina blanca con una inclusión de proteína cruda de hasta el 10% proveniente de harina de soya sin afectar su crecimiento, ECA y REP.
5. La inclusión de proteína cruda del 10% proveniente de harina de soya en dietas para juveniles de corvina blanca mostró un buen CDA.

VII.- REFERENCIAS

- Agundez Amador A. 2006. Efectos del nivel de proteína en el crecimiento y composición de corvina blanca bajo condiciones de cultivo". *Tesis de maestría*. UABC-FCM. Ensenada, B.C., México. Trabajo en proceso.
- Anderson J.S., Lall S.P., Anderson D.M., Chandrasoma J. 1992. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. *Aquaculture* 108: 111-124 p.
- Arndt R. E., Hardy R. W., Sugiura S. H., Dong F. M. 1999. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture* 180: 129-145
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC. 16th edition. Arlington, VA.
- Balogum, A.M., Ologhobo, A.D., 1989. Growth performance and nutrient utilization of fingerlinf *Clarias gariepinus* (Burchell) ged raw and cooked soybean diets. *Aquaculture* 76: 119-126
- Boonyaratpalin M., Suraneiranat P., Tunpibal T. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 161: 67-78
- Bureau D. P., Sadasivam J. K., Young C. 2002. Bioenergetics. In: Halver J. E., Hardy R. W. (Eds.). *Fish nutrition*. Academic press, USA.
- Cruz-Hernández, A. C., Durazo, E., López, L.M., Viana, M.T., Lazo, J.P., Conal, D.T., Drawbridger, M. 2006. Determinación del requerimiento proteico de juveniles de curvina blanca (*Atractoscion nobilis*) mediante dietas formuladas. *Memorias XIV Congreso Nacional de Oceanografía*, Manzanillo, Colima, 15-19 mayo de 2006.

- De Silva S.S., Anderson R. 1995. Fish nutrition in aquaculture. Chapman and Hall Editors. UK.
- Dabrowski K., Guderley H. 2002. Intermediary Metabolism. In: J. E., Hardy R. W. (Eds.). Fish nutrition. Academic press, USA.
- Elangovan A., Shim K. F. 2000. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*). Aquaculture 189: 133-144
- Eusebio P.S., Coloso R.M., Mamauag R. E. 2004. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for juvenile grouper, *Epinephelus coioides* (Hamilton). Aquaculture research 35: 1261-1269.
- FAO. Anuario. Estadísticas de pesca-capturas. 2002. Vol. 94/1 Colección FAO: Pesca N° 66. Colección FAO: Estadísticas N° 180. Roma, 2004
- Glencross B. D., Carter C. G., Duijster N., Evans D. R., Dods K., McCafferty P., Hawkins W. E., Maas R., Sipsas S. 2004. A comparison of the digestibility of a range of lupin and soybean protein products when fed to either Atlantic salmon (*Salmo salar*) or rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 237: 333-346
- Grant G. 1989. Anti-nutritional effects of soybean: a review. Prog. Food Nutr. Sci. 13: 317-348
- Hajen W. E., Higgs, D. A., Beames R. M., Dosanjh B. S. 1993. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water: 2. Measurement of digestibility. Aquaculture 112: 333-348
- Halver J. E., Hardy R. W. 2002. Nutrient flow and retention. In: J. E., Hardy R. W. (Eds.). Fish nutrition. Academic press, USA.

- Hardy R. W., Barrows F. T. 2002. Diet formulation and manufacture. In: Halver J. E., Hardy R. W. (Eds.). Fish nutrition. Academic press, USA.
- Hertramp J., Piedad-Pascual F. 2000. Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academic Publisher. USA.
- Huisman, J., Van der Poel, T.F.B., Liener, I.E. 1989. Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds. Pudoc, Wageningen, pp. 99-102
- Jobling M. 1994. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall. Gran Bretaña. 307pp.
- Kaushik S.J., Coves D., Dutto G., Blanc D. 2004. Almost total replacement of fish meal by plant proteins sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture 230: 391-404
- Liener I.E. 1980. Toxic Constituents of Plant Feedstuffs. Second edition. Academic press, New York.
- López L., 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
- Lim C., Akiyama D.M. 1991. Full fat soybean utilization by fish. In: Akiyama D.M., Tan R.K.H. (Eds.). Proc. Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia, pp. 188-198.
- Lim C., Dominy W. 1989. Utilization of plant protein by warm water fish. In: Applewhite, T,H, (Ed.), Pros. World Congress on Vegetable protein utilization in human foods and animal feed stuffs. AOCS Press, Champaign, IL, pp.241-251
- Love R.M. 1970. The chemical biology of fishes. Academic press.pp. 545
- Lovell T. 1998. Nutrition and feeding of fish. Second edition. Kluwer academic publishers. USA.
- Lovell T. 2002. Diet and fish husbandry. In: Halver J.E., Hardy R.W. (Eds) Fish nutrition. Academic press, USA.

- National Research Council. 1993. Nutrient requirements of fish. National Academic Press, Washington D.C. 115pp.
- Olli J.J. Krogdhl A., Vabeno A. 1995. Dehulled solvent extracted soybean meal as a protein source in diets for. L. Aquac. Res. 26: 167-174
- Peres H., Lim C., Klesius P. H. 2003. Nutritional value of heat-treated soybean meal for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 225: 67-82
- Rajko R., Szabo G. 1997. Designing experiments for reducing antinutritive agents in soybean by microwave energy. J. Agric. Food Chem. 45 3565-3569
- Recursos Mundiales 1992-1993. 1992. Instituto de recursos mundiales. México. pp 435.
- Rackis J.J. 1965. Physiological properties of soybean trypsin inhibitors and their relationships to pancreatic hypertrophy and growth inhibition of rats. Fed. Proc. 24: 1488-1493
- Refstie S., Storebakken T., Roem A. J. 1998. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectin and soya antigens. Aquaculture 162: 301-302
- Roberts R.J. 2000. Nutritional pathology. In: Halver J.E., Hardy R.W. (Eds.). Fish nutrition. Academic press, USA.
- Royce W.F. 1996. Introduction to the practice of fishery science. Academic press.
- Ruiz D. 1985. Recursos pesqueros de las costas de México. 2^{da} edición. Limusa. México. 208pp.

- Sanders K., Ervik A. 1999. Industrial marine fish farming. In: Svenneving N., Reinerstsen H. (Eds.). Sustainable aquaculture. New M. Holanda.
- Serrano J.A., Nematipour G.R. y Gatlin D.M. III. 1992. Dietary protein requirement of the red drum and relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture*. 101: 283-291
- Shearer K.D. 2001. Role of adiposity in food intake control of juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Com. Biochem. Physiol.* 118A:1209-1215.
- Storebakken T., Refstie S., Ruyter B. 2000. Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. In: Drakley J. K. (Ed.). Soy in animal nutrition. Federation of animal Science Societies. USA.
- Storebakken T., Aunstreng E. 1987. Binders in fish feeds: II. Effects of different alginates on digestibility of macronutrients in rainbow trout. *Aquaculture* 60: 121-131.
- Tacon A. G. J. 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. The Essential Nutrients, vol. 1. Argent Laboratories Press, Wahington.
- Tacon A. G. J. 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species: alternatives to fish meal and other dietary resources. *FAO Fish. Circ.* 881: 35
- Tantikitti C., Sangpong W., Chiavareesajja S. 2005. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorous excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture* 248: 41-50
- Tejada I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Secretaría de Educación Pública. México, D.F. 397pp.
- Torres C. A. L. 2005. Respuesta de juveniles de corvina blanca *Atractoscion nobilis* a diferentes concentraciones de lípidos en la dieta. *Tesis de maestría*, UABC-FCM. Ensenada, B.C., México. 84pp.

- Van den Ingh T.S.G.A.M., Krogdhal A., Olli J.J., Hendriks H.G.C.J.M., Konikx J.G. 1991. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*): a morphological study. *Aquaculture* 94: 297-395
- Viola S., Mokady S., Arieli Y. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 32: 27-38
- Webster C.D. y Lim C.E. 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish of aquaculture. CABI publishers.
- Wise J. P. 1984. The Future of food from the sea. In: Simon J., Kahn H. (Eds.). *The resourceful earth*. Blackwell. USA.
- Wilson R. P. 2002. Amino acids and proteins. In: Halver J.E., Hardy R.W. (Eds.). *Fish nutrition*. Academic press, USA.
- Wilson P., Poe W. E. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerlings channel catfish. *Aquaculture* 46: 19-25.