

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS

**“RESPUESTA DE JUVENILES DE CORVINA BLANCA
Atractoscion nobilis A DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE LÍPIDOS EN LA DIETA”**



T E S I S

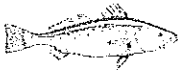
Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
OCEANOGRAFÍA COSTERA**

Presenta

Ana Luisa Torres Cobián

Ensenada, Baja California, Febrero de 2005.



**“RESPUESTA DE JUVENILES DE CORVINA BLANCA *Atractoscion nobilis*
A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LÍPIDOS EN LA DIETA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN OCEANOGRAFÍA COSTERA
PRESENTA:

ANA LUISA TORRES COBIÁN

APROBADA POR:

Dra. Lus Mercedes López Acuña

SINODAL PROPIETARIO
Dr. Eduardo Durazo Beltrán

SINODAL PROPIETARIO
Dra. María Teresa Viana Castrillón



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California, por abrirme sus puertas, por que en sus aulas crecí no solo profesionalmente, sino también madure como persona, y conocí al amor de mi vida.

A la Facultad de Ciencias Marinas y al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por permitir el uso de sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación.

A CONACYT, por la beca otorgada durante mis estudios de Maestría, con número de registro 171062, proyecto No. 139162-B.

A la Dra. Lus Mercedes López Acuña, por haberme ayudado en la realización de este trabajo de tesis. Por su amistad, consejos, su tiempo y sus enseñanzas.

A mis sinodales, Dr. Eduardo Durazo Beltrán y Dra. Ma. Teresa Viana, por su tiempo y sus importantes contribuciones para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Dr. Conal D. True por abrirme las puertas de su laboratorio, por que siempre estuvo al pendiente de mis adelantos. Gracias por las correcciones a los resúmenes escritos en inglés.

Al Dr. Mark Drawbridge y a todo el equipo de trabajo del Instituto Hubbs Sea World Research, en especial a Gabriela Encinos, por abrirme las puertas de su centro de investigación. Sin su ayuda no se hubiera podido realizar este trabajo.

A la planta de maestros de la Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera, por impartirme sus conocimientos y experiencias.



A mis compañeros de generación, por todos los momentos que compartimos juntos dentro y fuera del aula. Ánimo y adelante.

Al equipo de trabajo del laboratorio de bioquímica y fisiología animal del IIO, Marco, Alejandra, Yessica y Gabriel. Por aguantarme y por tomarse el tiempo de enseñarme. Gracias por que en ocasiones su compañía hizo amenas las largas horas de trabajo.

A mis compañeros de la UBP Gerardo y Lalo (te extrañamos!!), a los tesisistas y becarios, Alejandra, Ana, y en especial a Juan José por su apoyo incondicional, y por haberme ayudado a sacar este trabajo. Muchas gracias Juan José!!

A Sergio, por sus acertados comentarios, por revisarme la ortografía y por cuidar cada detalle de las exposiciones, no solo de la tesis, sino durante toda la maestría. Gracias por tu amor y por tu apoyo. Gracias por que todavía estas dispuesto a pasar el resto de tu vida con esta loca.

Al resto de mi familia (mamá María y mamá Anita), por su apoyo incondicional de toda la vida, por siempre estar ahí, aunque no lo merezca. Por sus desvelos, sus preocupaciones y sus consejos. Perdón por el tiempo que perdí de ustedes al estar enfrascada en este trabajo. Valió la pena.

A mis grandes amigos: Maestra Olivia, Aimee y Jorge, Gerardo (Bon!!), Vicky, Wendy, Valeria, Habib y Elia, Sergio y Judith Mata. A las personas que son mi ejemplo a seguir: Dra. Edna, Familias Flores (a todos, pero en especial a mi nina Esther!!), Barocio (todos), Álvarez-Robles, Garzón-Carballo y Gerardo-Mendivil. Sé que siempre puedo descansar en ustedes. Los quiero.

Gracias sobre todo a Dios, por darme la vida y a las personas e instituciones mencionadas arriba. Gracias por la oportunidad de descubrir lo maravilloso y perfecto de su creación. Por su Espíritu Santo, fuente de Ciencia y Sabiduría.



DEDICATORIA

A papá Manuel

Más que tus genes llevo tu ejemplo y vida en mi corazón.
Nos veremos al final del arcoiris.

Con cariño.

Tu hija.

A Sor Paulina

Formadora incansable de personas de bien.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

RESUMEN

**“RESPUESTA DE JUVENILES DE CORVINA BLANCA *Atractoscion nobilis* A
DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LÍPIDOS EN LA DIETA”**

Maestro en Ciencias

Ana Luisa Torres Cobián

Para evaluar el efecto de del contenido de lípidos de la dieta sobre el crecimiento, consumo, eficiencia alimenticia y composición corporal de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) se desarrolló un diseño experimental aleatorio a escala de laboratorio durante 40 días. Se utilizaron juveniles obtenidos a partir de desoves en cautiverio. Se evaluaron dietas isoprotéicas, formuladas con 16, 18, 20, 22 y 24% de lípidos crudos. El tratamiento D24 fue eliminado del experimento por presentar una mortandad de más del 50% en la primera semana de experimentación. En el resto de las dietas la sobrevivencia fue superior al 90%. Los juveniles alimentados con las dietas D16 y D18 consumieron 50% más alimento que el resto de los tratamientos, y, por ende, alcanzaron los mayores crecimientos. Sin embargo, los índices nutricionales evaluados (conversión alimenticia y eficiencia proteica) fueron mejores para aquellos organismos alimentados con las dietas D20 y D22. El análisis bioquímico de la porción muscular y hepática evidenció que el músculo se mantuvo magro sin importar la cantidad de lípidos consumidos, mientras que la cantidad de lípidos en hígado y el índice hepatosomático variaron en proporción al contenido de este nutriente en el alimento.



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Corvina blanca	3
1.2 Alimentos balanceados.....	3
1.3 Proteína y energía	4
1.4 Lípidos.....	7
2. ANTECEDENTES	9
3. OBJETIVOS	12
3.1 General.....	12
3.2 Específicos.....	12
4. METODOLOGÍA	13
4.1 Elaboración de dietas.....	13
4.2 Condiciones de cultivo.....	15
4.3 Muestreos y toma de datos.....	17
4.4 Estabilidad y digestibilidad del alimento.....	18
4.5 Crecimiento y sobrevivencia.....	20
4.6 Consumo, eficiencia alimenticia y eficiencia proteica.....	21
4.7 Análisis químico proximal y contenido calórico.....	23
4.8 Índice hepatosomático.....	24
4.9 Análisis estadístico.....	24
5. RESULTADOS	26
5.1 Estabilidad del alimento.....	26
5.2 Sobrevivencia.....	26
5.3 Digestibilidad.....	30
5.4 Crecimiento en longitud.....	31
5.5 Crecimiento en peso.....	32
5.6 Factor de condición.....	33
5.7 Consumo.....	34
5.8 Composición corporal.....	37
5.9 Índice hepatosomático.....	41
5.10 Eficiencia alimenticia y eficiencia proteica.....	42
5.11 Determinación del crecimiento y requerimientos nutricionales.....	43



6. DISCUSIONES	46
6.1 Estabilidad y digestibilidad del alimento.....	46
6.2 Supervivencia.....	49
6.3 Consumo.....	52
6.4 Crecimiento, eficiencia alimenticia y eficiencia proteica.....	54
6.5 Composición corporal.....	59
6.6 Índice hepatosomático y apariencia del hígado.....	60
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES	64
9. BIBLIOGRAFÍA	65



LISTA DE CUADROS

- Cuadro I.** Formulación de cinco dietas experimentales para juveniles de *A. nobilis* según su clave de identificación.....13
- Cuadro II.** Análisis químico proximal de las cinco dietas experimentales y el alimento comercial (DC) para juveniles de *A. nobilis*.....14
- Cuadro III.** Valores biológicos y características del alimento ingerido por juveniles de corvina blanca (*A. nobilis*) alimentados con diferentes concentraciones de lípidos y un alimento comercial (DC) por 40 días.....29
- Cuadro IV.** Regresión de los nutrientes de la dieta (lípidos, proteína, g 100 g⁻¹ y energía, kcal kg⁻¹) sobre la variación del consumo en el día 40 (C₂) por juveniles de *A. nobilis*, según el coeficiente de determinación (R²).....37
- Cuadro V.** Composición proximal y contenido energético de la porción muscular y del hígado, en base seca, de juveniles de *A. nobilis* alimentados con diferentes concentraciones de lípidos y una dieta comercial (DC) durante 40 días.....40



LISTA DE FOTOS Y FIGURAS

- Foto 1.** Pez devorando a otro, encontrado a los 9 días de experimentación en una de las réplicas de la dieta D24.....27
- Foto 2.** Segunda medición a los 18 días de experimentación. Tratamiento D24.....27
- Foto 3.** Diferencia de color presentada por los hígados de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados durante 40 días con la dieta experimental D16 (a) y una dieta comercial DC (b).....42
- Figura 1.** Representación esquemática de un adulto de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).....2
- Figura 2.** Representación esquemática del sistema experimental utilizado..... 16
- Figura 3.** Metodología utilizada para medir el consumo de juveniles de *A. nobilis*.....18
- Figura 4.** Relación entre el consumo ($\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y crecimiento diario (g) de juveniles de *A. nobilis* alimentados con las diferentes dietas experimentales y un alimento comercial (DC) por 40 días.....36
- Figura 5.** Regresión polinomial de segundo orden para la relación lípidos digestibles consumidos ($\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y crecimiento (g).....45



ANEXOS

Anexo 1 Periodos experimentales	72
Anexo 2 Resultados por periodo experimental	73
Anexo 3 Regresiones lineales	76
Anexo 4 Relación peso – longitud	82
Anexo 5 Relación consumo – crecimiento	84



1. INTRODUCCIÓN

1.1 CORVINA BLANCA

Corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) es un pez marino que habita en las costas del Pacífico de Baja California, con la siguiente clasificación taxonómica:

Orden:	Perciforme
Suborden:	Percoidei
Familia:	Sciaenidae
Género:	<i>Atractoscion</i>
Especie:	<i>nobilis</i>

El orden Perciforme (peces en forma de perca) es el más grande que se conoce, con 7500 especies identificadas. El suborden Percoidei incluye, además de los Scianidos, a las familias Serranidae (corvinas y percas) Percidae (percas), Sparidae (doradas), Carangidae (pámpanos y jurel) y Centropomidae (barramundis).

De acuerdo a la descripción de Love (1996), corvina blanca se caracteriza por su cuerpo fusiforme, alargado y ligeramente comprimido. Es de color azul metálico, con los costados más oscuros y el vientre plateado. La base de su aleta dorsal es larga, en realidad formada por dos aletas ligeramente unidas por una membrana. La aleta caudal es ligeramente cóncava. A lo largo de su cuerpo



presenta pequeñas escamas, y una mancha en la base interna de su aleta pectoral. La línea lateral se extiende hasta la base de la aleta caudal (Figura 1).



Figura 1. Representación esquemática de un adulto de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*).

Corvina blanca es uno de miembros más grandes de su familia, alcanzando tallas de hasta 1.5 m. y 38 kg de peso. Su distribución va desde Alaska hasta Bahía Magdalena, en Baja California. En México se encuentra a lo largo de la costa del pacífico de Baja California y en el Mar de Cortés (Vojkovich y Reed, 1983).

De manera natural, corvina se alimenta de calamares, anchovetas, sardinas, cangrejos pelágicos y pequeños peces. Donohoe (1997) analizó el contenido estomacal de juveniles de corvina blanca. Las presas predominantes fueron mysidos y crustáceos, además de anfípodos, cangrejos y peces. Observó a su vez evidencia de canibalismo.



Desde principios del siglo XX corvina blanca ha presentado un alto interés en la pesca deportiva y comercial (Vojkovich y Reed, 1983). Esto ha ocasionado que sus poblaciones naturales se encuentren sobreexplotadas (Drawbridge, 1999). Ante tal problemática se ha recurrido a la acuicultura como medio de mitigación ambiental. A la fecha se cuenta con la biotecnología de su cultivo. En la actualidad el centro de investigaciones Hubbs de Sea World en San Diego, California, cultiva a esta especie con fines de repoblamiento. Sin embargo, los organismos en cautiverio son alimentados con dietas comerciales que no han logrado optimizar el desarrollo de la especie.

1.2 ALIMENTOS BALANCEADOS

Una buena parte del éxito del cultivo de peces depende de una adecuada nutrición que permita el crecimiento normal de los organismos (Jobling, 1994; Lovell, 1988; Sealey y Gatlin, 1999). Las dietas balanceadas deben contener todos los nutrientes requeridos en cantidades adecuadas para lograr el máximo crecimiento de la especie, con un mínimo de desperdicio, reduciendo el impacto al ambiente (Lovell, 1988).

Los requerimientos nutricionales a considerar para la elaboración de alimentos balanceados son: proteínas, minerales, vitaminas, factores de



crecimiento y fuentes de energía. Lovell (1988) menciona que, a diferencia de los animales terrestres, los peces:

- ◆ Requieren menos energía que los animales de sangre caliente.
- ◆ No pueden sintetizar ácidos grasos $n - 3$, por lo que son esenciales en la dieta.
- ◆ Deben ingerir cantidades suficientes de ácido ascórbico, ya que tienen limitada habilidad para sintetizarlo.

La diversidad de peces incluye especies de agua cálida, templada y fría; marinos y de agua dulce; carnívoros, herbívoros y omnívoros; con todas las combinaciones posibles entre estos, cada uno adaptado ecofisiológicamente a las condiciones imperantes del medio, y, por lo tanto, con diferentes necesidades nutricionales (Lovell, 1988). Por ser corvina blanca una especie carnívora que habita en aguas frías, se estima un requerimiento óptimo de proteína de hasta un 50% de la dieta, y entre 6 y 18% de lípidos como fuente energética (NRC, 1993).

1.3 PROTEÍNA Y ENERGÍA

La proteína es la base estructural para formar nuevo tejido (Jobling, 1994). El crecimiento de los organismos está determinado por la tasa de ingesta



de este nutriente (Jobling, 1994). Un incremento en el nivel de proteína en la dieta favorece el crecimiento de los peces carnívoros (Takeuchi *et al.*, 1991; Peres y Oliva-Teles, 1999; Santinha *et al.*, 1999; Thoman *et al.*, 1999; McGoogan y Gatlin 2000; Catacutan *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2002; Espinós *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 2003). Un exceso de este nutriente, aunado a cantidades insuficientes de fuentes energéticas no proteicas, puede ocasionar que la proteína sea catabolizada para obtener energía metabólica. Esto aumenta la cantidad de desechos nitrogenados y disminuye la calidad del agua del cultivo (De Silva y Anderson 1995).

Una manera de evitar que la proteína sea utilizada como energía metabólica es aumentar la cantidad de fuentes energéticas no proteicas en la dieta, disminuyendo proporcionalmente la cantidad de proteína. A lo anterior se le conoce como "economización proteica". En la elaboración de dietas balanceadas para peces, los lípidos son utilizados como fuente energética no proteica.

Los lípidos son las moléculas de mayor aporte energético, y, en comparación con los carbohidratos, son fácilmente metabolizados por peces carnívoros. Dietas altas en lípidos han dado resultados exitosos en peces



carnívoros como la dorada (*Sparua aurata*) (Vergara *et al.*, 1996), perca euroasiática (*Perca fluviatilis*) (Kestemont *et al.*, 2001), tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*) (McGoogan y Gatlin 1999), y corvinas de diferentes especies (Takeuchi *et al.*, 1991; Ballestrazzi *et al.*, 1994; Williams *et al.*, 2003).

Diversos autores han sugerido que la cantidad de alimento ingerido por los peces está regulada por los requerimientos energéticos del organismo (Page y Andrews, 1973; Santinha *et al.*, 1999; Lupatsch *et al.*, 2001; Peres y Oliva Teles, 2001; Lee *et al.*, 2002; Mathis *et al.*, 2003). Por lo tanto, se debe considerar el aporte energético total de la dieta al momento de aumentar la inclusión de lípidos. Un exceso de energía puede originar una reducción en el crecimiento, debido a una deficiencia en el consumo (Lovell, 1988).

El exceso de lípidos en la dieta puede tener otros efectos adversos. El más común es la acumulación de grasa en el cuerpo del pez, principalmente en la cavidad intraperitoneal y en hígado, produciendo lo que se conoce como peces grasos (De Silva y Anderson, 1995; Jobling *et al.*, 1998; Turano *et al.*, 2002; Sargent *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 2003).



1.4 LÍPIDOS

La palabra lípidos incluye a un grupo heterogéneo de biomoléculas orgánicas que son insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos. Al ser los nutrientes más ricos en energía, son fuente de ATP (Tacon, 1990; Sargent *et al.*, 2003). Son importantes en el crecimiento, salud y supervivencia de los peces, por que forman parte de la estructura de las membranas celulares y de hormonas esteroides, y actúan como cargadores biológicos para la absorción de vitaminas liposolubles (Tacon, 1990; Sargent *et al.*, 2003).

Peces alimentados con dietas deficientes en lípidos muestran una disminución en el crecimiento y supervivencia, alteraciones metabólicas y cambios en la composición bioquímica de los tejidos (Stoskopf, 1993; Sargent *et al.*, 2003).

Efectos adversos también han sido observados cuando se excede la inclusión de lípidos en el alimento. Un exceso de energía se ha asociado a bajas en el consumo y disminución en el crecimiento (Lovell, 1988; Espinós *et al.*, 2003). Además, se ha demostrado que dietas altas en lípidos pueden propiciar el desarrollo de hígados grasos en peces carnívoros (McGoogan y Gatlin, 2000).



Es importante determinar el suministro adecuado de este nutriente en la elaboración de dietas para acuicultura (Tacon, 1990; Jobling, 1994; Sargent *et al.*, 2003). Las concentraciones óptimas de lípidos para peces carnívoros se ha determinado entre 6 y 18% de la dieta (NRC, 1993; Boonyaratpalin, 1997). Sin embargo, diversos autores coinciden en que la cantidad y calidad de lípidos que se asocian a las mayores tasas de crecimiento y sobrevivencia en los peces son específicas (Williams y Robinson, 1988; Ellis y Reigh, 1991).

El propósito del presente estudio es evaluar los efectos de alimentar juveniles de *A. nobilis* con concentraciones de lípidos mayores al 15% en la dieta. Para esto se realizó un bioensayo de alimentación con 5 dietas balanceadas, formuladas con 16, 18, 20 y 24% de lípidos, además de una dieta comercial (DC), con 15%, como control. Los resultados se evaluaron con respecto al crecimiento, consumo, composición corporal, eficiencia alimenticia y eficiencia en el aprovechamiento de la proteína. La información obtenida permitirá el desarrollo de dietas formuladas más eficientes, con la posibilidad de facilitar el cultivo de corvina blanca.



2. ANTECEDENTES

Dietas altas en lípidos han demostrado propiciar un aumento en las tasas de crecimiento y mejorar la eficiencia alimenticia en peces carnívoros, aún con niveles de proteína inferiores al 50% del alimento (Sargent *et al.*, 2003).

Se ha logrado optimizar el desarrollo del pez roca (*Sebastes schlegelii*) aumentando la inclusión de lípidos de 7 a 14%. La conversión alimenticia (TCA) mejoró de 1.3 (7% de lípidos) a 1.1 (14% de lípidos) y la tasa de eficiencia proteica (TEP), de 1.53 a 1.73, respectivamente (Lee *et al.*, 2002). Sin embargo, los autores no observaron cambios en el factor de condición (K , 1.5). Por su parte, Takeuchi *et al.* (1991) obtuvieron el mayor crecimiento de la dorada roja (*Pagrus major*) cuando la alimentaron con 15% de lípidos. Santinha *et al.* (1999) encontraron que con mayores concentraciones de lípidos (15 y 21%) la TCE de la dorada (*Sparus aurata*, peso inicial: 42.5 g) se mantuvo sin cambios en 1.67% peso corporal día⁻¹, aunque se logró optimizar la dieta, ya que la TCA disminuyó de 1.40 a 1.28.

Dietas densas en nutrientes también han dado resultados positivos en otras especies carnívoras. Cuando la corvina asiática, *Lates calcarifer*, pez carnívoro de la familia Centropomidae, fue alimentada con 60.3% de proteína,



18% de lípidos, 5314 kcal kg⁻¹ y una relación Energía: Proteína (E:P) de 8.8 kcal g proteína⁻¹, se obtuvo una TCE de 2.27 % peso corporal día⁻¹ y TCA de 0.78 (Williams *et al.*, 2003). Catacutan y Coloso (1995) encontraron que la mejor dieta experimental para dicha especie (1.3 g de peso inicial) fue la formulada con una relación E:P de 7.8 kcal g proteína⁻¹, con 42.5% de proteína y 10% de lípidos. Por su parte, Peres y Oliva-Teles (2001) estimaron, por medio de análisis de regresión, que la corvina europea *Dicentrarchus labrax* (peso inicial: 50 g) requiere consumir 0.18 g de proteína digestible pez⁻¹ día⁻¹ y 1.52 kcal de energía digestible pez⁻¹ día⁻¹ para lograr su máximo crecimiento.

Diversos estudios se han realizado para encontrar la cantidad de lípidos que se asocian a los máximos de crecimiento y eficiencia alimenticia en especies de Scianidos. En el tambor rojo (*S. ocellatus*) se ha demostrado que el aumentar los lípidos de la dieta de 7 a 21% logra mejorar el crecimiento (Craig *et al.*, 1999), TCA (Thoman *et al.*, 1999; McGoogan y Gatlin, 2000) y TEP (McGoogan y Gatlin, 2000). McGoogan y Gatlin (2000) encontraron que la mejor TCA (1.1) y TEP (1.9) en alevines de esta especie (peso inicial: 3 g) se observaron al alimentarlos con 22% de lípidos. Para corvina blanca (*A. nobilis*), un experimento realizado en la UABC en colaboración con el Instituto de Investigaciones Hubbs de Sea World en California, demostró que la mejor tasa



de crecimiento se obtuvo con 18% de lípidos en la dieta (López *et al.*, en preparación). Existe la posibilidad que porcentajes superiores propicien mejores tasas de crecimiento y mejoren la eficiencia alimenticia en esta especie.



3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar el efecto de la concentración de lípidos en la dieta sobre el crecimiento, eficiencia alimenticia, eficiencia de conversión de proteína, consumo y composición corporal de juveniles de *Atractoscion nobilis*.

3.2 ESPECÍFICOS

- ◆ Evaluar el consumo, eficiencia de conversión alimenticia, razón de eficiencia de proteína, eficiencia de conversión de proteína, crecimiento y sobrevivencia de los organismos.

- ◆ Estimar la composición proximal y contenido calórico de dietas formuladas y porción muscular e hígado de juveniles de corvina blanca antes y después del experimento de alimentación.



4. METODOLOGÍA

4.1 ELABORACIÓN DE DIETAS

Para la elaboración de las dietas experimentales se utilizó harina de pescado preparada en el laboratorio y harina de krill comercial como fuente principal de proteína. La composición proximal de ambas fue determinada por triplicado. Con base en ella se formularon cinco dietas isoprotéicas, con variaciones proporcionales de lípidos crudos entre 16 y 24%. Las dietas fueron nombradas de acuerdo al porcentaje de lípidos. La formulación se describe en el Cuadro I.

Cuadro I. Formulación de cinco dietas experimentales para juveniles de *A.nobilis* según su clave de identificación.

INGREDIENTES (g 100 g ⁻¹)	DIETAS					
	D16	D18	D20	D22	D24	DC
Proteínas	61.5	61.4	61.2	61.8	61.1	50.0
Lípidos	15.5	17.9	19.5	21.5	24.0	15.1
Cenizas	7.5	7.4	6.4	6.1	5.8	10.8
E. L. de N.	15.5	13.3	12.9	10.6	9.1	24.1
Energía (kcal kg ⁻¹) ³	5571	5729	5866	5927	6055	5199

¹ Mezcla para corvina blanca. ² ICN diet fortification.



El contenido de carbohidratos, vitaminas, minerales, ligantes y antioxidantes se estableció de acuerdo a las recomendaciones sugeridas por National Research Council (1993). El contenido proximal, tanto de las dietas experimentales como de la dieta control (alimento comercial, DC) se muestra en el Cuadro II.

Cuadro II. Análisis químico proximal de las cinco dietas experimentales y el alimento comercial (DC) para juveniles de *A. nobilis*.

INGREDIENTES (g 100 g ⁻¹)	DIETAS				
	D16	D18	D20	D22	D24
Harina de Pescado	56.47	57.47	58.47	59.47	60.46
Harina de krill	16.76	13.95	11.14	8.33	5.52
Aceite de pescado	8.66	10.97	13.28	15.59	17.91
Lecitina	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Gelatina	5.00	5.75	6.50	7.25	8.00
Almidón	5.00	4.00	3.00	2.00	1.00
Minerales ¹	4.00	3.88	3.75	3.63	3.50
Vitaminas ²	3.00	2.88	2.75	2.63	2.50
Benzoato Na	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Butilhidroxitolueno α-tocoferol	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

E.L. de N. = Extracto Libre de Nitrógeno.



Todos los ingredientes señalados en el Cuadro I, excepto la gelatina y el almidón, se molieron hasta obtener una harina de tamaño de grano de 250 micras de diámetro, que se homogenizó en un procesador de alimentos (Hobart, Troy, OH) por 10 min. Subsecuentemente, se agregó agua caliente a la gelatina y al almidón, hasta obtener una masa homogénea, la cual se mezcló con los ingredientes secos. Al final se pasó toda la mezcla por un procesador de alimentos con salida a un extrusor de 3 y 5 mm de diámetro. Los pellets se secaron por 4 horas a 65 °C en un horno de convección. Las dietas se almacenaron en refrigeración (-4°C) hasta su uso.

4.2 CONDICIONES DE CULTIVO

Se obtuvieron 900 juveniles de *A. nobilis*, de 27 días de edad del Instituto Hubbs-Sea World Research, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente y distribuidas en 18 estanques experimentales de 58 l. Estos tuvieron un flujo de recambio de agua de mar filtrada de 1.46 l min⁻¹ a lo largo del experimento. Cada tratamiento de alimentación se evaluó por triplicado, donde el alimento comercial (DC) y las cinco dietas experimentales fueron designadas aleatoriamente a cada uno de los 18 estanques (Figura 2).

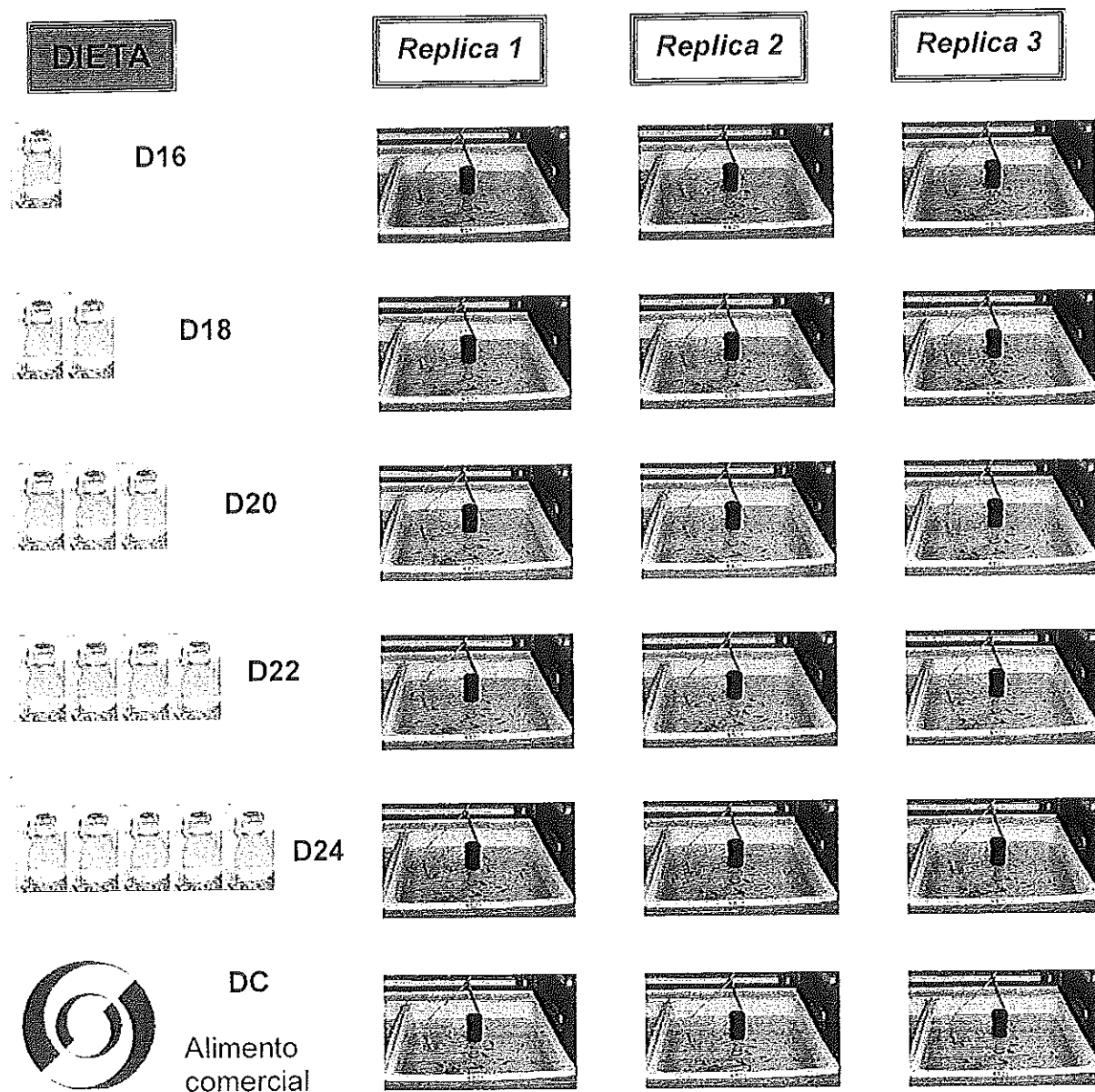


Figura 2. Representación esquemática del sistema experimental utilizado. L = lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$).



Previo al experimento, los peces fueron sometidos a 7 días de acondicionamiento. En este tiempo consumieron la dieta D16. En seguida se les cambió el alimento a las dietas experimentales designadas. El experimento duró 40 días. Los organismos fueron alimentados a saciedad 4 veces al día, con intervalos de 5 horas (0700, 1200, 1700, 2200). En la cuarta semana de experimentación se aplicó un tratamiento antiséptico (0.5 ml l^{-1}) a todos los estanques, para evitar posibles infecciones.

Durante todo lo experimento los estanques fueron sifoneados dos veces al día (entre el primer y segundo alimento, y entre el cuarto y quinto). Se mantuvieron estables los parámetros fisicoquímicos básicos como: temperatura (23° C), salinidad (33) y oxígeno disuelto (4 mg l^{-1}).

4.3 MUESTREOS Y TOMA DE DATOS

Se midieron (mm) y pesaron (g) los organismos los días 1, 18 y 40, con 20 individuos como mínimo de muestra por tratamiento ($n = 20$). Del día 21 al 28 y del 37 al 40 se midió el consumo y la digestibilidad. Para esto se pesó la cantidad exacta de alimento administrado en cada periodo de alimentación, recogiéndose al final del mismo el alimento no consumido. En el mismo periodo



se recolectaron las heces, por sifoneo directo del estanque, en un lapso no mayor de 30 minutos después de cada periodo de alimentación (Figura 3).

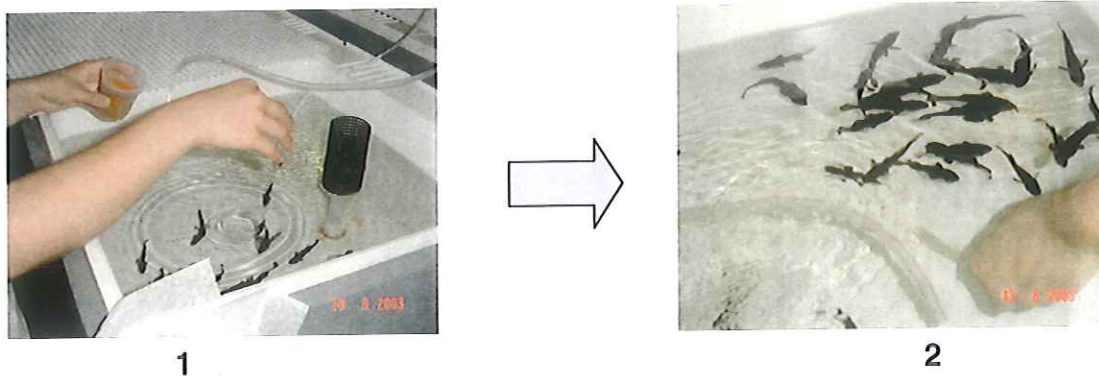


Figura 3. Metodología utilizada para medir el consumo de juveniles de *A. nobilis*. 1) Alimentación de los estanques. 2) Sifoneo de los pellets no consumidos.

Al principio del experimento (final del periodo de acondicionamiento) se colectaron 54 peces (3 por estanque), y al final del bioensayo (día 40), 20 juveniles por estanque fueron sacrificados para su posterior análisis bioquímico. Ambas muestras se mantuvieron a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su disección.

4.4 ESTABILIDAD Y DIGESTIBILIDAD DEL ALIMENTO

La estabilidad del alimento en agua se determinó sumergiendo un peso conocido de pellets por 8 minutos¹ en un estanque vacío. Enseguida se sifoneó

¹Tiempo máximo que pasó el alimento en los estanques durante la alimentación, antes de ser recogido por sifoneo.



el alimento y se secó a 60 °C hasta peso constante. El porcentaje de estabilidad se determinó obteniendo la diferencia en peso de la muestra de alimento antes y después de la inmersión (peso inicial – peso final / peso inicial x 100).

Para determinar la digestibilidad del alimento se usaron las heces colectadas por sifoneo en los dos tiempos señalados en el experimento. La técnica empleada fue la determinación de cenizas insolubles en ácido, descrita por Tejada (1992) y modificada por Montaña-Vargas *et al.* (2002). Esta consiste en calcinar las muestras a 450° C durante 12 h, después acidificarlas en 10 ml de HCl 2N para posteriormente filtrar la solución en filtros de fibra de vidrio GF/F previamente lavados, calcinados y pesados; enjuagándolos con agua caliente destilada para que queden libres de ácido. Los filtros con las muestras fueron calcinados nuevamente, para evaluarlos mediante diferencia de peso. El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) se calculó de acuerdo a lo reportado por Caballero *et al.* (2002) y Satpathy *et al.* (2003), mediante el uso de las siguientes ecuaciones:

CDA del alimento:

$$CDA = 100 - \left(\frac{I_{\text{alimento}}}{I_{\text{heces}}} \right) * 100$$



CDA de proteína, lípidos y energía:

$$\text{CDA} = 100 - \left[\left(\frac{N_{\text{heces}}}{N_{\text{alimento}}} \right) * \left(\frac{I_{\text{alimento}}}{I_{\text{heces}}} \right) \right] * 100$$

donde **N** es la cantidad del nutriente correspondiente (g) e **I** es la cantidad de cenizas ácido insolubles (g) en heces y alimento, respectivamente.

Con los CDA se calcularon la cantidad de proteína digestible (**PD**), lípidos digestibles (**LD**) y energía digestible (**ED**) de las dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) (Anexo 2.1).

4.5 CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA

Para obtener el crecimiento en longitud (mm) se midieron los peces individualmente ($n = 20$) utilizando una regla graduada. El peso se realizó por grupo, para minimizar el posible estrés y daño físico por manejo. Los datos de peso corporal por pez (g) se obtuvieron dividiendo el peso del grupo entre el número de organismos pesados. Se calculó la tasa de crecimiento en longitud (mm día^{-1}) para el primer y segundo periodo experimental, dividiendo el crecimiento observado entre el número de días transcurridos ($\text{longitud final} - \text{longitud inicial} / \text{días transcurridos}$). La tasa de crecimiento específico en peso (**TCE**) se calculó tomando en cuenta un crecimiento exponencial, con la fórmula de Lagler (1956):

$$\text{TCE} = \left[\frac{\ln \text{Peso}_f - \ln \text{Peso}_i}{T} \right] * 100$$



donde $Peso_f$ es el peso de los organismos al finalizar el experimento (g), $Peso_i$ es su peso individual al inicio del bioensayo (g) y T equivale al número de días que duró el cultivo.

Se calculó el factor de condición (K) como una medida de la robustez de los peces a los 18 y 40 días de experimentación, de acuerdo a la fórmula de Lagler (1956):

$$K = (\text{peso} / \text{longitud}^3) * 100.$$

Diariamente se registraron las muertes por estanque. El porcentaje de sobrevivencia resultó de dividir la cantidad de peces vivos al final del experimento en cada estanque, entre el número inicial de los mismo (peces vivos al final del experimento / cantidad de peces al inicio del experimento * 100).

4.6 CONSUMO, EFICIENCIA ALIMENTICIA Y EFICIENCIA PROTEICA

La cantidad de alimento consumido por día por pez se determinó en dos ocasiones en el experimento. (C_1 y C_2). C_1 y C_2 se definieron como el promedio diario de la materia seca administrada, menos el peso seco del alimento no consumido, por pez (alimento administrado - alimento no consumido / cantidad



de peces en el estanque / días de muestreo). El consumo diario promedio por pez (C_{promedio}) se calculó en base al promedio de C_1 y C_2 , ponderado por el número de días transcurridos entre los muestreos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_{\text{promedio}} = (C_1 * T_1 / C_2 * T_2) * T$$

donde T_1 y T_2 es el tiempo (días) transcurrido antes de realizar el muestreo de consumo respectivo y T es la duración del experimento (días).

El consumo en los peces no es constante, sino que varía alométricamente con el peso del cuerpo de acuerdo a la ecuación $C_i = aPC_i^b$, en la que C_i es el consumo al día i , a y b son constantes, siendo b es el exponente que relaciona el consumo con el peso (Jobling, 1994). Con base en lo anterior se sustituyeron los valores de C_1 y C_2 para obtener el valor de b y con ella modelar la cantidad de alimento consumido en cada día i del experimento. Además se calculó la cantidad de alimento consumido por gramo de pez (CP), a la mitad (CP_1) y al final del experimento (CP_2), así como el CP_{promedio} .

La Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) se calculó para cada tratamiento dividiendo el alimento consumido en base seca sobre el peso ganado por pez (C / peso ganado). La Tasa de Eficiencia de Proteína (TEP) se



obtuvo como la razón del peso húmedo ganado por gramo de proteína consumida (peso húmedo ganado / proteína consumida).

4.7 ANÁLISIS QUÍMICO PRÓXIMAL Y CONTENIDO CALÓRICO

Se analizó la composición química proximal de los alimentos, porción muscular, hígado y heces, la cual comprendió los contenidos de humedad, proteína cruda, lípidos totales, cenizas y extracto libre de nitrógeno (EL de N).

La proteína cruda se determinó cuantificando la cantidad de nitrógeno por el método Microkjeldhal, utilizando un factor de conversión de 6.25. La cantidad de lípidos totales se determinó por extracción con clorformo:metanol (2:1 v/v) según el método de Folch *et al.* (1957). La determinación de humedad se realizó mediante liofilizado hasta obtener peso constante, y las cenizas se estimaron por calcinación a 550 °C por 6 horas, de acuerdo a lo recomendado por la AOAC (1995).

El contenido calórico de las muestras liofilizadas de alimento, porción muscular e hígado de los peces se determinó por medio de una bomba calorimétrica PARR 1281, empleando ácido benzoico como estándar (26.434 kJ g⁻¹).



4.8 INDICE HEPATOSOMÁTICO

Se extrajeron los hígados de los peces muestreados, los cuales se pesaron en una balanza analítica para determinar el índice hepatosomático. Este parámetro es definido como la proporción del hígado con respecto al tamaño del organismo (peso de hígado / peso del pez).

4.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software MiniTab 13.1 para Windows. El diseño experimental del presente trabajo fue completamente al azar. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza de una vía (ANOVA). Las diferencias entre medias por tratamiento fueron determinadas mediante comparaciones múltiples de Tukey. Las diferencias significativas se establecieron con una probabilidad (α) de 0.05. Antes del análisis se aplicó la transformación arcoseno a los datos expresados en porcentajes (estabilidad del alimento en agua, CDA, TCE, sobrevivencia, IHS y composición bioquímica de las dietas, músculo e hígado) de acuerdo a lo recomendado por Sheskin (2000). La normalidad de los datos fue analizada mediante la prueba de Kolmogorov–Smirnov ($\alpha=0.05$) y la homogeneidad de varianzas se determinó a través de la prueba Levene ($\alpha =0.05$). En aquellos casos en que no se cumplieron los requerimientos del ANOVA (normalidad y



homogeneidad de varianzas), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (porcentaje de deformidades y CDA).

En los cuadros de resultados se muestran las medias de las réplicas ($n = 3$) \pm error estándar. Las diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha < 0.05$) se señalan bajo diferentes superíndices.

Para evaluar la influencia de los lípidos de la dieta en la respuestas bioquímicas o biológicas de los peces se realizaron análisis de regresión correspondientes ($\alpha = 0.05$). En todos los casos se muestra en los resultados la gráfica obtenida, con la ecuación de la recta, el valor de P y el coeficiente de correlación (r).



5. RESULTADOS

5.1 ESTABILIDAD DEL ALIMENTO

Los resultados de la pérdida de materia seca por lavado de las dietas se muestran en el Cuadro III.

El porcentaje de pérdida de la dieta DC ($13 \pm 1.6\%$) fue menor que el de las dietas experimentales ($P = 0.013$). Estas últimas no presentaron diferencias significativas ($P = 0.492$), con un promedio de pérdida de $25 \pm 1.2\%$ (Cuadro III).

5.2 SOBREVIVENCIA

Los organismos alimentados con las dietas D16, D18, D20, D22 y DC no presentaron diferencias estadísticas ($P = 0.382$) en sobrevivencia. La sobrevivencia de los juveniles alimentados con las dietas D16 y D18 fue de $97 \pm 3.2\%$, con D20 y DC de $94 \pm 3.7\%$ y $91 \pm 6.8\%$ para los peces que consumieron la dieta D22. Con el alimento D24 sobrevivieron $44 \pm 8.6\%$ de los peces (Cuadro III).

Los juveniles que recibieron la dieta D24 no aceptaron el alimento. La falta de consumo originó un porcentaje de mortalidad de 48% en la primera semana de experimentación (Cuadro III). En el mismo periodo se observaron



heces negras en las tres réplicas. A partir del día 9 se comprobó la presencia de canibalismo (Foto 1). Durante la segunda medición, a los 18 días, los estanques alimentados con la dieta D24 presentaron la mayor variabilidad en crecimiento en longitud (Foto 2). Por lo anterior, no fue posible hacer comparaciones de crecimiento, digestibilidad y eficiencia alimenticia con este tratamiento.

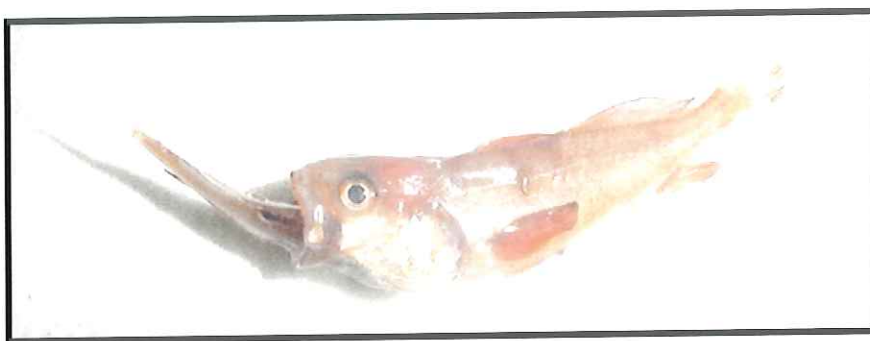


Foto 1. Pez devorando a otro, encontrado a los 9 días de experimentación en una de las réplicas de la dieta D24.



Foto 2. Segunda medición a los 18 días de experimentación. Tratamiento D24.



El resto de los tratamientos aceptaron bien el alimento y se adaptaron rápidamente al sistema experimental. Al final del experimento, las dietas D16 y D18 presentaron la mayor cantidad de organismos vivos, aunque con valores estadísticamente similares a las dietas D20, D22 y DC ($P = 0.382$) (Cuadro III).



Cuadro III. Valores biológicos y características del alimento ingerido por juveniles de corvina blanca (*A. nobiliss*) alimentados con diferentes concentraciones de lípidos y un alimento comercial (DC) por 40 días.

DIETAS	D16	D18	D20	D22	D24	DC
Pérdida de materia seca (%)	22 ±3.7 ^a	22 ±2.1 ^a	24 ±1.8 ^a	26 ±3.2 ^a	28 ±2.2 ^a	13 ±1.6 ^b
Sobrevivencia (%)	97 ±3.2 ^a	97 ±3.2 ^a	94 ±3.7 ^a	91 ±6.8 ^a	44 ±8.6 ^b	94 ±3.7 ^a
Longitud inicial (mm)	33 ±0.31	31 ±0.57	32 ±0.40	31 ±0.50	33 ±0.38	31 ±0.98
Longitud final (mm)	113 ±0.81 ^a	111 ±1.44 ^a	107 ±1.00 ^b	99 ±0.89 ^c		112 ±0.93 ^a
Aumento en longitud (mm día ⁻¹)	2.0 ±0.02 ^a	2.0 ±0.02 ^a	1.9 ±0.03 ^b	1.6 ±0.01 ^c		2.0 ±0.02 ^a
Peso inicial (g)	0.68 ±0.02	0.62 ±0.04	0.61 ±0.01	0.68 ±0.03	0.63 ±0.01	0.65 ±0.03
Peso final (g)	22.2 ±0.43 ^a	22.2 ±0.92 ^a	19.2 ±0.40 ^b	15.4 ±0.50 ^c		18.6 ±0.38 ^b
Aumento en peso (g)	21.5 ±0.42 ^a	21.6 ±0.88 ^a	18.6 ±0.40 ^b	14.7 ±0.53 ^c		17.9 ±0.39 ^b
K	1.5 ±0.03 ^a	1.6 ±0.07 ^a	1.5 ±0.03 ^a	1.6 ±0.05 ^a		1.3 ±0.03 ^b
TCE (%peso corporal día ⁻¹)	9.1 ±0.05 ^a	9.1 ±0.09 ^a	8.7 ±0.05 ^b	8.1 ±0.14 ^c		8.6 ±0.09 ^b
C promedio (g pez ⁻¹ día ⁻¹)	0.53 ±0.02 ^a	0.52 ±0.02 ^a	0.32 ±0.03 ^c	0.26 ±0.01 ^d		0.35 ±0.02 ^b
CP promedio (mg g pez ⁻¹ día ⁻¹)	47.4 ±1.5 ^a	47.4 ±1.4 ^a	34.4 ±1.6 ^b	34.7 ±1.6 ^b		35.8 ±0.6 ^b
TCA	1.0 ±0.04 ^a	1.0 ±0.03 ^a	0.7 ±0.03 ^c	0.7 ±0.04 ^c		0.8 ±0.01 ^b
TEP	1.7 ±0.06 ^b	1.7 ±0.05 ^b	2.4 ±0.11 ^a	2.4 ±0.12 ^a		2.5 ±0.03 ^a
IHS	2.2 ±0.09 ^d	2.7 ±0.13 ^c	2.8 ±0.05 ^c	3.1 ±0.10 ^b		4.2 ±0.12 ^a
Digestibilidad (CDA %)						
Proteína	93 ±0.91 ^b	93 ±1.07 ^b	97 ±0.38 ^a	95 ±0.61 ^b		95 ±0.16 ^{b,c}
Lípidos	89 ±1.51 ^b	89 ±1.75 ^b	92 ±1.09 ^a	89 ±1.52 ^b		85 ±0.73 ^b
Energía	90 ±1.77 ^b	90 ±1.97 ^b	97 ±1.00 ^a	91 ±1.73 ^b		89 ±0.63 ^b
Alimento	89 ±1.98 ^b	87 ±2.55 ^b	94 ±1.08 ^a	91 ±1.73 ^a		85 ±0.97 ^b

TCE= Tasa de conversión alimenticia. K = Factor de condición. C promedio= Consumo diario promedio. CP promedio= Consumo diario por gramo de pez. TCA= Tasa de conversión alimenticia. TEP= Tasa de eficiencia proteica. IHS= Índice hepatosomático. CDA= Coeficiente de digestibilidad aparente.



5.3 DIGESTIBILIDAD

Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA, %) de la dieta y sus diferentes componentes: proteína, lípidos y energía, se reportan en el Cuadro III. Dichos valores son el promedio (\pm error estándar) de los CDA observados a los 18 y 40 días de experimentación (Anexo 2.1).

El mayor CDA del alimento se obtuvo con la dieta D20 ($94 \pm 1.08\%$). El resto de las dietas aprovecharon el alimento 4% menos, sin diferencias significativas ($P = 0.079$). Por su parte, la digestibilidad de los nutrientes fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$). El mayor CDA de proteína se obtuvo con la dieta D20 ($97 \pm 0.38\%$), seguido de las dietas D22 ($95 \pm 0.61\%$) y DC ($95 \pm 0.16\%$). El CDA más bajo de proteína lo presentaron las dietas D16 y D18, cuya digestibilidad promedio fue de $93 \pm 0.69\%$. El CDA de lípidos de la dieta D20 fue $92 \pm 1.09\%$, seguido de las dietas D16 ($89 \pm 1.51\%$), D18 ($89 \pm 1.75\%$) y D22 ($89 \pm 1.52\%$). Por su parte, los juveniles que consumieron la dieta DC aprovecharon $85 \pm 0.73\%$ de los lípidos ingeridos. El CDA más alto de energía se obtuvo con la dieta D20 ($97 \pm 1.0\%$). El resto de las dietas no presentaron diferencias significativas ($P = 0.616$) (promedio: $90 \pm 0.79\%$) (Cuadro III).



5.4 CRECIMIENTO EN LONGITUD

En el Cuadro III se presenta el crecimiento en longitud de los juveniles de corvina blanca con las diferentes dietas administradas.

La longitud inicial fue igual para todos los tratamientos ($P = 0.175$), con un promedio de 32 ± 3.2 mm. Tampoco hubo diferencias significativas ($P = 0.071$) en la medición del día 18 (Anexo 2.2). Al final del experimento (día 40) el mayor crecimiento ($P < 0.001$) se obtuvo con la dieta D16 (113 ± 0.81 mm), valor estadísticamente igual ($P = 0.051$) al presentado con D18 (111 ± 1.44 mm) y con el alimento DC (112 ± 0.93 mm). Los peces alimentados con D20 alcanzaron un promedio de 107 ± 1.00 mm en el mismo periodo. El tamaño (mm) de los juveniles alimentados con las dieta D22 (99 ± 0.89 mm) fue menor ($P < 0.001$) al resto de los tratamientos (Cuadro III).

El aumento en longitud por día (mm día^{-1}) varió entre tratamientos ($P < 0.001$). Los juveniles alimentados con D16, D18 y DC crecieron en promedio 2.0 ± 0.01 mm día^{-1} ($P = 0.554$). Una menor tasa de crecimiento ($P < 0.001$) se obtuvo con D20 (1.9 ± 0.03 mm día^{-1}). Para este mismo periodo, los organismos que consumieron la dieta D22 crecieron 1.6 ± 0.01 mm día^{-1} (Cuadro III).



Para estudiar la asociación entre la cantidad de lípidos de las dietas ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y el crecimiento en talla (mm) se calculó el coeficiente de correlación lineal, encontrándose que a mayor cantidad de lípidos el crecimiento disminuye ($P < 0.001$) (Anexo 3.1).

5.5 CRECIMIENTO EN PESO

El crecimiento en peso (g) de los juveniles de corvina blanca fue diferente ($P < 0.05$) dependiendo de la dieta que fueron sometidos (Cuadro III).

De un peso inicial de $0.648 \pm 0.05 \text{ g}$, a los 18 días los peces alcanzaron al menos 3.20 g (Anexo 2.3). Al finalizar el experimento, los organismos alimentados con las dietas D16 y D18 mostraron el mismo ($P = 0.827$) peso promedio ($22.21 \pm 0.45 \text{ g}$), valor 1.1 veces mayor ($P < 0.001$) que el obtenido con la dieta DC ($18.56 \pm 0.38 \text{ g}$). Los organismos alimentados con la dieta D20 alcanzaron un peso de $19.23 \pm 0.40 \text{ g}$ en el mismo periodo, similar ($P = 0.275$) al presentado por los peces que recibieron el tratamiento DC. La dieta D22 rindió el menor crecimiento en peso ($P < 0.001$) con un promedio de $15.44 \pm 0.50 \text{ g}$ por pez (Cuadro III).



El menor aumento en peso ($P = 0.002$) se observó en aquellos juveniles que se alimentaron con la dieta D22 (14.7 ± 0.53 g), mientras que el mayor se registró con el alimento D18 (21.6 ± 0.88 g) y D16 (21.5 ± 0.42 g). Los peces de los tratamientos D20 y DC crecieron 18.6 ± 0.40 g y 17.9 ± 0.39 g, respectivamente (Cuadro III).

La TCE varió entre tratamientos ($P = 0.001$). Las mayores se obtuvieron con D16 ($9.1 \pm 0.050\%$ peso corporal día⁻¹) y D18 ($9.1 \pm 0.09\%$ peso corporal día⁻¹), seguidas de la dieta D20 ($8.7 \pm 0.052\%$ peso corporal día⁻¹) y DC ($8.6 \pm 0.09\%$ peso corporal día⁻¹). La TCE de los juveniles alimentados con la dieta D22 fue de $8.1 \pm 0.14\%$ peso corporal día⁻¹ (Cuadro III).

Se realizó un análisis de regresión lineal entre la TCE (% peso corporal día⁻¹) y la cantidad de lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$). El coeficiente de correlación lineal para dicha asociación ($r = -0.870$) demuestra que la TCE disminuye conforme aumenta el porcentaje lipídico del alimento (Anexo 3.2).

5.6 FACTOR DE CONDICIÓN

Se observaron diferencias significativas en el factor de condición (K) entre las dietas administradas ($P = 0.004$) (Cuadro III). En la medición del día 18 el K



de la dieta DC (1.5 ± 0.06) resultó significativamente menor ($P = 0.047$) al del resto de los tratamientos (Anexo 2.4). Al final del experimento el tratamiento que rindió valores de K diferentes al resto de las dietas ($P = 0.004$) fue la dieta DC (1.3 ± 0.03). El K de las dietas experimentales (D16, D18, D20 y D22) fue 1.5 ± 0.02 (Cuadro III).

Se determinó la relación peso – longitud mediante el logaritmo natural (\ln) del peso (g), ya que las variables presentaron una asociación exponencial. Con base en dicha transformación se calcularon los coeficientes de correlación lineal (r) para la relación peso-longitud. Con la pendiente de la ecuación de regresión (b) se calculó el cambio marginal (m), es decir, el aumento en peso (g) que sufre un pez por cada milímetro que aumenta en longitud (Anexo 4). No se encontraron diferencias entre la relación peso-longitud entre dietas. El crecer 1 mm de longitud les implicó aumentar 1.05 g a los peces que consumieron las dietas D20 y D22, y 1.04 g los que recibieron D16, D18 y DC (Anexos 4.1 y 4.2).

5.7 CONSUMO

La cantidad de alimento seco ingerido cambió con relación a la dieta administrada ($P < 0.001$) (Cuadro III).



El consumo promedio más alto se presentó en los organismos alimentados con las dietas D16 y D18 ($0.52 \pm 0.04 \text{ g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$ que equivale a $47.4 \pm 1.5 \text{ mg g}^{-1} \text{ día}^{-1}$). El resto de los organismos presentaron un consumo menor, sin diferencias significativas entre ellos ($P = 0.780$). Los valores de C_{promedio} (consumo por gramo de pez) obtenidos con DC, D20 y D22 fueron, respectivamente: $35.8 \pm 0.6 \text{ mg g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$, $34.4 \pm 1.6 \text{ mg g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y $34.7 \pm 1.6 \text{ mg g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Cuadro III).

El coeficiente de correlación ($r = -0.794$) de la regresión lineal entre los lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y el C_{promedio} ($\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$) indican que existe una relación inversa entre la cantidad de alimento ingerido y el contenido de lípidos en las dietas (Anexo 5.1).

Se modeló el consumo diario por pez de acuerdo a la ecuación $C_i = aPC_i^b$. La ingesta aumentó en proporción al peso del cuerpo en una potencia entre 0.591 (DC) y 0.922 (D16). La pendiente (m) máxima de la relación consumo–crecimiento se presentó con las dietas D22 (46.6) y D20 (46.5), seguidas de DC (39.1). Los valores más bajos se obtuvieron con las dietas D18 (27.8) y D16 (27.1) (Figura 4).

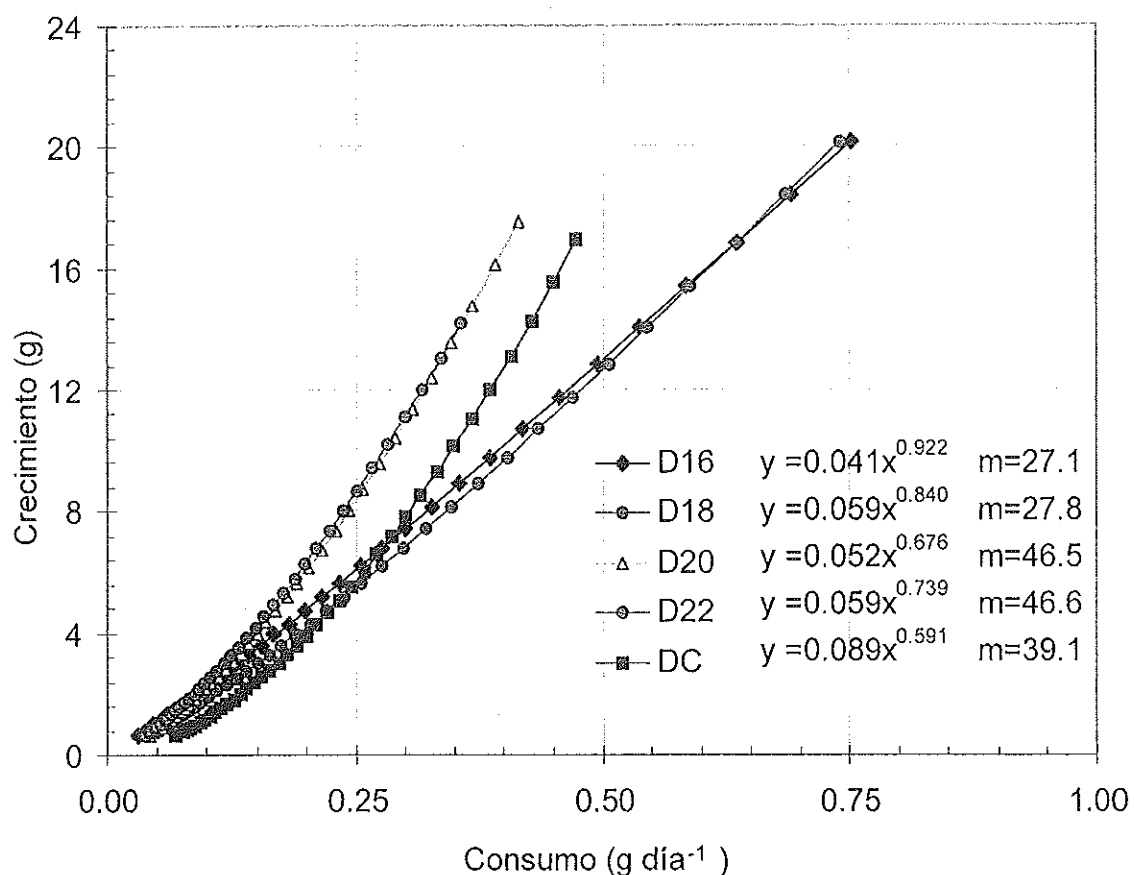


FIGURA 4. Relación entre el consumo ($\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y crecimiento diario (g) de juveniles de *A. nobilis* alimentados con las diferentes dietas experimentales y un alimento comercial (DC) por 40 días.

Se realizó un análisis de regresión por pasos para determinar los factores que explican la variación del consumo (Cuadro IV). El 98.9% del cambio en el consumo en el día 40 de experimentación ($C_2, \text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$), fue determinado por la interacción de los componentes de la dieta (lípidos, proteínas y energía). La



energía explica el 85% de la variación de C_2 . La interacción lípidos-energía determinó el 93%, mientras que al incluir la cantidad de proteína al modelo, se explica el 99% del cambio de C_2 (Cuadro IV).

Cuadro IV. Regresión de los nutrientes de la dieta (lípidos, proteína, g 100 g⁻¹ y energía, kcal kg⁻¹) sobre la variación del consumo en el día 40 (C_2) por juveniles de *A. nobilis*, según el coeficiente de determinación (R^2). Se muestra la constante de cada predictor con su valor de P .

	<i>Constante</i>	<i>Energía</i>	<i>Lípidos</i>	<i>Proteína</i>	R^2
	8.48	-1.36 $P < 0.001$			85
C_2	11	-1.91 $P = 0.001$	3.44 $P = 0.010$		93
	137	-12.5 $P < 0.001$	72.9 $P < 0.001$	-127 $P < 0.001$	99

5.8 COMPOSICIÓN CORPORAL

No se encontraron diferencias significativas en la cantidad de proteína, lípidos, energía, cenizas y humedad en el músculo de los peces alimentados con las diferentes dietas (proteína: $P = 0.112$, lípidos $P = 0.871$, energía $P = 0.068$, cenizas $P = 0.106$, humedad $P = 0.169$). En general se observó 80.2% de humedad en el músculo de corvina blanca. De la materia seca 86. % correspondió a proteína, 7% a lípidos y 7% a cenizas. Los valores por tratamiento se muestran en el Cuadro V.



Los niveles de proteína en el hígado variaron con el porcentaje de lípidos incluidos en la dieta ($P < 0.001$). El mayor porcentaje ocurrió en la DC ($23.1 \pm 0.15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), seguido de la dieta D16 ($20.1 \pm 0.04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Los hígados de los peces que se alimentaron con las dietas D18, D20 y D22 no presentaron diferencias significativas ($P = 0.148$) en la cantidad de proteína en hígado al finalizar el experimento, con un promedio de $16.7 \pm 0.25 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

La cantidad de lípidos en hígado cambió ($P < 0.001$) con la dieta administrada. Los juveniles que presentaron la menor cantidad fueron aquellos alimentados con el tratamiento DC ($42.3 \pm 0.49 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), seguidos de las dietas D16 ($66.5 \pm 0.46 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) y D18 ($68.7 \pm 0.29 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Por su parte, con el alimento D20 y D22 se obtuvieron hígados con un promedio de $73.8 \pm 0.28 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de lípidos, sin diferencias entre ellos ($P = 0.651$).

El contenido energético del hígado fue diferente ($P < 0.001$) dependiendo de la dieta administrada. Los organismos que se alimentaron con D22 presentaron la mayor cantidad de calorías en el hígado ($8,305 \pm 85 \text{ kcal kg}^{-1}$), seguidos de D20 ($8,079 \pm 73 \text{ kcal kg}^{-1}$), D18 ($8,056 \pm 7 \text{ kcal kg}^{-1}$) y D16 ($7,544 \pm 10 \text{ kcal kg}^{-1}$). Los hígados con menos energía se observaron en los juveniles que consumieron el alimento DC ($6,447 \pm 27 \text{ kcal kg}^{-1}$).



La humedad presente en dicha víscera fue diferente entre dietas ($P = 0.038$). En los organismos que se alimentaron con DC se observaron los hígados con el mayor porcentaje de humedad ($64.2 \pm 0.75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), seguidos de D16 ($52.2 \pm 0.34 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), D18 ($49.8 \pm 0.49 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), D22 ($49.7 \pm 0.65 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) y D20 ($47.3 \pm 1.37 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) (Cuadro V).

Se analizó la relación entre la cantidad de lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y la cantidad de proteína ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), lípidos ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y humedad ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) en hígado, para lo cual se calcularon los coeficientes de correlación lineal (Anexo 3.4). Se encontró que existe una correlación significativa ($P < 0.001$) entre la cantidad de lípidos de la dieta y el porcentaje de los mismos que se almacena en hígado ($r = 0.82$). Una asociación menos intensa, pero igualmente significativa ($P = 0.001$) es la disminución de proteína en este órgano conforme aumenta la cantidad de lípidos en el alimento ($r = -0.60$). La misma relación ocurre con la cantidad de humedad ($r = -0.526$, $P = 0.003$) (Anexo 3.4).



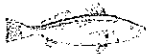
Cuadro V. Composición proximal y contenido energético de la porción muscular y del hígado, en base seca, de juveniles de *A. nobilis* alimentados con diferentes concentraciones de lípidos y una dieta comercial (DC) durante 40 días.

Dieta	D16	D18	D20	D22	DC
Músculo					
Lípidos (g 100g ⁻¹)	7.0 ±0.08	7.0 ±0.20	7.0 ±0.22	7.1 ±0.06	7.5 ±0.10
Proteína (g 100g ⁻¹)	87.0 ±0.15	86.4 ±0.63	85.7 ±0.84	85.9 ±0.67	86.9 ±0.70
Energía (kcal kg ⁻¹)	5,265 ±11	5,241 ±26	5,283 ±11	5,280 ±36	5,480 ±87
Humedad (%)	80.1 ±0.20	80.4 ±0.22	80.1 ±0.12	81.0 ±0.24	79.6 ±0.18
Cenizas (g 100g ⁻¹)	7.2 ±0.08	7.4 ±0.20	7.3 ±0.22	7.6 ±0.16	7.4 ±0.13

Hígado

Lípidos (g 100g ⁻¹)	66.5 ±0.46 ^b	68.7 ±0.29 ^b	73.9 ±0.68 ^a	74.3 ±0.72 ^a	42.3 ±0.49 ^c
Proteína (g 100g ⁻¹)	20.1 ±0.04 ^b	17.2 ±0.32 ^c	16.1 ±0.62 ^c	16.9 ±0.10 ^c	23.1 ±0.15 ^a
Energía (kcal kg ⁻¹)	7,544 ±10 ^c	8,056 ±7 ^b	8,079 ±73 ^b	8,305 ±85 ^a	6,447 ±27 ^d
Humedad (%)	52.2 ±0.34 ^b	49.8 ±0.49 ^{bc}	47.3 ±1.37 ^c	49.7 ±0.65 ^{bc}	64.2 ±0.75 ^a

1. Media ± error estándar; n = 3. Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)



5.9 ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) en el índice hepatosomático (IHS) de los peces alimentados con las diferentes dietas (Cuadro III).

Los juveniles que presentaron el menor IHS fueron los que consumieron el tratamiento D16 (2.2 ± 0.09), seguidos de los alimentados con las dietas D18 (2.7 ± 0.13) y D20 (2.8 ± 0.05), sin diferencias significativas entre estos dos últimos valores ($P = 0.640$). El IHS de los juveniles alimentados con la dieta D22 fue de 3.1 ± 0.10 . Un mayor IHS se obtuvo con la dieta DC (4.2 ± 0.12). En estos últimos el hígado fue del doble del tamaño de la dieta D16 (Cuadro III).

Se calculó la correlación entre el IHS y la cantidad de lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), obteniendo una regresión lineal significativa ($r = 0.592$, $P < 0.001$), la cual mostró que entre mayor es la cantidad de lípidos de la dieta el peso relativo del hígado aumenta (Anexo 3.5), excepto para el alimento comercial (DC).

Los hígados de los juveniles alimentados con los tratamientos experimentales (D16, D18, D20 y D22) presentaron hígados de color anaranjado



brillante. Hígados rosa pálido se observaron en aquellos que recibieron el alimento comercial (DC) (Foto 3).

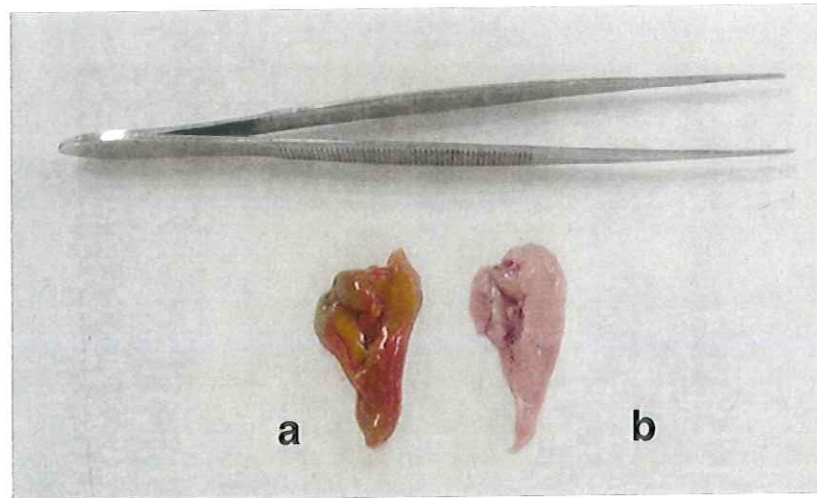


Foto 3. Diferencia de color presentada por los hígados de juveniles de corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) alimentados durante 40 días con la dieta experimental D16 (a) y una dieta comercial DC (b).

5.10 EFICIENCIA ALIMENTICIA Y EFICIENCIA PROTEICA

Se encontraron diferencias significativas en la tasa de conversión alimenticia (TCA) entre los tratamientos administrados ($P < 0.001$).

Las mejores TCA se obtuvieron con las dietas D20 (0.68 ± 0.03) y D22 (0.71 ± 0.04), sin diferencias significativas ($P = 0.431$). La dieta DC presentó una TCA de 0.79 ± 0.01 . Los juveniles de los tratamientos D16 y D18 lograron



valores similares de TCA ($P = 0.796$), con un promedio de 0.98 ± 0.02 (Cuadro III).

Los valores más altos de tasa de eficiencia proteica (TEP) se presentaron en los organismos alimentados con las dietas D20 y D22 (promedio: 2.39 ± 0.08), estadísticamente similares a la obtenida con DC (2.52 ± 0.03) ($P = 0.166$). Los valores más bajos los obtuvieron los juveniles de las dietas D16 (1.66 ± 0.06) y D18 (1.69 ± 0.05) sin diferencias significativas entre estos ($P = 0.792$) (Cuadro III).

Al aplicar un análisis de regresión se encontraron relaciones significativas ($P < 0.002$) entre la cantidad de lípidos de la dieta y la TCA y TEP. Los coeficientes de correlación lineal y los valores de P se muestran en el Anexo 3.6.

5.11 DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Un análisis de regresión múltiple demostró que el único factor significativo ($P < 0.001$) en determinar la ganancia en peso fue el consumo, con un



coeficiente de determinación (R^2) de 0.79. La ecuación lineal que describe la relación consumo-crecimiento es: $Y = 0.536X + 10.4$ (Anexo 5.1).

Para determinar los requerimientos de lípidos por juveniles de corvina blanca (*A. nobilis*) se analizó el crecimiento en respuesta a la cantidad de lípidos crudos consumidos por día ($\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$). Se ajustaron los datos a una curva asintótica, (polinomio de segundo orden), de la forma: $Y = a + b_1X + b_2X^2$, en la que X son los lípidos ($\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$), Y es el crecimiento (g) y a , b_1 y b_2 son constantes (Figura 5).

La cantidad de lípidos crudos consumidos ($\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se ajustó en más de un 99% a la curva dosis-respuesta determinada por el polinomio. Con base a esta curva se determinó que el mayor crecimiento (aumento en peso de 22 g) ocurre con una ingesta de $0.082 \text{ g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Dicho consumo se logró con las dietas D16 ($0.082 \text{ g pez}^{-1} \text{ día}^{-1} \pm 0.00$) y D18 ($0.093 \text{ g pez}^{-1} \text{ día}^{-1} \pm 0.00$).

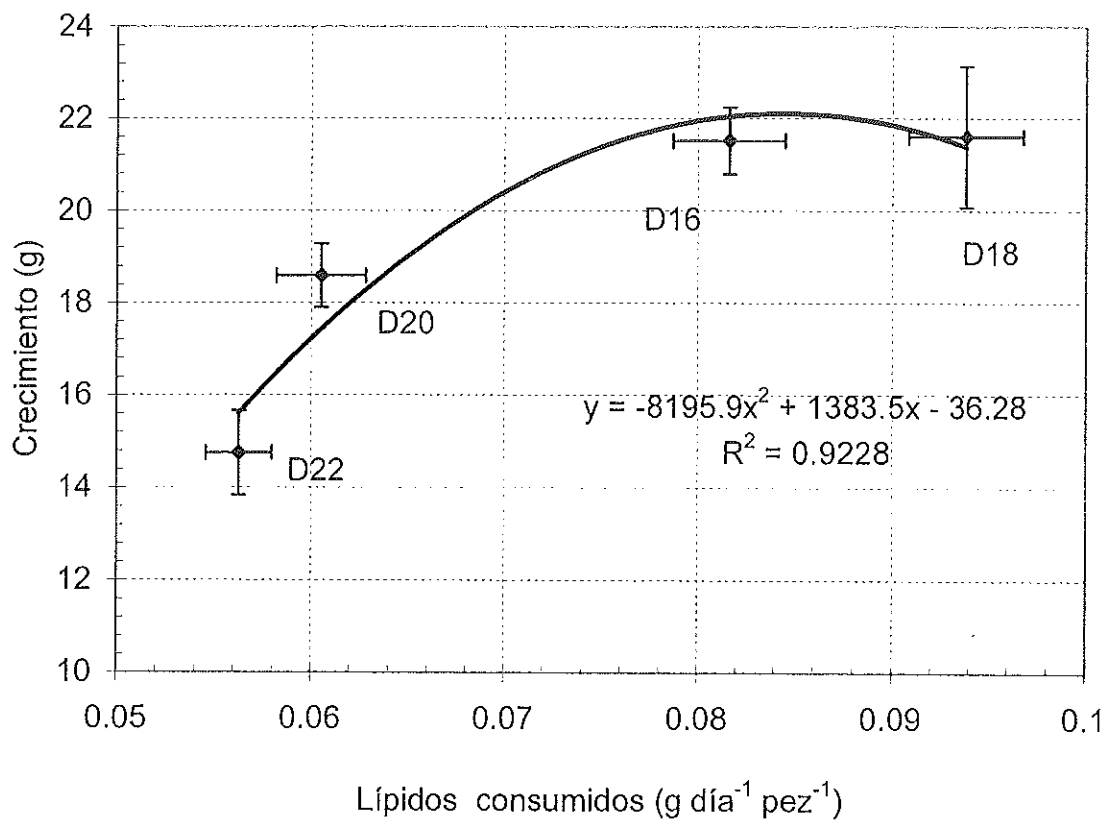


Figura 5. Regresión polinomial de segundo orden para la relación lípidos crudos consumidos (g pez⁻¹día⁻¹) y crecimiento (g). Las barras de error corresponden al error estándar.



6. DISCUSIONES

6.1 ESTABILIDAD Y DIGESTIBILIDAD DEL ALIMENTO

El proceso de manufactura de las dietas debe asegurar que el alimento sea lo suficientemente estable como para no desintegrarse rápidamente en el agua y con ello asegurar un consumo eficiente por parte del pez (NRC, 1993; Jobling, 1994). Tanto el procesamiento del alimento como los componentes de la dieta son importantes en la estabilidad del pellet.

En el presente estudio se siguieron las recomendaciones del NRC (1993) para la elaboración de dietas purificadas, que incluye preparar pellets por compresión, pasándolos por un procesador de alimentos. El porcentaje de pérdida por lavado del alimento, después de 8 minutos de permanecer en el agua, fue de 25% para las dietas experimentales y 13% para el alimento comercial (DC) (Cuadro III). Esta diferencia de estabilidad parece estar asociada a la cantidad de ligantes, que forman redes moleculares capaces de mantener unidas las partículas del alimento en el agua por un tiempo razonable, y a la presencia de aceite y fibra en las dietas, que disminuyen la firmeza del pellet (NRC, 1993). La dieta comercial (DC) evaluada en el presente trabajo fue elaborada con 5% de glúten y 15% de harina de trigo, mientras que en las dietas experimentales el contenido máximo de ligantes fue de 10%, distribuido entre



almidón y gelatina. El alimento DC, formulado con 15% de lípidos totales, fue adicionado con 3% de aceite de pescado, mientras que en las dietas experimentales este ingrediente ascendió hasta 17% (Cuadro I).

Otro aspecto a considerar es el tipo de maquinaria utilizado para hacer las dietas. El alimento comercial se elabora en equipos de extrusión y/o peletización, donde altas presiones y temperaturas logran mayor capacidad de cohesión que la obtenida mediante equipo manual de laboratorio.

En cuanto a la estimación de la digestibilidad, cabe señalar que se encontraron CDA iguales o superiores al 90% para proteínas, lípidos y energía, tanto para las dietas experimentales como para la comercial (DC) (Cuadro III). La técnica utilizada para esta evaluación incluyó cenizas insolubles en ácido como marcador, con recolección de heces por sifoneo. Se ha comprobado que la recolección de heces por sifoneo tiende a dar valores inexactos en comparación a los esperados, al sobreestimar la digestibilidad por lavado de algunos componentes de las heces en el agua (Jobling, 1994). En el presente estudio se buscó minimizar este hecho al recolectar las mismas entre 20 y 30 minutos después de terminada la alimentación. Por lo tanto, los altos valores de CDA del presente trabajo parecen ser un indicador de la calidad de los



ingredientes de las dietas experimentales, como la utilización filete blanco fresco para la elaboración de harina de pescado. Además, los valores de CDA obtenidos son similares a los reportados para dietas de dorada y trucha arcoiris *O. mykiss*, alimentadas con fuentes proteicas de alta calidad (Cho y Kaushik 1990; Santinha, *et al.*, 1999).

La eficiencia con la que un alimento es digerido y absorbido puede estar influenciada por la tasa de ingestión. Tal es el caso de la cantidad de energía perdida en las heces por la trucha café *Salmo trutta*, que llegó a 25% cuando se alimentó al máximo (CDA = 75%), mientras que los peces que recibieron menor cantidad de comida se redujo al 15% (CDA = 85%) (Jobling, 1994). Esto se explica tomando en cuenta que entre mayor es la cantidad de alimento consumido los movimientos peristálticos aumentan y por lo tanto se acelera el paso del alimento a través del intestino (NRC, 1993). Las variaciones de los CDA de las dietas del presente experimento podrían ser explicadas por este fenómeno. Como los peces se alimentaron a saciedad, la cantidad de alimento consumido varió significativamente entre tratamientos (Cuadro III). Las dietas que presentaron menor digestibilidad fueron las que tuvieron un mayor consumo. Los valores de CDA de proteína de las dietas D16 y D18 fueron los más bajos (Cuadro III).



Se observa en el Cuadro III un aumento en la digestibilidad de la dieta D20. Este no parece tener relación con los factores mencionados. Es probable que esta diferencia se deba a imprecisiones, más que a cambios verdaderos en la digestibilidad.

Un análisis de regresión del presente estudio señala que el cambio en los lípidos de la dieta solo ejerció una influencia menor al 5% en los CDA. Por lo tanto, las variaciones de la digestibilidad entre dietas no parecen estar relacionadas con la inclusión de lípidos. Esto coincide con experimentos previos realizados con la dorada *S. aurata*, donde la cantidad de lípidos en la dieta no llegó a afectar la digestibilidad (Santinha *et al.*, 1999). La excepción en el presente trabajo fue el CDA de proteínas, con un 14% de la variación explicada por los lípidos de la dieta.

6.2 SOBREVIVENCIA

La dieta D24 presentó una súbita mortandad de peces en la primera semana del experimento, que, aunado a la desnutrición y el canibalismo, terminó en un porcentaje de sobrevivencia menor al 50%. La relación entre los lípidos y el estatus del hígado puede contribuir al entendimiento de la mortalidad, como se ha observado en los sistemas de cultivo intensivos de



perca *P. fluviatilis* (Mathis *et al.*, 2003). Sin embargo, disfunciones hepáticas y altas mortalidades algunas veces descritas con las dietas altas en lípidos parecen estar ligadas a la presencia de ácidos grasos oxidados (Kestemont *et al.*, 1997). En el presente experimento, algunos peces del tratamiento D24, perdieron color, quedando casi blancos para el día 20. Además se observó pérdida considerable de escamas. Estas características se han puesto de manifiesto para peces que sufren intoxicación por consumo de lípidos oxidados (Stoskopf, 1993).

La presencia de lípidos rancios en dietas preparadas suele ser frecuente. Los aceites de peces marinos utilizados para prepararlas son ricos en ácidos grasos poliinsaturados, los cuales son muy susceptible de sufrir oxidación cuando se exponen a oxígeno atmosférico, formando peróxidos y aldehídos, compuestos que son extremadamente tóxicos para los peces (Stoskopf, 1993; Hendricks, 2003).

Con la finalidad de reducir la oxidación de lípidos, en la presente investigación las dietas experimentales fueron adicionadas con α -tocoferol como antioxidante, y, junto con el alimento comercial (DC), se mantuvieron en un ambiente seco, oscuro y fresco (4° C) durante todo el experimento. No parece



probable que la alta mortandad de peces que se presentó con la dieta D24 provenga de compuestos tóxicos del alimento. Más bien podría estar asociada a un deficiente consumo de antioxidantes, en especial de vitamina E (tocoferol).

Los requerimientos de vitamina E para peces carnívoros se establecieron hace más de 20 años en un rango de 20 a 50 mg kg⁻¹ de alimento seco (NRC, 1993). Sin embargo, diversos autores señalan que se debe incrementar la vitamina E de la dieta entre mayor sea la cantidad de lípidos poliinsaturados en el alimento (Stoskopf, 1993; De Silva y Anderson, 1995; Hendricks, 2003; Sargent, *et al.*, 2003), como respuesta al incremento en los procesos de autoxidación en los organismos, que disminuyen la biodisponibilidad de la vitamina E (Hendricks, 2003). En dietas con más de 15% de lípidos se recomienda que su contenido sea al menos 4 a 5 veces lo requerido para el desarrollo y crecimiento normal de los peces (Tacon, 1990), lo que equivaldría hasta 250 mg kg⁻¹.

En el presente experimento, se agregaron 100 mg de α -tocoferol por kilogramo de alimento. Esta cantidad se mantuvo constante entre las dietas experimentales a pesar del aumento de lípidos totales en las mismas. Por lo tanto, aunque no se evaluó directamente el requerimiento de vitamina E para



corvina blanca, existen datos para especular que el porcentaje de mortalidad observado con la dieta D24 esté asociado, al menos en parte, a un aporte deficiente de α -tocoferol.

6.3 CONSUMO

Según el análisis de regresión aplicado el 85% del cambio en el consumo fue determinado por el contenido energético del alimento (Cuadro IV). Es posible que exista una regulación fisiológica en la alimentación de los peces, disminuyendo la ingesta con dietas altas en energía, como lo sugieren Lupatsch *et al.* (2001). Tal efecto ha sido observado también en juveniles de *S. schlegeli*, especie en la que se encontró una correlación negativa entre el consumo y la energía de la dieta ($r = 0.87$; $P < 0.01$), utilizando de 7 a 14% de lípidos (Lee *et al.*, 2002). Un bajo consumo en dietas altas en lípidos también se ha reportado para otras especies (Page y Andrews, 1973; Espinós *et al.*, 2003; Mathis *et al.*, 2003).

Si en el presente experimento el consumo hubiera sido limitado por la energía de la dieta, se esperaría que la cantidad de calorías ingeridas fuera similar entre tratamientos. Al multiplicar el CP_{promedio} por la energía de la dieta se obtienen los siguientes consumos calóricos: 270 cal g pez⁻¹ día⁻¹ para los organismos alimentados con las dietas D16 y D18, mientras que en los peces



que fueron tratados con D20, D22 y DC el consumo energético disminuyó a 200 cal g pez⁻¹ día⁻¹. Lo anterior se debe a que la variación en lípidos y energía entre dietas fue constante, es decir, en saltos de 2% de lípidos y alrededor de 150 kcal kg⁻¹ de energía cruda, mientras que el cambio en el consumo no se presentó de la misma manera. En el Cuadro III se aprecia que el CP_{promedio} fue similar entre D16 y D18, valor que disminuyó un 30% cuando los peces se alimentaron con los tratamientos D20 y D22.

Por lo tanto, la posible regulación fisiológica en la alimentación de los peces de acuerdo a la composición energética de la dieta no explica el total de la variación en el consumo, por lo que se deben de considerar otros factores. Entre estos podemos mencionar la palatabilidad. En el presente trabajo de investigación las dietas fueron adicionadas con harina de krill, como intensificador de la gustocidad. La cantidad de este producto disminuyó paulatinamente de un 17% de la dieta D16 a 8% para la D22 (Cuadro I). Por lo tanto, el consumo de las dietas D16 y D18 pudo haber sido estimulado por la mayor cantidad de krill en relación con las dietas que presentaron bajo consumo. Los lípidos *per se* también pudieron influir negativamente en la gustosidad del alimento.



Otra posibilidad es que el consumo haya disminuido en D20 y D22 como un primer síntoma de carencia de vitamina E. Bajos consumos por falta de este nutriente han sido observado en diferentes especies, como el pez gato de canal (Lovell, 1988), trucha arcoiris y salmón (Stoskopf, 1993; Sargent *et al.*, 2003).

Se debe considerar además que en el presente trabajo, la cantidad de carbohidratos presentes en las dietas varió en relación inversa a los lípidos (Cuadro I). Lo anterior pudo afectar el consumo D16 y D18.

6.4 CRECIMIENTO, EFICIENCIA ALIMENTICIA Y EFICIENCIA PROTEICA

En el presente estudio se considera al crecimiento somático, conversión alimenticia y eficiencia proteica como los parámetros principales en la evaluación del aprovechamiento del alimento para juveniles de corvina blanca.

Las diferencias obtenidas en crecimiento, tanto en longitud como en peso, de los organismos alimentados con las dietas experimentales, probablemente puedan ser explicadas por dos factores predominantes: a) el contenido nutricional de las dietas; en específico, la cantidad de lípidos, cuyo nivel de inclusión varió entre tratamientos y b) el consumo. En este sentido se observa que los mejores crecimientos se obtuvieron con las dietas de menor concentración de lípidos y mayor consumo (D16 y D18), y que existe correlación



negativa significativa entre el contenido de lípidos con el crecimiento tanto en peso como en longitud y con el C_{promedio} (Anexo 3). Probablemente la proporción de lípidos en dichas dietas fue suficiente para favorecer el crecimiento. El exceso de este nutriente en el resto de los tratamientos afectó significativamente la palatabilidad, lo que impidió que los organismos alcanzaran un mayor crecimiento.

Los niveles de lípidos crudos en las dietas de mayor crecimiento de la presente investigación (15.5 y 18%) concuerdan con los reportados para otras especies carnívoras. Lee *et al.* (2002) encontraron que al aumentar de 7 a 14% los lípidos de la dieta, aumenta el crecimiento, TCA y la utilización neta de proteína (UNP) en juveniles del pez roca (*S. schlegeli*). Por su parte, juveniles de perca amarilla (*P. fluviatilis*) y corvina asiática (*L. calcarifer*) de tamaño comercial, obtienen un mejor crecimiento y TCA cuando son alimentados con 18% de lípidos (Kestemont *et al.*, 2001; Williams, *et al.*, 2003). Los valores de crecimiento, TCA y TEP de juveniles de rohu *L. rohita* mejoraron cuando se alimentaron con 15% de lípidos en comparación con 10% a un mismo nivel de energía (Satpathy *et al.*, 2003).



En el presente experimento, las dietas D20 y D22 presentaron los mejores valores de TCA (0.68) y TEP (2.4). Por tanto, las dietas de mayor crecimiento (D16 y D18) no fueron las más eficientes. Esto contrasta con otros experimentos, en donde el mayor crecimiento se asocia a una mayor eficiencia alimenticia. Para juveniles de rohu (*L. rohita*) y de dorada (*S. aurata*) el valor más bajo de TCA (1.2), se observó con las dietas de mayor crecimiento (Satpathy *et al.*, 2003 y Lupatsch *et al.*, 2001). Williams *et al.* (2003) reportan a su vez que con la dieta de 23% de lípidos y 60% de proteína los alevines de corvina asiática (*L. calcarifer*) obtuvieron las mejores tasas de crecimiento (2.27 % peso corporal día⁻¹) y los valores más bajos de TCA (0.78).

En la Figura 4 se relaciona el consumo con el crecimiento de los juveniles de corvina blanca, mostrando que la cantidad de alimento D20 y D22 que se requiere para crecer una unidad en peso es menor al requerido con las dietas D16 y D18 para aumentar la misma cantidad. La explicación del por qué la mejor conversión alimenticia no corresponde a la dieta que rinde el óptimo crecimiento parece estar vinculada a que los peces fueron alimentados *ad libitum*. Al respecto, un estudio de alimentación de peces con una dieta artificial encontró que cuando la ingestión de dicho alimento decrecía disminuía la TCA (Jobling, 1994).



Por su parte, Santinha *et al.* (1999) sugieren que cuando los peces son alimentados a saciedad, el crecimiento depende de la habilidad de los mismos para regular el consumo. Es factible que esto haya ocurrido en el presente experimento, influenciando el crecimiento de las dietas D16 y D18. En el Cuadro III se observa que el mayor crecimiento se obtuvo con las dietas que presentaron el mayor consumo.

El alto contenido de lípidos de las dietas D20 y D22, así como el 60% de inclusión de proteínas, pueden ser factores importantes para que los juveniles bajo estos tratamientos obtuvieran las mejores TCA y TEP. Esto se observa en la regresión lineal calculada para la relación entre los lípidos de la dieta y la TCA y TEP (Anexo 3), y coincide con el trabajo de Williams *et al.* (2003), que demuestra que al aumentar la cantidad de proteínas y lípidos en la dieta de corvina asiática (*L. calcarifer*) disminuye la TCA. Los autores sugieren que una dieta densa en nutrientes, como la que utilizaron (18% de lípidos y 60% de proteína cruda), permite al pez obtener su energía de los lípidos de la dieta, y disminuir el catabolismo proteico.

Dado que la TEP obtenida con las dietas D20 y D22 es superior a D16 y D18 podría suponerse que la mayor inclusión de lípidos en la dieta favoreció la



economización protéica, y con menores concentraciones lípidos existió catabolismo protéico. Sin embargo, la TEP solo toma en cuenta el aumento en peso del organismo. No debe suponerse que dicho incremento es exclusivamente proteína. De ahí que un valor alto de TEP puede estar relacionado a un aumento en lípidos corporales. Un parámetro que indica con mayor exactitud la utilización protéica es el UNP (Utilización neta de proteína = ganancia de proteína corporal / proteína consumida). En el presente experimento no se calculó el UNP al carecer de análisis bioquímicos del cuerpo total del pez. Una aproximación matemática a dicho parámetro, tomando en cuenta un 60% de proteína corporal², arroja los siguientes resultados: 1.1 para las dietas D16 y D18; 1.2 para D20 y D22; y 1.8 para DC. Con estos datos no se puede asegurar que las dietas D20 y D22 utilizaron más eficientemente la proteína que el resto de los tratamientos experimentales.

La simulación de la UNP parece indicar que la dieta comercial (DC) fue más eficiente que las dietas experimentales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos valores son hipotéticos, quedando sin comprobar que el 60% del peso corporal corresponde a proteína en todos los tratamientos. En este sentido, cabe señalar que en el presente trabajo, el valor de *K* para DC (1.3) fue inferior al obtenido con los tratamientos experimentales (1.5) (Cuadro III). Lo

² Según Stoskopf (1993) como porcentaje estándar en peces



anterior podría indicar que los peces alimentados con DC acumularon una mayor cantidad de lípidos en comparación con las dietas experimentales, ya que es conocido que el músculo es más pesado que el tejido adiposo. Además, la depositación de 1 g de lípidos rinde un incremento de un 1 g en peso, mientras que la depositación de 1 g de proteína implica la depositación conjunta de 3 a 4 g de agua (Lovell 1988). Lo anterior coincide con un ligero aumento en el contenido lipídico en el músculo de los peces bajo este tratamiento (Cuadro V).

6.5 COMPOSICIÓN CORPORAL

En el presente trabajo la concentración de lípidos en músculo al final del experimento fue constante (Cuadro V). Esto se asemeja a los resultados obtenidos con perca (*P. fluviatilis*) que al ser alimentada con 12, 16 y 22% de lípidos, el porcentaje de lípidos en músculo se mantuvo en 1.3% (Mathis *et al.*, 2003). Con los datos obtenidos en el presente experimento no se puede asegurar que corvina blanca no almacene lípidos en músculo o en otras partes del cuerpo, como puede ser la cavidad perivisceral. Probablemente el porcentaje de lípidos en el músculo no varió porque los organismos se encontraban en fase de crecimiento exponencial. Se ha demostrado que los peces tienden a depositar mayores cantidades de grasa conforme crecen, de tal suerte que el porcentaje de lípidos del cuerpo usualmente es mayor en los peces mayores



que en los peces pequeños de rápido crecimiento (Jobling, 1994). Además, dado que no se realizaron análisis de composición corporal total, no se verificó la existencia de depósitos de grasa en otras partes del cuerpo.

Si bien con lo anterior se demuestra que el incremento en lípidos de la dieta no resultó en una excesiva depositación de grasa en el músculo, no ocurrió lo mismo con el hígado. En este sentido se hicieron evidentes las diferencias en composición de este órgano entre los tratamientos administrados (Cuadro V). La relación entre los lípidos de la dieta y cantidad de este nutriente en hígado se puso de manifiesto (Anexo 3). Lo anterior coincide con diversos trabajos que han demostrado que las dietas altas en lípidos ocasionan el fenómeno conocido como hígado graso (Lee *et al.*, 2002). El contenido de lípidos en hígado de los peces alimentados con dietas altas en lípidos puede resultar en daños a la función de este órgano (Craig *et al.*, 1999).

6.6 INDICE HEPATOSOMÁTICO Y APARIENCIA DEL HIGADO

El índice hepatosomático (IHS) encontrado en los juveniles de corvina blanca aumentó significativamente de acuerdo a la cantidad de lípidos incluidos en la dieta. La variación fue de 2.23 (D16) a 3.06 (D22). Un incremento en el IHS en relación a la inclusión lipídica de la dieta se ha puesto de manifiesto en



diversos estudios (Craig *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2002). Trabajos previos han demostrado que un IHS entre 1.8 y 2.8 representa hígados sanos (Craig *et al.*, 1999).

Cabe señalar que aunque entre las dietas experimentales se observó una relación significativa entre los lípidos y el IHS, el mayor IHS fue encontrado con la dieta comercial (DC), misma que contiene menor concentración de lípidos (15.1%) y una mayor cantidad de extracto libre de nitrógeno (24.1%) en comparación con las dietas experimentales. También se hizo evidente la diferencia de color del hígado de los peces que consumieron el alimento DC en comparación al resto de los tratamientos. El color pálido de las vísceras, y, en especial del hígado, generalmente acompañado de una acumulación de más del 17% de glucógeno, se ha asociado a deficiencias en la alimentación, en especial a un exceso de carbohidratos en la dieta (Stoskopf, 1993). Las concentraciones de glicógeno consideradas normales en el hígado de salmones adultos va de 0.5 a 5% (Stoskopf, 1993).



7. CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de 15.5% y 18% de lípidos en la dieta tuvieron efectos positivos significativos sobre el Crecimiento y Consumo, en juveniles de corvina blanca.

2. La estimación del consumo en forma precisa es la medición más importante en los estudios de nutrición. Con él se calculan la mayoría de los índices de desempeño de los organismos. Dada la baja estabilidad de las dietas, los resultados de consumo deberán verse con cautela.

3. En el presente experimento, los lípidos de la dieta influyeron negativamente en la tasa de consumo al afectar la palatabilidad del alimento. La regulación energética no parece estar relacionada.

4. El mayor crecimiento se registró con las dietas D16 y D18, como resultado del alto consumo registrado con las mismas.

5. La composición bioquímica y energética del músculo de juveniles de corvina blanca demostró no estar afectado por la cantidad de lípidos de la dieta.



6. La cantidad de lípidos en el hígado ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y el IHS aumentaron con la cantidad de lípidos en la dieta. El hígado fue el principal órgano de depositación lipídica en juveniles de corvina blanca.



8. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir investigando los requerimientos nutricionales de esta especie en diferentes etapas de crecimiento. En futuros estudios será necesario administrar el alimento en raciones específicas y hacer análisis bioquímicos de composición corporal.

Análisis bioquímicos e histológicos del hígado de peces alimentados con diferentes concentraciones de carbohidratos y lípidos pueden ayudar a entender y evitar problemas de salud en corvina alimentada con dietas balanceadas.

Es necesario realizar estudios sobre los factores de la dieta que influyen el consumo de juveniles de corvina blanca, así como determinar la relación entre vitamina E y el incremento de lípidos en la dieta, temperatura e interacciones con otros antioxidantes.



9. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1995. Official methods of Analysis of AOAC. 16th edition. Vol. 1. Arlington, VA.
- Ballestrazzi, R., D. Lanari, E. Dágaro, y A. Mion. 1994. The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 127:197–206.
- Boonyaratpalin, M. 1997. Nutrient requirements of marine feed fish cultured in Southeast Asian. *Aquaculture*, 37:911-917.
- Caballero, M., A. Obach, G. Rosenlund, D. Montero, M. Gisvold y M.S. Izquierdo. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214:253–271.
- Catacutan, M., G. Pagador y S. Teshima. 2001. Effect of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutianus argentimaculatus* (Forsskal 1775) *Aquaculture Research*, 32:811-818.
- Catacutan, M.R. y T.M.T. Coloso. 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 131:125–133.
- Cho, C.Y. y S.J. Kaushik. 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in salmon (*Salmo gairdneri*). *World Rev. Nutr. Diet.*, 61:132–172.
- Craig, S., B. Washburn y D. Gatlin. 1999. Effects of dietary lipids on body composition and liver function in juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 21:249–255.



- De Silva, S. y T. Anderson. 1995. Fish nutrition in aquaculture. Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. 319 pp.
- Donohoe, C. J. 1997. Age, growth, distribution, and food habits of recently settled white seabass, *Atractoscion nobilis*, off San Diego, California. *Fishery Bulletin* 95: 709-721.
- Drawbridge, M., A. Kent y D.B. Forster. 1999. Commercialization of White seabass Aquaculture, Pilot program Out – Grow to Market. A publication of Hubb- Sea World Research Institute pursuant to National Oceanic and atmospheric Administration. 45 pp.
- Ellis, S.C. y R.C. Reigh. 1991. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 97:383–394.
- Espinós F.J, A. Tomás, L.M. Pérez, S. Balasch, M. Jover. 2003. Growth of dentex fingerlings (*Dentex dentex*) fed diets containing different levels of protein and lipid. *Aquaculture*, 218:479–490.
- Folch, J., M. Lees y G. Stanley. 1957. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497-509.
- Hendricks, J. 2003. In Halver, J. y R. Hardy Editor. Fish nutrition. 3era. Edición. Academic Press, Inc. Estados Unidos de América. 4:182-246.
- Jobling, M., J. Koskela y R. Savolainen. 1998. Influence of dietary fat level and increased adiposity on growth and fat deposition in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquac. Res.*, 29: 601–607.
- Jobling, M. 1994. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall. Gran Bretaña. 307 pp.
- Kestemont, P., E. Vandeloise, C. Mélard, P. Fontaine y P.B. Brown. 2001. Growth and nutritional status of Eurasian perch *Perca fluviatilis* fed graded levels of dietary lipids with or without added ethoxyquin. *Aquaculture*, 203:85–99.



- Lagler, K.F. 1956. Freshwater fishery biology. Wm. C. Brown. Dubuque, Iowa.
- Lanari, D., E. D'Agaro y R. Ballestrazzi. 1995. Effect of dietary DP/DE ratio on apparent digestibility, growth and nitrogen and phosphorus retention in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacult. Nutr.*, 1:105-110.
- Lee, S. M., I.G. Jeon y J. Y. Lee. 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, 211:227-239.
- López, L., E. Durazo, M. Drawbridge y G. Tinoco. 2003. Preliminary studies on the impact of dietary lipids and energy to protein ratio on growth and feed consumption of white seabass *Atractoscion nobilis*. *In preparation*.
- Lovell, R.T. 1988. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand-Reinhold, New York, USA. 260 pp.
- Love, M. 1996. Probably more than you wanted to know about the fishes of the Pacific Coast. Really Big Press. Santa Barbara, California. 246-248 pp.
- Lupatsch, G., W.M. Kissil, D. Sklan y E. Pfeffer. 2001 Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Nutrition*, 7:71-80.
- Mathis, N. C., J. Feidt y Brun-Bellut. 2003. Influence of protein/energy ratio on carcass quality during the growing period of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). *Aquaculture*, 217:453-464.
- Montaño-Vargas, J., A. Shimada, P.C. Vásquez y M.T. Viana. 2002. Methods of measuring feed digestibility in the green abalone (*Haliotis fulgens*). *Aquaculture*, 213: 339-346.



- McGoogan, B. y D.M. Gatlin III. 2000. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*: II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. *Aquaculture*, 182:271–285.
- McGoogan B. y D.M. Gatlin III. 1999. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*: I. Effects of dietary protein and energy levels. *Aquaculture*, 178:333–348.
- National Research Council. 1993. Nutrient Requirements of Fish, National Academy Press. Washington, D.C. 114 pp.
- Page, J.W. y J.W. Andrews. 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 103:1339–1346.
- Peres, H. y A. Oliva-Teles. 2001. Effect of dietary protein and lipid level on metabolic utilization of diets by european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*, 25:269–275.
- Peres, H. y A. Oliva-Teles. 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 179:325–334.
- Santinha, P., F. Medale, G. Corraze y E. Gomes. 1999. Effects of the dietary protein-lipid ratio on growth and nutrient utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture nutrition*, 5:147–156.
- Sargent, J., D. Tocher y J. Gordon. 2003. The lipids. In Halver, J. y R. Hardy Editor. Fish nutrition. 3era. Edición. Academic Press, Inc. Estados Unidos de América. 4:182-246.
- Satpathy, B.B., D. Mukherjee, y A.K. Ray. 2003. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed conversion and body composition in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 9:17-24.



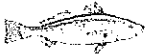
- Sealey, W. y D. Gatlin. 1999. Overview of nutritional strategies affecting health of marine fish. *Journal of Applied Aquaculture*, 9(2):11-25.
- Sheskin, D.J. 2000. Handbook of Parametric and nonparametric statistical procedures. 2da. Edición. Chapman and Hall. Estados Unidos de América. 982 pp.
- Stoskopf, M. 1993. Fish Medicine. W.B. Saunders Company. Estados Unidos de América. 882 pp.
- Tacon, A. 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Argent labs. Press. Redman, WA. 1:21-28.
- Takeuchi, T., Y. Shiina y T. Watanabe. 1991. Suitable protein and lipid levels in diet for fingerlings of red sea bream *Pagrus major*. *Nipp. Suis. Gakk.* 55(2):521-527.
- Tejada, I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Secretaría de Educación Pública. México, D.F. 397 pp.
- Thoman, E., D. Davis y C. Arnold. 1999. Evaluation of growout diets with varying protein and energy levels for red drum *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 176:343-353.
- Turano, M., D. Davis y C. Arnold. 2002. Optimization of growout diets for red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture Nutrition*, 8:95-101.
- Vergara, J.M., L. Robaina, M. Izquierdo, y M. Higuera. 1996. Protein sparing effects of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream. *Fish Sci.*, 64(4):624-628.
- Vojkovich, M. y J.R. Reed. 1983. White seabass, *Atractoscion nobilis*, in California – Mexican waters: Status of the Fishery. *California dept. of fish and game*. Marine Resources Branch. CalCOFI Rep., 24:79-83.



- Watanabe, T., T. Takeuchi, S. Satoh, T. Ida y M. Yaguchi. 1987. Development of low protein–high energy diets for practical crop culture with special reference to reduction of total nitrogen excretion. *Nipp. Suis. Gakk.*, 53(8):1413–1423.
- Williams, K.C., C.G. Barlow, L.Rodgers, I. Hockings, C. Agcopra y I. Ruscoe. 2003. Asian seabass *Lates calcarifer* perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. *Aquaculture*, 624:331–416.
- Williams, C. y E. Robinson. 1988. Response of red drum to various dietary levels of menhaden oil. *Aquaculture*. 70:107-120.

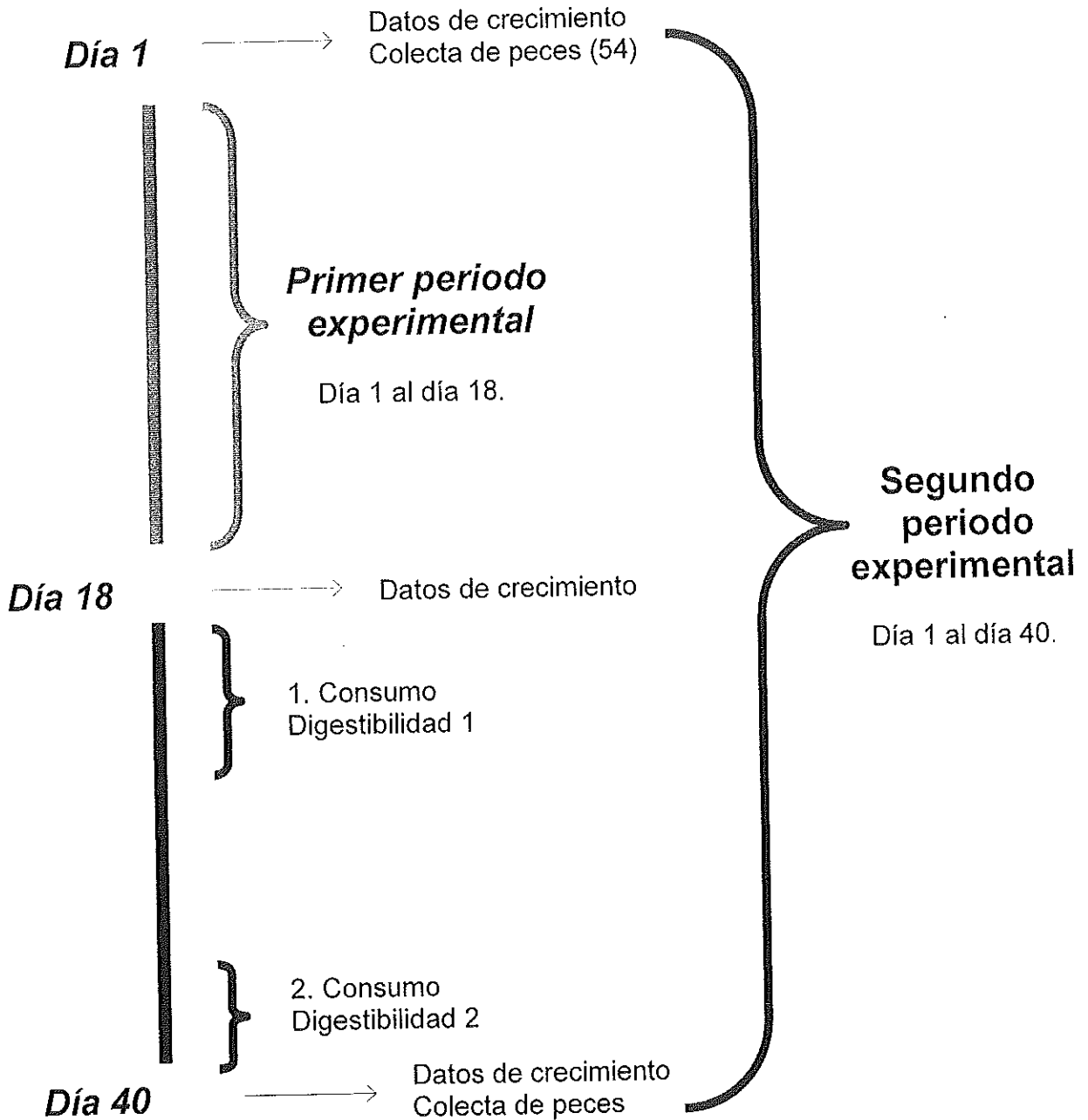


ANEXOS



ANEXO 1. Periodos experimentales

Anexo 1.1 Representación esquemática de la distribución temporal de muestreos y toma de datos a lo largo del bioensayo de alimentación.





ANEXO 2. Resultados por periodo experimental

Anexo 2.1. Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA, %) de los componentes bioquímicos y contenido energético de las cinco dietas experimentales y el alimento comercial (DC), para juveniles de *A. nobilis* a los 18 y 40 días de experimentación, así como cantidad de nutrientes ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y energía digestible (kcal kg^{-1}) en las dietas¹.

	DIETAS				
	D16	D18	D20	D22	DC
Día 18					
<i>Alimento</i>	82 ±0.44	78 ±0.37	90 ±0.40	85 ±0.57	82 ±0.24
<i>Proteína</i>	90 ±0.24	90 ±0.18	96 ±0.17	94 ±0.25	95 ±0.07
<i>Lípidos</i>	84 ±0.41	83 ±0.31	88 ±0.47	84 ±0.60	83 ±0.23
<i>Energía</i>	84 ±0.39	83 ±0.29	92 ±0.36	85 ±0.56	87±0.17
Día 40					
<i>Alimento</i>	95 ±0.12	96 ±0.11	97 ±0.13	96 ±0.13	89 ±0.14
<i>Proteína</i>	96 ±0.09	97 ±0.09	98 ±0.09	98 ±0.09	96 ±0.06
<i>Lípidos</i>	94 ±0.17	94 ±0.15	96 ±0.21	94 ±0.21	88 ±0.15
<i>Energía</i>	96 ±0.10	96 ±0.09	99 ±0.11	97 ±0.12	91 ±0.11
Nutrientes ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y energía ($\text{kcal kg}^{-1}$) digestibles²					
<i>Proteína</i>	57.2	57.1	59.4	58.4	47.0
<i>Lípidos</i>	13.8	16.0	17.9	19.1	12.8
<i>Energía</i>	5,014	5,156	5,514	5,393	4,627

1. Media ± error estándar. n = 3. Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)

2. En base seca



Anexo 2.2. Longitudes (mm) de juveniles de *A. nobilis* alimentados con diferentes concentraciones de lípidos en cada medición ¹.

<i>Dieta</i>	<i>Tiempo (días)</i>		
	<i>1</i>	<i>18</i>	<i>40</i>
<i>D16</i>	33 ±0.31	61 ±0.57	113 ±0.81 ^a
<i>D18</i>	31 ±0.57	59 ±0.18	111 ±1.44 ^a
<i>D20</i>	32 ±0.40	58 ±1.14	107 ±1.00 ^b
<i>D22</i>	33 ±0.38	58 ±0.72	99 ±0.89 ^c
<i>DC</i>	31 ±0.98	60 ±1.13	112 ±0.93 ^a

Anexo 2.3. Pesos (g) de juveniles de *A. nobilis* alimentados con diferentes concentraciones de lípidos en tres tiempos de medición ¹.

<i>Dieta</i>	<i>Tiempo (días)</i>		
	<i>Día 1</i>	<i>Día 18</i>	<i>Día 40</i>
<i>D16</i>	0.68 ±0.02	3.86 ±0.13 ^a	22.19 ±0.43 ^a
<i>D18</i>	0.62 ±0.04	3.65 ±0.12 ^{ab}	22.22 ±0.92 ^a
<i>D20</i>	0.61 ±0.01	3.40 ±0.13 ^b	17.23 ±0.40 ^b
<i>D22</i>	0.68 ±0.03	3.43 ±0.16 ^b	15.44 ±0.50 ^c
<i>DC</i>	0.65 ±0.03	3.23 ±0.13 ^b	18.56 ±0.38 ^b



Anexo 2.4. Factor de condición (K , g cm^{-3}) de juveniles de *A. nobilis* alimentados con diferentes concentraciones de lípidos en dos periodos de medición¹.

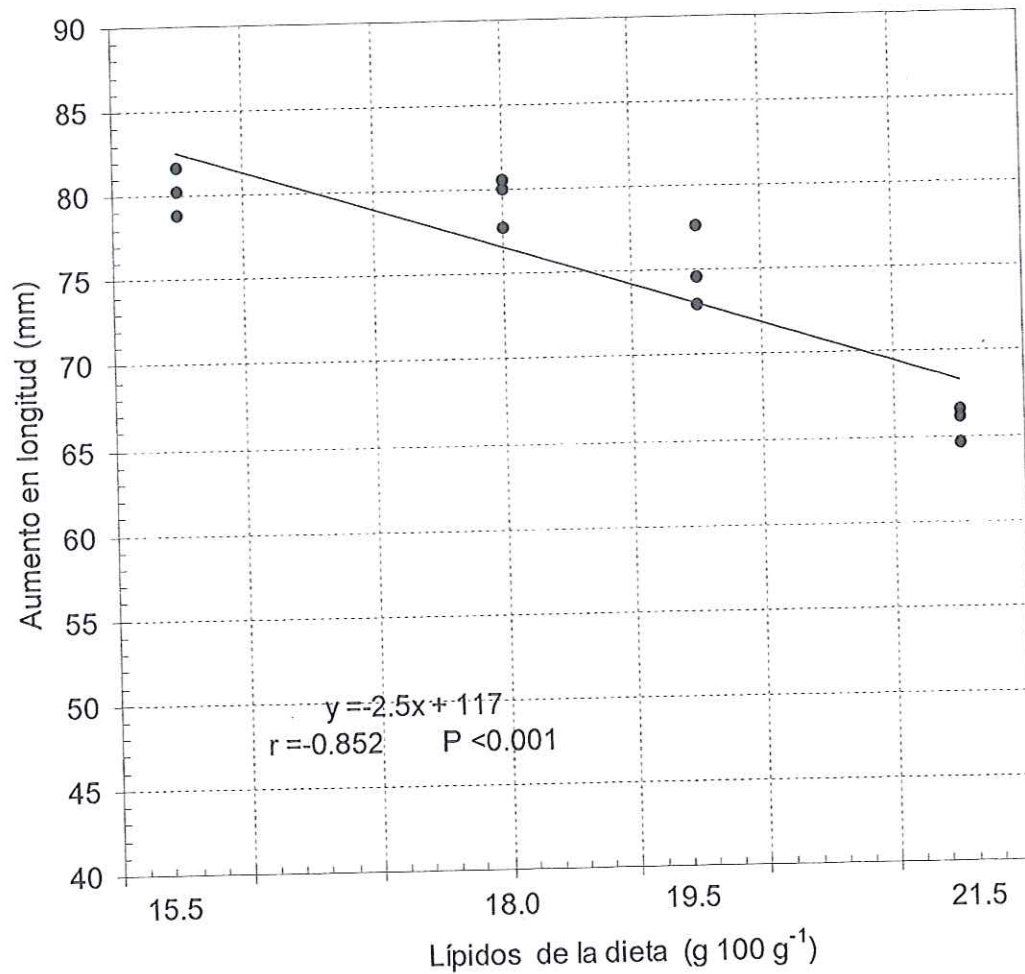
<i>Dietas</i>	<i>Tiempo (días)</i>	
	<i>18</i>	<i>40</i>
<i>D16</i>	1.7 ± 0.06^a	1.5 ± 0.03^a
<i>D18</i>	1.8 ± 0.06^a	1.6 ± 0.07^a
<i>D20</i>	1.7 ± 0.07^a	1.5 ± 0.03^a
<i>D22</i>	1.8 ± 0.09^a	1.6 ± 0.05^a
<i>DC</i>	1.5 ± 0.06^b	1.3 ± 0.03^b

1. Media \pm error estándar. $n = 3$. Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)



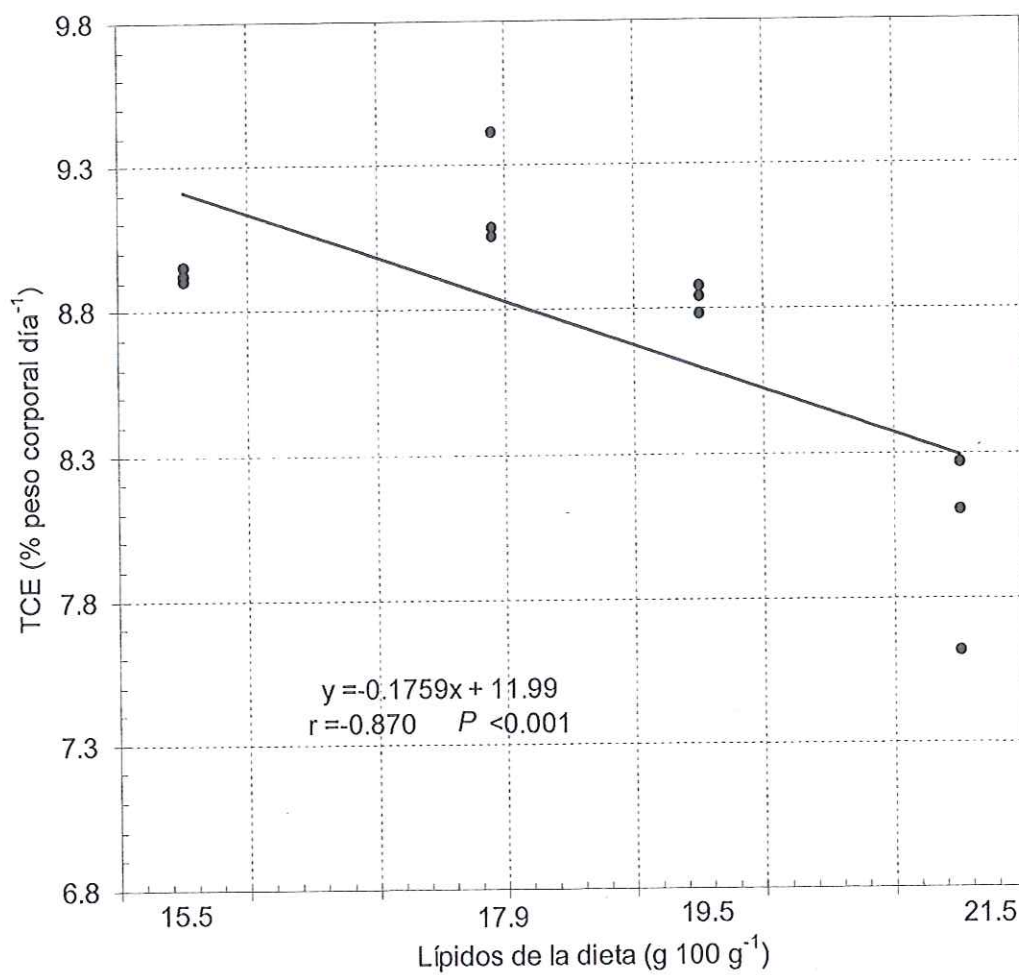
ANEXO 3. Regresiones lineales

Anexo 3.1. Regresión lineal calculada para la relación existente entre los lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y el crecimiento en talla (mm), durante 40 días de experimentación, en juveniles de *A. nobilis*.



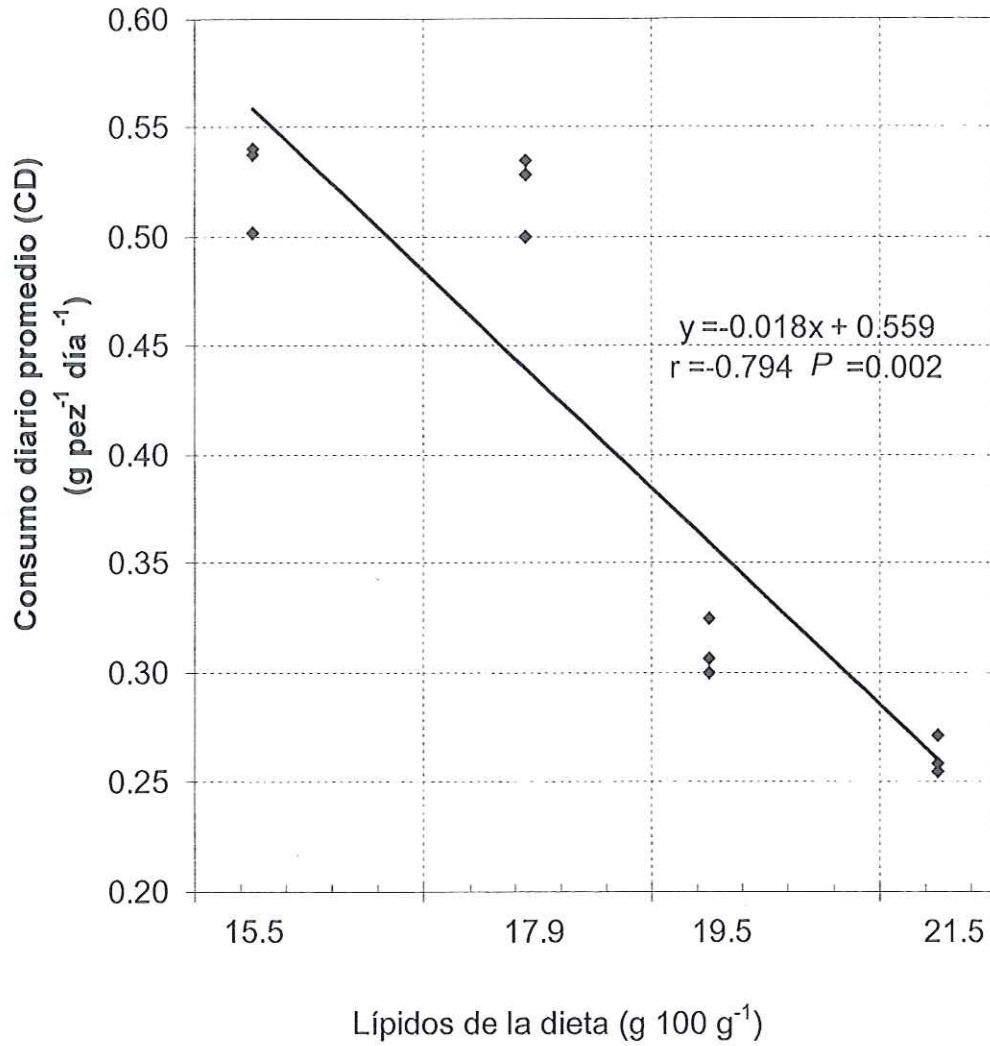


Anexo 3.2. Regresión lineal calculada para la relación entre lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y tasa de crecimiento específica (TCE, $\% \text{ peso corporal día}^{-1}$), en juveniles de *A. nobilis*.



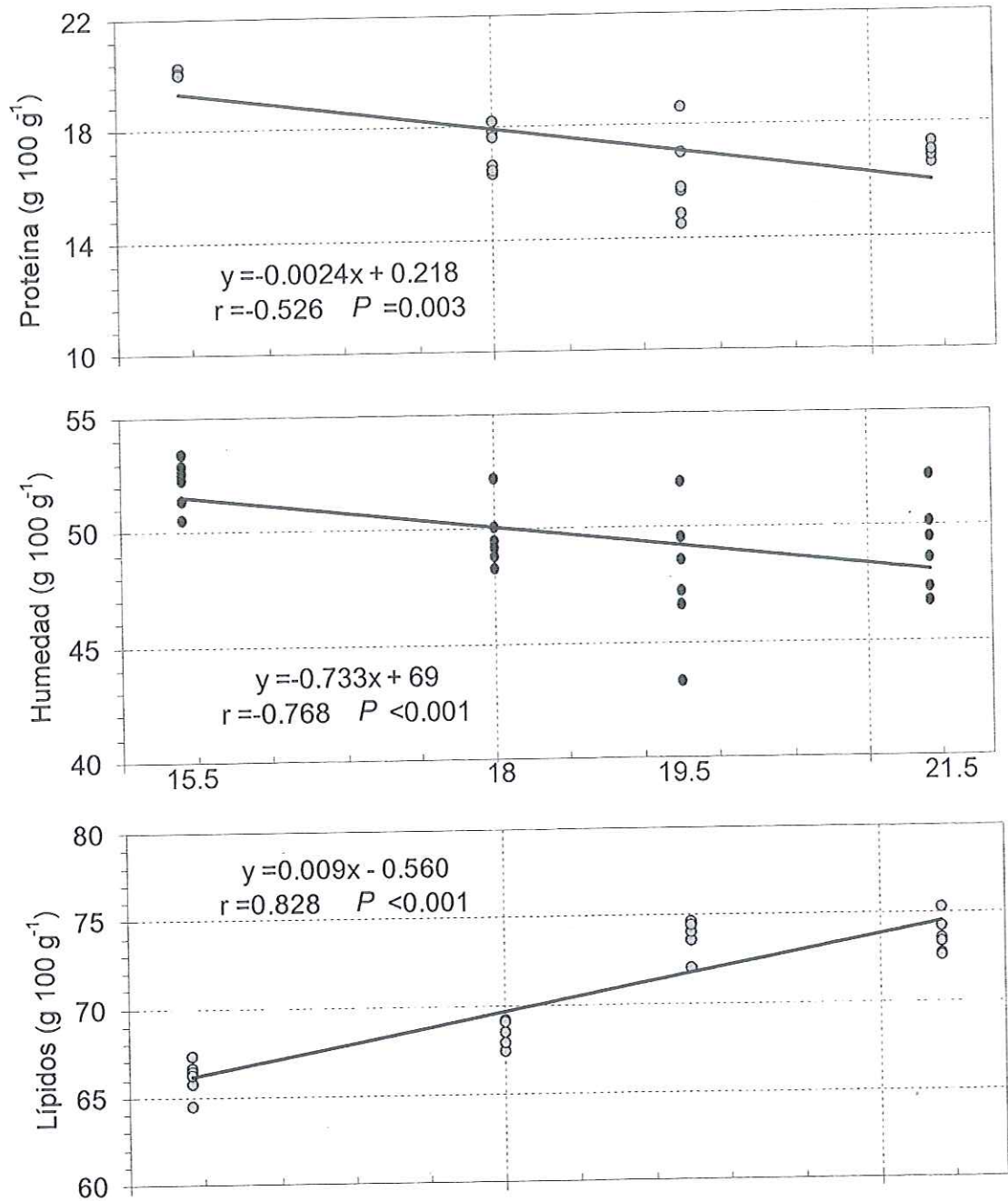


Anexo 3.3. Regresión lineal calculada para la relación entre los lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y el consumo diario promedio (C_{promedio} , $\text{g pez}^{-1} \text{ día}^{-1}$) por juveniles de *A. nobilis*.



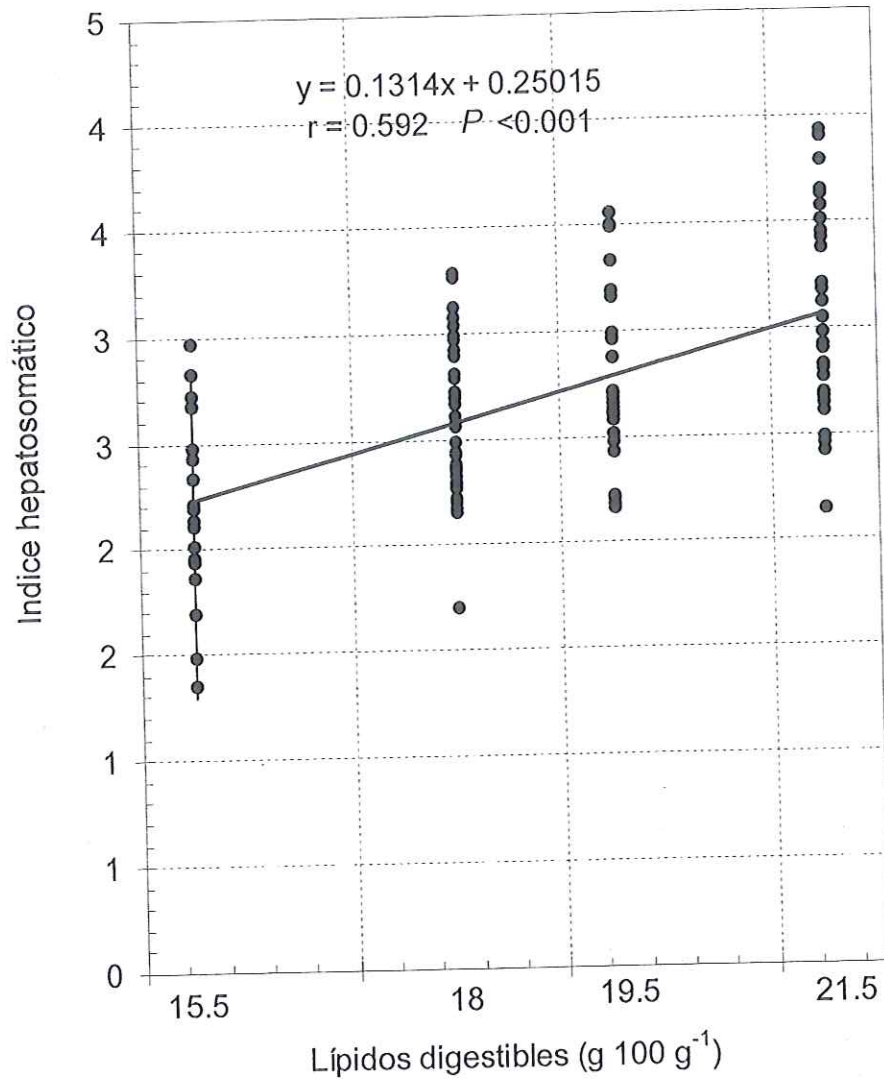


Anexo 3.4. Regresión lineal calculada entre los lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y los componentes bioquímicos del hígado ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) de juveniles de *A. nobilis*.



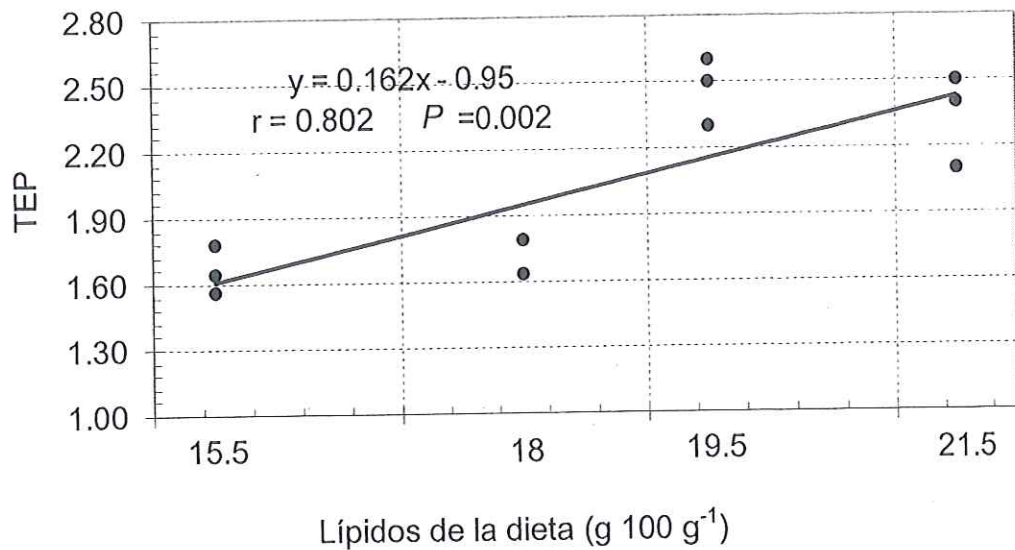
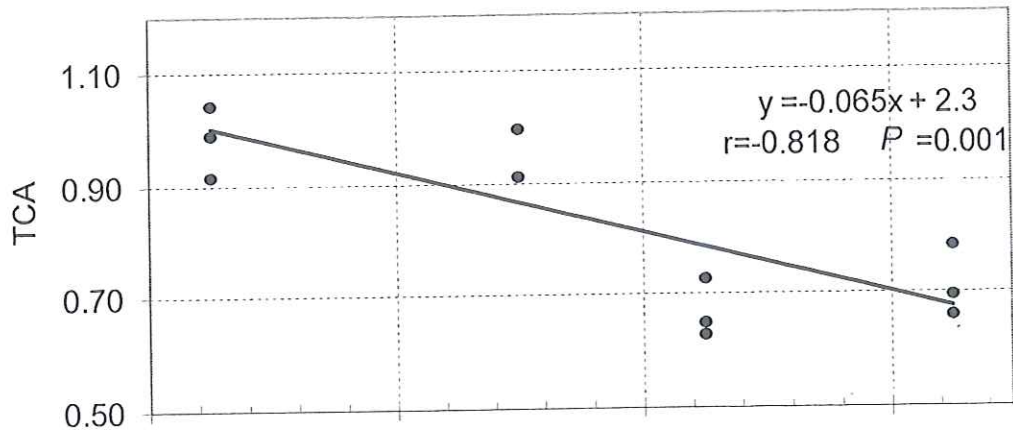


Anexo 3.5. Regresión lineal calculada para la relación entre los lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) y el índice hepatosomático (IHS) de juveniles de *A. nobilis* después de 40 días de experimentación.





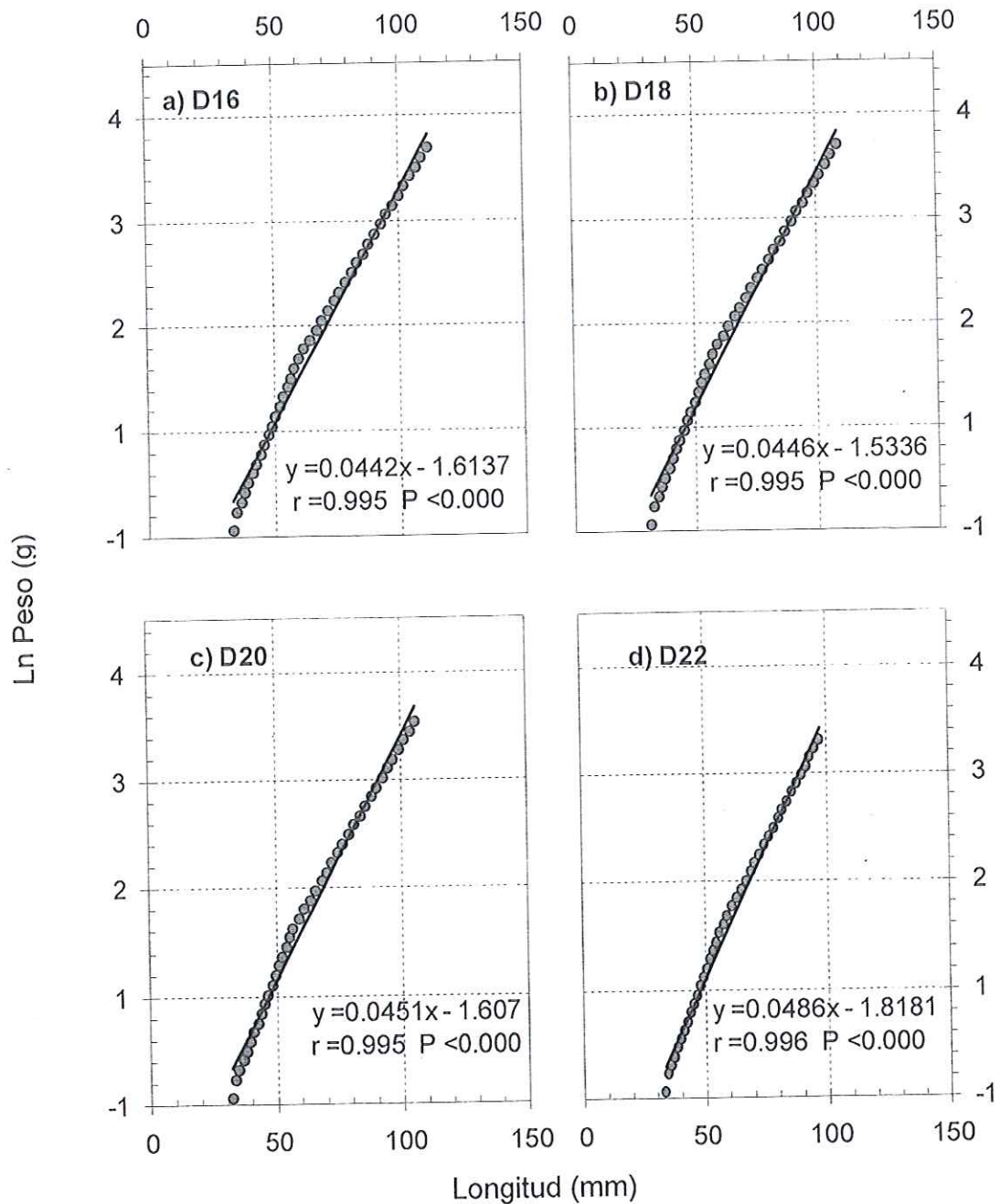
Anexo 3.6. Regresión lineal calculada para la relación entre los lípidos de la dieta ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), tasa de conversión alimenticia (TCA) y tasa de eficiencia proteica (TEP) de juveniles de *A. nobilis* después de 40 días de experimentación.

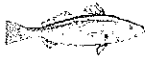




ANEXO 4. Relación peso - longitud

Anexo 4.1. Regresión lineal calculada para la relación entre la longitud (mm) y el logaritmo natural del peso (\ln g), de juveniles de *A. nobilis* alimentados con diferentes concentraciones de lípidos y una dieta comercial (DC).





Anexo 4.2. Grado de asociación entre la longitud (mm) y el peso (\ln g) de juveniles de *A. nobilis* según el coeficiente de correlación lineal (r). Se muestra la pendiente de la relación (b) y el cambio marginal (m) en gramos.

DIETAS					
	D16	D18	D20	D22	DC
<i>r</i>	0.99	0.99	0.99	1.00	0.99
<i>b</i>	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04
<i>m</i>	1.04	1.04	1.05	1.05	1.04



ANEXO 5. Relación consumo - crecimiento

Anexo 5.1. Regresión lineal calculada para la relación entre el consumo (g) de dietas de diferentes concentraciones de lípidos y el crecimiento (g) durante 40 días por juveniles de *A. nobilis* alimentados a saciedad.

