

**DIGESTIBILIDAD PROTEICA DE DIETAS PARA “RANDIÁ (*RHAMDIA QUELEN*) UTILIZANDO FUENTES ALTERNATIVAS DE PROTEÍNA EN REEMPLAZO DE LA HARINA DE PESCADO**

**Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales**

**SANTIAGO PANNÉ HUIDOBRO**

**TECNICO UNIVERSITARIO EN ACUICULTURA Y PESCA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE  
1991**

**LUGAR DE TRABAJO: DIRECCION DE ACUICULTURA  
SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA**



**ESCUELA PARA GRADUADOS ING. AGR. ALBERTO SORIANO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA – UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

**COMITÉ CONSEJERO**

**GABRIEL ALEJANDRO MORALES**

Doctor en Acuicultura

**CONSEJERO PRINCIPAL**

**GUSTAVO ALCIDES WICKI**

Técnico en Acuicultura

Magister en Acuicultura

**CONSEJERO**

**LUIS ALBERTO ROMANO**

Dr en Filosofía de la Naturaleza

**CONSEJERO**

**JURADO DE TESIS**

**LAURA SUSANA LÓPEZ GRECO**

Doctora en Ciencias Biológicas

**ANALIA FERNÁNDEZ GIMENEZ**

Doctora en Ciencias Biológicas

**FECHA DE APROBACION DE LA TESIS**

26 de noviembre de 2014

*“The cod fishery, the herring fishery  
and probably all the great sea fisheries  
are inexhaustible; that is to say,  
that nothing we do seriously  
affects the number of fish”.*

Thomas H. Huxley, "Inaugural Address," Fisheries Exhibition, London, 1883. En: Spencer F. Baird, *U.S. Commission on Fish and Fisheries. Part I. Report on the Condition of the Sea Fisheries of the South Coast of New England in 1871 and 1872* (Washington, D.C.: Government Printing Office, 1873), xxx–xxxix.

Quiero agradecer  
a Francisco, Luis y Gustavo;  
a Laura, Gabriel  
al personal del CENADAC  
y la Dirección de Acuicultura;  
a Ricardo, Claudia;  
a Tânia, Taciana y Lucas.

## INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS .....	VI
INDICE DE FIGURAS .....	VII
ABREVIATURAS .....	X
RESUMEN .....	XII
ABSTRACT .....	XIII
<b>CAPITULO 1 : INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	
1.1 INTRODUCCION .....	1
1.2 OBJETIVOS E HIPOTESIS DEL TRABAJO .....	6
1.3 MATERIALES Y METODOS .....	7
<b>CAPITULO 2 : DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i></b>	
2.1 INTRODUCCION .....	12
2.2 MATERIALES Y METODOS .....	16
2.3 RESULTADOS Y DISCUSION .....	20
2.4 CONCLUSIONES .....	28
<b>CAPITULO 3 : ENSAYO DE CRECIMIENTO EN JAULAS</b>	
3.1 INTRODUCCION .....	30
3.2 MATERIALES Y METODOS .....	34
3.3 RESULTADOS Y DISCUSION .....	36
3.4 CONCLUSIONES .....	46
<b>CAPITULO 4 : ANALISIS DE LOS RESULTADOS EN FUNCION DEL COSTO DE LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS</b>	
4.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS .....	48
4.2 CONCLUSIONES FINALES .....	51
<b>5. BIBLIOGRAFIA CITADA .....</b>	<b>52</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Formulación de las dietas control y experimentales (Dieta 1 y Dieta 2) .....	9
Tabla 2: Perfil de aminoácidos limitantes en las dietas control y experimentales (D1 y D2), y perfil de aminoácidos limitantes para peces omnívoros (con dietas con 35% de proteína) según Tacon (1989) .....	10
Tabla 3: Concentraciones del complejo Cr-DFC, proteína y humedad en alimentos y en heces .....	24
Tabla 4: Coeficientes de Digestibilidad Aparente calculados para las distintas dietas .....	25
Tabla 5: Pesos Finales, Incrementos en Peso Diario, Factores de Conversión Relativos y Tasas de Eficiencia Proteica .....	38
Tabla 6: Comparación de los FCR obtenidos por diversos autores.....	44
Tabla 7: Proporción de proteína animal y vegetal en las diferentes dietas, calculado según los valores de tabla mencionados por Tacon (1989) .....	48
Tabla 8: Análisis del costo del alimento elaborado y del alimento por tonelada de pescado producido .....	49

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de la unidad experimental, constituido por tres tanques conectados a una columna de decantación de acrílico, desde donde fueron colectadas las heces.....	17
Figura 2: A - Frecuencia de estómagos llenos (más del 75%), ½ llenos (entre 50 y 75%), ½ vacíos (entre 25 y 50%) y vacíos (menos del 25%) en el transcurso de 32 horas (horas 0, 4, 16 y 32) .....	21
B - Frecuencia de intestinos llenos (más del 75%), ½ llenos (entre 50 y 75%), ½ vacíos (entre 25 y 50%) y vacíos (menos del 25%) en el transcurso de 32 horas (horas 0, 4, 16 y 32) .....	21
Figura 3: Velocidades de tránsito digestivo en los distintos tratamientos .....	22
Figura 4: Valores de Temperatura y Oxígeno Disuelto durante el ensayo <i>in vivo</i> .....	23
Figura 5: Coeficientes de digestibilidad aparente .....	26
Figura 6: Valores de Temperatura y Oxígeno Disuelto registrados durante la experiencia en jaulas .....	37
Figura 7: Pesos Promedio finales obtenidos durante el cultivo.....	38
Figura 8: Crecimientos obtenidos durante el cultivo .....	39
Figura 9: Frecuencia de tallas .....	40
Figura 10: Incrementos en Peso Diario obtenidos durante el cultivo.....	42
Figura 11: Factores de Conversión Relativos obtenidos en la experiencia.....	43
Figura 12: Tasas de Eficiencia Proteica obtenidas en la experiencia .....	45
Figura 13: Porcentaje de inclusión de proteína animal y vegetal, harina de pescado y de soja en las distintas dietas .....	49

Figura 14: Precio por tonelada de alimento elaborado y precio del alimento  
por tonelada de pescado producido ..... 50



*“Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original, producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución”*

*firma*

## ABREVIATURAS

°C: Grados Centígrados

A: Absorvancia

BVAD: Bajo Volumen Alta Densidad

C: Dieta Control

CDA: Coeficiente de Digestibilidad Aparente

CENADAC: Centro Nacional de Desarrollo Acuícola

cm: Centímetro

Cr: Cromo

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Oxído Crómico

CV: Coeficiente de Variación

D1: Dieta experimental 1

D2: Dieta experimental 2

DFC: Difenilcarbazida

E: Energía

EM: Energía Metabolizable

F: Estadístico utilizado para verificar la correlación entre la variable dependiente y las variables independientes

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

FCR: Factor de Conversión Relativo

g: Gramo

GCH: Gonadotrofina Coriónica Humana

HP: Caballos de Fuerza

Hs: Horas

Ind: Indicador

IPD: Incremento en Peso Diario

Kcal: Kilocaloría

Kg: Kilogramo

L: Litro

m: Metro

m<sup>2</sup>: Metro cuadrado

m<sup>3</sup>: Metro cúbico

mg: Miligramos

mm: Milímetro

NEA: Noreste Argentino

NRC: The National Research Council

Nut: Nutriente

OD: Oxígeno Disuelto

p: Probabilidad o Grado de Significación Estadística

P: Proteína

PB: Proteína Bruta

pH: Concentración de iones de Hidrógeno

TEP: Tasa de Eficiencia Proteica

UI: Unidades Internacionales

## Resumen

*A fin de evaluar la posibilidad de reducir costos de alimentación en cultivo de *Ramdia quelen*, se realizaron dos ensayos experimentales. Uno orientado al cálculo de la digestibilidad in vivo de diferentes dietas con el fin de analizar como afecta el remplazo de la harina de pescado en su digestibilidad proteica. Por otro lado, un ensayo de crecimiento en jaulas para calcular su desempeño productivo. Ambas experiencias fueron realizadas en el Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (provincia de Corrientes, 27°32'S, 58°30'W) utilizando dos dietas experimentales (15 y 11% de harina de pescado) junto a un Control (20%). Para los estudios de digestibilidad se utilizó  $Cr_2O_3$  como marcador inerte, recolectando las heces en tanques cilindro-cónicos de 150 L conectados a una columna de decantación. Sólo fueron observadas diferencias significativas utilizando  $p=0,1$  ( $P = 0,0764$ ) en los valores de CDA de la proteína obtenidos entre el Control y la D2, sin observarse diferencias entre estas y la D1. La experiencia en campo se desarrolló en jaulas de  $1\text{ m}^3$ , con peces de un Peso Inicial promedio aproximado de 28 g, a una densidad de 300 individuos/jaula, durante 197 días de cultivo. Los Pesos Finales promediaron 302,81; 287,07 y 273,39 g para las dietas Control, D1 y D2, respectivamente, observando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el IPD, la TEP obtenida con la dieta Control superó a la de la D2 ( $P < 0.05$ ) y no observándose diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el FCR alcanzado con las diferentes dietas. Al analizarse los rendimientos obtenidos y los costos de las raciones suministradas, puede evidenciarse que si bien a medida que se reemplaza la proteína de origen animal, el precio por tonelada de dieta elaborada se reduce levemente, este se incrementa al analizar el costo del alimento por tonelada de pescado producido debido a un menor desempeño productivo de los peces.*

*Palabras claves: *Rhamdia quelen*, digestibilidad, jaulas, harina de pescado*

**Abstract**

*Two experiments were conducted in order to evaluate the effect of dietary fish meal replacement by alternative plant protein sources on protein digestibility, fish performance and associated feeding costs in the culture of *Randia quelen*. The first experiment was aimed to calculate in vivo protein digestibility of the diets to analyse to what extent this replacement affects its protein digestibility. On the other hand, a growing trial to calculate its productive and economical performance was conducted. Both trials were conducted at CENADAC (27°32'S, 58°30'W) using two experimental diets and a Control with 15, 11 and 20% of fish meal respectively. For the in vivo digestibility trial, diets were marked with chromic oxide(III), using 150L cylinder-conical tanks connected to a decantation column to collect faeces samples. Protein ADC values only showed significant differences with  $p=0,1$  ( $P=0,0764$ ) among Control and D2. Field trial was conducted using juveniles with an average initial weight of 28 g, at a density of 300 individuals/ cage (1 m<sup>3</sup> cages) during 197 days. Final average fish weights were 302.81, 287.07 and 273.39 g for control, D1 and D2, respectively. Fish fed different diets showed significant differences ( $P < 0.05$ ) in the IPD and the PET obtained with the control diet was higher than that obtained with D2 ( $P < 0.05$ ), although did not show any significant differences ( $P > 0.05$ ) in FCR with the different diets. The results obtained in the present study indicate that the partial replacement of dietary fish meal by plant protein ingredients can represent a slightly reduction in the cost of the diets, however, when was analysed the feeding cost per ton of fish produced, this was higher. We conclude that a decrease in fish meal inclusion in the diets does not necessarily imply a reduction in feeding costs due to a lower growing performance.*

*Key words: *Rhamdia quelen*, digestibility, cages, fishmeal*

## ***CAPITULO 1:***

### ***INTRODUCCION GENERAL***

#### ***1.1- INTRODUCCION***

Históricamente, se ha considerado a los océanos ilimitados respecto del abastecimiento de suficiente pescado como para atender a la siempre creciente población mundial (Jennings et al. 2001). El aumento en la demanda de productos pesqueros, no se debe necesariamente al aumento del consumo per cápita, que ha pasado a ser de 11,5 kg en la década del '70 a 16,7 kg per cápita en el 2006 (FAO 2008) y superado los 18,4 kg en 2009 (FAO, 2012), sino al propio crecimiento poblacional, el cual se ha duplicado desde 1960, alcanzando los 7,2 billones en el 2013 (Tacon, 2001; United Nations, 2013). Al mismo tiempo, la actividad pesquera se ha vuelto más industrializada, ha sobrepasado las capturas sustentables, conduciendo a una disminución de las poblaciones pesqueras en los principales caladeros mundiales. Este hecho se ve agravado por la pérdida de hábitats y la contaminación de los mares (World Bank 2007; FAO, 2008). Todo esto ha favorecido el rápido crecimiento de la producción por acuicultura para cubrir la falta de capturas pesqueras (Tidwell y Allan, 2001). Esta es la única manera de abastecer la creciente demanda de productos de la pesca a nivel mundial, ganando importancia como fuente de proteína para el consumo humano (Naylor et al., 2000; Tacon et al., 2006; FAO, 2012).

La producción acuícola mundial alcanzó en el 2011 otro nivel máximo sin precedentes de 62,7 millones de toneladas (excluidas las plantas acuáticas y los productos no alimentarios), llegando a proveer el 47,54 % de los productos pesqueros destinados al consumo humano ese año (FAO, 2013). Este panorama, ha llevado a considerar el desarrollo de alimentos de alta calidad elaborados con insumos más económicos para disminuir los costos de producción acuícola.

La industria de alimentos acuícolas se basa principalmente en el uso de harina de pescado debido a su correcto balance en aminoácidos, su perfil de ácidos grasos, así como a su gran palatabilidad (Cho y Bureau, 2001; Watanabe, 2002; Drew et al., 2007). Es además una fuente rica en vitaminas y minerales que juegan un importante papel en la nutrición animal (Windsor y Barlow, 1984). La composición de la harina de pescado, dependiendo del lugar de fabricación y con qué parte del pescado se elabora (pescado entero o desechos del procesamiento), puede estar constituida por un 6 a 12% de grasa cruda, 6 a 10% de humedad, 1 a 5% de sal y arena, 12 a 18% de ceniza cruda, antioxidante mínimo 100 ppm y un 64 a 70% de proteína cruda (NRC, 1993).

La proporción de la producción mundial de harina de pescado que es utilizada para la elaboración de alimentos para peces mostró un marcado incremento durante las últimas décadas, pasando aproximadamente del 10% de la producción anual en 1989, al 35% en el 2000, y al 73% para el 2010 (Baruah et al., 2004; Shepherd y Jackson, 2013).

Por otra parte, la industria acuícola compite por el uso de la harina de pescado con otros sectores de producción animal, que están utilizando cada vez más ingredientes a base de

este insumo (Wright, 2004), por lo que es previsible que este insumo se volverá cada vez más escaso y costoso.

Dada esta creciente demanda mundial por aceite y harina de pescado, utilizados en parte por la acuicultura, existe cada vez mayor interés por el uso potencial de fuentes de proteína y lípidos alternativos (Glencross et al. 2003; Carter et al. 2003; Kaushik et al., 2004), procurando sustituir estas fuentes por otras sustentables y renovables, o bien reducir su inclusión en los alimentos. Por otro lado, el elevado costo de las raciones, que en piscicultura intensiva puede superar el 60% de los costos operativos (FAO, 2006), ha llevado a un mayor control en la calidad de ingredientes y alimentos mediante estudios de digestibilidad de nutrientes y energía con el objeto de permitir la formulación de dietas que cubran las exigencias nutricionales de los peces a un mínimo costo.

Según Naylor et al. (2000), la única manera en que la industria acuícola sostendrá el crecimiento actual y su contribución a la oferta de productos pesqueros, es revertiendo la utilización de harina y aceite de pescado junto a la adopción de prácticas de manejo más ecológicas o amigables con el ambiente, entre las cuales figura una mejor utilización del alimento (NACA-FAO, 2000).

Además de la disminución en la harina y aceites de pescado, debido a la declinación mundial de los desembarcos pesqueros desde fines de la década del '80 (Pauly et al., 2002; Tacon et al., 2006), la harina de pescado ha elevado notoriamente su precio en los últimos años, superando en junio del 2012 un valor de US\$ 1600. por tonelada (Globefish, 2012).



Entre los ingredientes vegetales más estudiados como sustituto de la harina de pescado en dietas para peces, la soja y sus derivados, son considerados la fuente de proteína vegetal más importante, siendo utilizados con buenos resultados desde hace un par de décadas (Martínez Palacios et al. 1996; Dersjant-Li, 2002; Gatlin et al., 2007). La harina de soja es un ingrediente bien balanceado en su perfil de aminoácidos, aunque contiene menor cantidad de metionina que la harina de pescado, posee un costo razonable y su abastecimiento es estable.

Sin embargo, la harina de soja, como otras proteínas vegetales posee factores antinutricionales, como los inhibidores de la proteasa, el ácido fítico y las lectinas, que pueden ser inactivados mediante calor. La digestibilidad aparente de la proteína de la soja puede ser casi tan alta como la de la harina de pescado (Storebakken et al., 2000).

Otro ingrediente ampliamente utilizado es el gluten de maíz, que aunque es deficiente en lisina, cuando se incorpora de forma conjunta con la harina de soja reduce la deficiencia de metionina de esta (Cho y Bureau, 2001). A pesar de prácticamente no contener factores antinutricionales, su incorporación se ve limitada por su alto contenido en xantofilas que puede producir una coloración indeseable en la musculatura del pez (Cho y Bureau, 2001).

En Argentina, si bien la producción por acuicultura es aún incipiente, muestra un crecimiento constante, superando según datos de la Dirección de Acuicultura las 3000 toneladas en el 2012, mostrando un potencial interesante para este tipo de actividad (Panné Huidobro, 2013).

Uno de los problemas principales para el desarrollo de la acuicultura de especies nativas, muchas de las cuales poseen un gran potencial para su cultivo, es la falta de conocimiento sobre sus requerimientos nutricionales, ya que a nivel mundial sólo son estudiadas ampliamente aquellas especies de producción masiva y áltamente requeridas en el mercado (salmón, trucha, tilapia), y por ende sólo se elaboran dietas formuladas en función de sus requerimientos nutricionales (Wilson, 1986).

Una de las especies nativas que muestra un gran potencial productivo es el *Rhamdia quelen* (“randiá” en Argentina o “jundiá” en Brasil). Representante del orden Siluriformes, posee una amplia distribución natural, desde el clima cálido al norte hasta el templado en la región central de Argentina (López et al, 2003), encontrándose además presente en Brasil y Uruguay. Según Silfvergrip (1996), su distribución alcanza incluso hasta el sur de México. Ello, junto a su excelente respuesta zootécnica, entre otros atributos, la convierten en una interesante especie para producción comercial. Las tecnologías básicas para su cultivo y manejo fueron desarrolladas en la década del '80 y '90 (Luchini, 1990). A estos resultados se han sumado otros, obtenidos en los últimos años en Brasil, al efectivizarse su producción comercial (Baldisserotto y Radünz Neto, 2004), que incentivaron la investigación, junto a otras especies autóctonas habitantes de la Cuenca del Plata (Rossi y Luchini, 2007).

Adicionalmente, los productores del norte del país manifiestan constantemente la necesidad de mejorar su rentabilidad a través de estrategias que permitan reducir los costos de producción.

El conocimiento de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de las dietas, en particular la proteína, es sumamente útil para la formulación de raciones más eficientes. La elección de ingredientes de mayor digestibilidad permitirá además, el mantenimiento de una mejor calidad del agua en los estanques de cultivo, mejorando asimismo, el desempeño productivo (Coeficiente de variación, Supervivencia, Factor de Conversión Relativo, Incremento en Peso Diario y Tasa de Eficiencia Proteica, entre otros), de la especie cultivada.

De acuerdo con Robaina y Izquierdo (2000) es conveniente acompañar las determinaciones de digestibilidad con experiencias de engorde, para comprobar los resultados obtenidos. Así, la combinación de las pruebas *in vivo* junto con las de campo, ayudarán a optimizar las formulaciones con el objeto de desarrollar dietas más adecuadas a las condiciones de producción, lo cual permitirá aprovechar recursos locales y alcanzar un crecimiento conveniente para la especie en análisis (Pérez et al. 2003).

## **1.2- OBJETIVOS E HIPOTESIS DEL TRABAJO**

- Evaluar los índices de digestibilidad de las dietas desarrolladas en Argentina con reemplazo parcial de la harina de pescado mediante la inclusión de harina de soja y subproductos de maíz.
- Evaluar si la disminución de los niveles dietarios de proteína animal, sin modificar el perfil de aminoácidos, afecta el crecimiento y eficiencia alimentaria de los peces.
- Evaluar si se puede lograr el mismo rendimiento productivo disminuyendo los

costos operativos al reducir los propios del alimento.

Para ello se realizó por una lado un ensayo de digestibilidad *in vivo*, el cual nos permitió evaluar en qué medida la disminución en el contenido de harina de pescado afecta la digestibilidad de las proteínas en las dietas; y por otro lado un ensayo de campo para evaluar el crecimiento de los peces alimentados con las diferentes dietas. Con el análisis de estos rendimientos y los costos de los insumos, se evaluó la posibilidad de reducir los costos operativos derivados de la alimentación de los peces en cultivo.

***Se hipotetiza que el reemplazo parcial de la harina de pescado en la dieta no afecta en su digestibilidad, no afecta el crecimiento, ni el Factor de Conversión Relativo.***

### **1.3- MATERIALES Y METODOS**

Ambos estudios fueron realizados en las instalaciones del CENADAC (Centro Nacional de Desarrollo Acuícola) en la provincia de Corrientes (27° 32´S, 58° 30´W).

Se utilizó la especie *Rhamdia quelen* (Quoy y Gaimard, 1824), llamado comúnmente “randiá”, provenientes de cultivos efectuados en el CENADAC.

Los peces provinieron de un mismo desove realizado el 19 de octubre de 2007. Éste se efectuó mediante inducción hormonal con GCH (Endocorion) aplicándose 700 UI por kilo de hembra (1,5 kg de peso corporal) en dos dosis y una dosis de 350 UI aplicada a los machos (0,73kg de peso corporal), junto a la segunda dosis en las hembras. El desove se desarrolló mediante stripping y los huevos fueron dispuestos en incubadoras.

Una vez eclosionados, las larvas fueron transferidas a bateas y permanecieron en las mismas siendo alimentadas con un alimento en pasta (40% hígado, 30% yema de huevo, 20% ensilado, 9% levadura y 1% vitaminas) hasta el 25 de octubre, cuando se sembraron en estanques excavados de 300 m<sup>2</sup>, a una densidad inicial de 100/m<sup>2</sup>. El 13 de diciembre se cosecharon, clasificaron y dividieron en tres estanques, sembrándose a densidades de 5/m<sup>2</sup> hasta alcanzar el tamaño necesario para ser utilizados en la experiencia. El peso promedio de los peces al inicio de las mismas fue de 25,3 g.

Durante el desarrollo de la experiencia los peces fueron alimentados con una dieta control y dos dietas experimentales. Las fórmulas de las tres dietas pueden observarse en la Tabla 1.

Si bien las tres dietas no son isoproteicas, fueron formuladas procurando mantener la misma relación energía/proteína, y calculadas según los valores de tabla mencionados por Tacon (1989).

Asimismo, se priorizó mantener el perfil de aminoácidos limitantes entre las distintas dietas, en particular lisina y metionina. Ello resultó en dietas no completamente isoproteicas, siendo el contenido de proteína total de las dietas experimentales 1 y 2 levemente más elevado que la dieta control. El perfil de aminoácidos esenciales calculado de las tres dietas puede observarse en la Tabla 2.

Tabla 1: Formulación y contenido proteico y de energía de las dietas Control y experimentales (Dieta 1 y Dieta 2)

Ingredientes	Dieta Control	Dieta 1	Dieta 2
Harina de pescado	20%	15%	11%
Harina de carne y hueso	10%	7%	10%
Harina de soja	27%	36%	40%
Afrecho de arroz	30%	15%	9%
Gluten de maíz		8%	9%
Harina de maíz	11%	14%	13%
Aceite de soja		3%	4%
Fécula de mandioca			2%
Vitaminas	1%	1%	1%
Sal	1%	1%	1%
Agua	4 litros	3,7 litros	* 3,6 litros
Proteína	34,0%	36,8%	37,5%
Energía	3.201 kcal	3.438 kcal	3.509 kcal
Relación E/P	9,41	9,34	, 9,36
<i>(Kcal de E digestible/g de P)</i>			

\* 2 litros de agua para el preparado de la fécula de mandioca

Tabla 2: Perfil de aminoácidos limitantes en las dietas control y experimentales (D1 y D2), y perfil de aminoácidos limitantes para peces omnívoros (con dietas con 35% de proteína) según Tacon (1989).

Aminoácidos Limitantes	Dieta control	Dieta experimental 1	Dieta experimental 2	Dieta con 35% de proteína (Tacon 1989)
Arginina	2,15	2,19	2,28	1,51
Histidina	0,76	0,95	0,94	0,64
Isoleucina	1,58	1,74	1,77	0,98
Leucina	2,48	3,50	3,57	1,79
<i>Lisina</i>	<i>2,10</i>	<i>2,08</i>	<i>2,07</i>	<i>2,07</i>
<i>Metionina</i>	<i>0,66</i>	<i>0,68</i>	<i>0,67</i>	<i>0,67</i>
Cisteina	0,37	0,49	0,50	0,24
Fenilalanina	1,41	1,78	1,79	1,02
Tirosina	1,09	1,27	1,25	0,81
Treonina	1,24	1,39	1,41	1,13
Triptofano	0,37	0,40	0,39	0,21
Valina	1,69	1,93	1,95	1,16

Las dietas utilizadas para la experiencia *in vivo* fueron elaboradas en el propio CENADAC, proceso llevado a cabo mezclando los ingredientes secos en una mezcladora industrial por 10 minutos y luego del agregado de los componentes líquidos,

por otros 20 minutos. Esta mezcla fue posteriormente peletizada en una máquina picadora de carne Marani Hnos. de 1 HP con una criba con orificios de 2 mm de diámetro. Los pellets húmedos fueron secados a intemperie bajo sombra (hasta un contenido máximo de humedad del 8%) y posteriormente almacenados en lugar fresco y seco.



## ***CAPITULO 2:***

### ***DIGESTIBILIDAD IN VIVO***

#### ***2.1- INTRODUCCIÓN***

Hasta hace poco tiempo, los alimentos para organismos acuáticos eran generalmente evaluados en términos de crecimiento y composición corporal de los animales bajo cultivo, confiriendo poca atención a la digestibilidad de los ingredientes o de las dietas compuestas (Guillaume et al., 2004).

El conocimiento de la digestibilidad de las materias primas, es uno de los aspectos de mayor importancia para el desarrollo de dietas en acuicultura, ya que permite evaluar la capacidad de cierta especie para utilizar los nutrientes de un determinado alimento, indica la energía y los nutrientes disponibles para el crecimiento, mantenimiento y reproducción de los peces, así como los niveles de nutrientes no digeribles para la evaluación de los residuos de la acuicultura (Boscolo, et al. 2002). Ello permite formular de manera precisa dietas nutricionalmente completas y económicamente accesibles (Marín Zaldivar et al. 2002).

Adicionalmente, la determinación de la digestibilidad resulta necesaria para minimizar los desechos nitrogenados fecales, ayudando a preservar la calidad del agua de los cultivos (Marín Zaldivar et al. 2002).

El nitrógeno proveniente de la proteína en la dieta, es uno de los nutrientes de mayor importancia en acuicultura estimándose que, dependiendo de la especie y de la dieta utilizada, entre el 52 y el 95% del nitrógeno incluido en el alimento puede ser excretado (Wu, 1995). La cantidad y calidad de la proteína dietaria son factores que influyen la excreción del nitrógeno (Hardy y Gatlin, 2002). La calidad de la proteína, es principalmente determinada por su composición en aminoácidos y su digestibilidad.

Muchas veces, para la formulación de las dietas utilizadas en el cultivo de peces, se emplean valores de proteína y energía bruta o digerible de alimentos determinados para otros animales, resultando esto inadecuado ya que impacta tanto sobre la producción como sobre el ambiente, pues los nutrientes no digeridos y absorbidos serán excretados. Por otra parte, es importante considerar el balance correcto de la energía dietaria cuando se formulan dietas, debido a que una mayor proporción de energía puede resultar en una disminución de la ingesta, y por lo tanto en la reducción de la ingesta de nutrientes.

Por otra parte, un exceso de energía en la dieta puede provocar depósitos de grasa en el cuerpo (Page y Andrews, 1973; Hardy y Gatlin, 2002). Si la energía en la dieta no es suficiente, la proteína ingerida será utilizada para producir energía en lugar de sintetizar tejidos. Por ello, deben estudiarse los requerimientos en proteína a fin de elaborar una ración que permita al pez crecer y que a la vez, sea económicamente rentable.

La determinación del nivel proteico requerido por un pez es un cálculo complejo, debido a que muchos son los factores que pueden afectar la tasa de absorción de los productos de la degradación digestiva de las proteínas: temperatura del agua, la disponibilidad de oxígeno y de alimento, el tamaño del pez, su edad y sexo, el ayuno

previo, la cantidad de energía no proteica en la dieta, la calidad de la proteína, la disponibilidad de alimento natural y las prácticas de manejo (Manriquez, 1994; Robaina y Izquierdo, 2000).

El valor nutricional de un alimento no se basa únicamente en su composición química, sino también en la cantidad de nutrientes o energía que el pez pueda absorber y utilizar (NRC, 1993). En estudios de nutrición, para expresar este valor se utilizan coeficientes de digestibilidad, que describen la fracción de nutrientes o energía ingerida que no es excretada en las heces y depende, en principio de su composición química, pero también de la capacidad digestiva del animal hacia ese alimento (Hanley, 1987). Sin los datos de digestibilidad de los nutrientes, los nutricionistas se arriesgan a suministrar dosis altas, principalmente de proteína, que elevan el costo de producción sin ello representar una mejora en el crecimiento; o incluso el suministro de dosis inferiores a las requeridas, pudiendo ello reducir las tasas de crecimiento y el desempeño de los peces en cultivo (Gonzalves y Carneiro, 2003).

El coeficiente de digestibilidad puede calcularse por dos métodos; directo, donde la cuantificación del alimento ingerido y la colecta de las excretas son totales, y el indirecto donde la colecta de las excretas es parcial, utilizando indicadores como sustancias de referencia (NRC, 1993). La utilización del primer método se dificulta por el hecho de que el pez vive en un medio acuático, que contribuye a una rápida lixiviación de los nutrientes e imposibilita la colecta completa de las heces y la medición precisa del consumo de alimento. Por otra parte, ninguno de estos métodos considera la inclusión del material endógeno en la excreta, producto de la oxidación de proteínas, lípidos, enzimas digestivas, mucus, células de la pared intestinal y sustancias

presentes en la bilis (Lovell, 1998). Es por ello, que el método de evaluación más utilizado es el de “digestibilidad aparente”, que no tiene en cuenta tales pérdidas endógenas.

En el método indirecto, la utilización de componentes internos o el agregado de marcadores externos, no digeribles, elimina la necesidad de colectar la integridad de las heces, requiriendo sólo la colecta de una muestra representativa de las mismas (NRC, 1993; Vandenberg y De La Noüe, 2001). Este marcador inerte debe poder mezclarse fácilmente en el alimento, no interferir en el metabolismo digestivo y pasar por el intestino del pez con la misma velocidad que el alimento estudiado, no ser tóxico y poder analizarse con precisión (Kabir et al., 1998; Austreng et al., 2000). Varios marcadores externos han sido sugeridos para ser utilizados en estudios nutricionales, como el dióxido de titanio, cenizas insolubles, óxido crómico. Este último es el más utilizado con éxito en trabajos realizados con peces (NRC, 1993; Kabir et al., 1998; Fernández et al., 1999; Vandenberg y De La Noüe, 2001; Glencross et al., 2007).

Existen distintos métodos para la colecta de las heces, siendo tres las técnicas utilizadas en la actualidad:

- 1- colecta de las heces antes de ser excretadas, mediante presión abdominal, succión anal o disección (Kabir et al., 1998; Storebakken et al., 2000; Percival et al., 2001; Hemre et al., 2003; Glencross et al., 2003);
- 2- colecta de las heces sedimentadas dentro del tanque experimental o del efluente mediante la filtración del agua o columna de decantación y;
- 3- filtración continua o remoción del las heces del efluente.

El método de colecta empleado influenciará los valores de digestibilidad, pudiendo subestimarse o sobreestimarse este valor, dependiendo del método elegido. Entre estos, el "Sistema Guelph" diseñado por Cho et al. (1985) resulta muy apropiado para este fin. Este sistema posee la ventaja de que los peces no están expuestos a estrés, excretan en forma natural, mientras las heces resultantes ingresan por un tubo decantador ubicado al exterior del tanque en donde se realiza la extracción. Otra ventaja relacionada a éste método, es que no limita el tamaño de los peces a utilizar en un bioensayo (Hardy, 1997).

## **2.2- MATERIALES Y METODOS**

Los estudios *in vivo* fueron realizados en las instalaciones del CENADAC. Fue utilizado un diseño experimental totalmente aleatorio, con 3 tratamientos (Dieta 1, Dieta 2 y Control), y tantas repeticiones como tomas de muestras, el pool de muestras colectadas en un mismo día, representaba cada réplica, y donde cada tratamiento consistió de tres tanques de fibra de vidrio que conectaban a una columna de decantación de acrílico de 20 cm de diámetro, cortado en su base en forma diagonal, desde donde fueron colectadas las muestras de heces por medio de una válvula en su borde inferior. Los tanques cilindro-cónicos de 150 L de capacidad (Figura 1) fueron provistos de aireación artificial por medio de un soplador Gast de 1/2 HP de potencia conectado a un piedra difusora en cada uno de ellos, y poseían un recambio de agua aproximado de 2 a 4 L/minuto según la necesidad de limpieza o deposición de las heces en la columna de decantación. A cada tratamiento (dieta) se le asignó un grupo de 3 tanques.

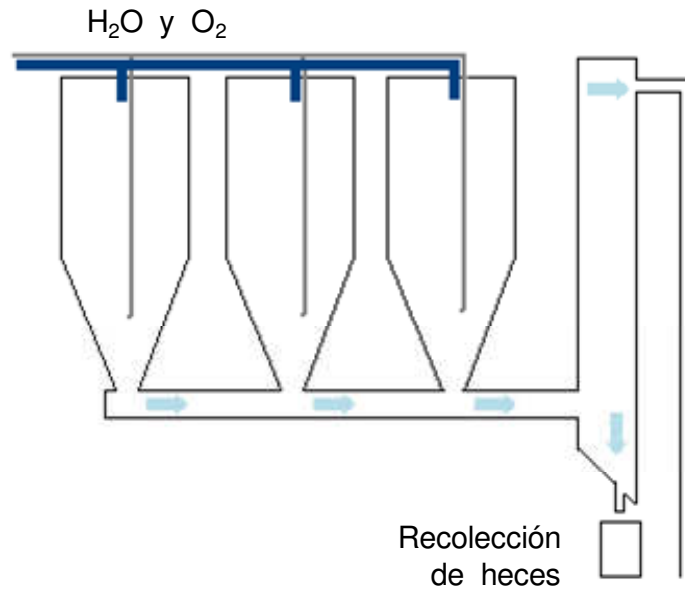


Figura 1: Esquema de la unidad experimental, constituido por tres tanques conectados a una columna de decantación de acrílico, desde donde fueron colectadas las heces.

Previo a la experiencia se efectuó un estudio exploratorio para determinar el número y tamaño óptimo de peces por tanque, la tasa alimentaria a partir del consumo “ad libitum” observado, determinar diferencias significativas entre las velocidades de tránsito entre las distintas dietas y poner a punto el sistema de análisis.

Para determinar las velocidades de tránsito digestivo se utilizaron 90 peces, con un peso promedio de 86,27 gramos, que fueron divididos en tres grupos en iguales cantidades (uno por tratamiento) y se los alimentó “ad libitum”, luego de lo cual, se tomaron 5 peces por tratamiento a las horas 0 (luego de alimentados), 4, 8, 12, 16 y 32, los peces fueron anestesiados con benzocaina y sacrificados para la disección del tubo digestivo completo, desde el esófago hasta el ano, que fue pesado con balanza (Kern 824) con un error de 0,01 g. y registrado el cambio de peso a medida que el alimento fuera digerido y excretado.

Adicionalmente, a otro grupo se le asignó categorías según la observación visual del estado de plenitud tanto para estómagos como para intestinos: lleno (75 - 100%), medio lleno (50 - 75%), medio vacío (25 - 50%) y vacíos (menos del 25%).

Por el estudio exploratorio se estableció un número de 13 individuos por tanque, con un peso promedio de 110 gramos. Los ejemplares fueron distribuidos en forma aleatoria en los tanques, y sometidos a un período de aclimatación de cinco días al nuevo ambiente y a las dietas a evaluar. Previo al inicio de la experiencia se los sometió a un ayuno durante un período de 48 horas.

Durante la experiencia se registraron los valores de temperatura y oxígeno disuelto, mediante un equipo YSI A55, por la mañana a las 7:00 hs. y por la tarde a las 17:00 hs.

El alimento utilizado para la experiencia *in vivo* fue elaborado de manera similar que para el estudio de campo, salvo el agregado de un 0,5% de óxido de cromo(III) ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) como marcador inerte, proceso llevado a cabo mezclando los ingredientes secos y el marcador en una mezcladora industrial por 30 minutos y luego del agregado de los componentes líquidos por otros 20 minutos. Esta mezcla fue posteriormente peletizada en una máquina de 1 HP con una criba con orificios de 2 mm de diámetro. Los pellets húmedos fueron secados a la intemperie y posteriormente almacenados en lugar fresco y seco.

Los peces se alimentaron con el alimento marcado (a una tasa del 4%, establecida según el estudio exploratorio) diariamente por la mañana, a las 8:00 hs, y por la tarde, a las

18:00 hs, por un período de 7 días, luego de su adaptación previa en los tanques y al alimento experimental.

Luego de cada alimentación, los tanques fueron limpiados de todo resto de alimento no consumido, y a partir de este momento se colectaron periódicamente las heces, las que fueron inmediatamente filtradas y puestas en hielo para ser posteriormente secadas durante 12 horas en estufa a 60 °C y almacenadas en un freezer hasta su posterior análisis. Las heces colectadas durante un mismo día formaban una misma muestra y cada día de colecta una repetición.

Para su análisis las muestras fueron descongeladas, molidas y tamizadas. El análisis abarcó determinaciones de humedad (en estufa a 60° C hasta peso constante); y proteína por Kjeldahl siguiendo los lineamientos de la Association of Official Analytical Chemists (1993) salvo el reemplazo del Óxido Mercúrico por Sulfato Cúprico Pentahidrato como catalizador de la digestión.

Para el pesaje de las muestras se utilizó una balanza analítica marca Ohaus AR 2140, con error de 0.0001 g, y en los análisis, reactivos de calidad analítica.

Para la determinación de la concentración de cromo, se procedió a la digestión ácida de las muestras según Furukawa y Tsukahara (1966) leídas por medio de un espectrofotómetro Unico 1200 a una longitud de onda de 550nm, por el método de la Difenilcarbazida (DFC) (Graner, 1972); calculándose la concentración del complejo Cromo – Difenilcarbazida formado según la siguiente ecuación (Bremer Neto et al., 2003a y Bremer Neto et al., 2003b).



Concentración del complejo Cr - DFC (mg/muestra) =  $25 * (2,015 (A + 0,009)) / 1000$

Posteriormente se calculó el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA), empleando el método denominado indirecto. Los cálculos se efectuaron según la siguiente fórmula (Cho et al. 1985):

$$CDA = 100 - 100 * [(\% \text{ Ind}_d / \% \text{ Ind}_h) * (\% \text{ Nut}_h / \% \text{ Nut}_d)]$$

Donde:

$\text{Ind}_d$  = % Indicador en la dieta

$\text{Ind}_h$  = % Indicador en las heces

$\text{Nut}_h$  = % Nutriente en las heces

$\text{Nut}_d$  = % Nutriente en la dieta

El estudio se realizó en un delineamiento totalmente aleatorio, con 3 tratamientos, y tantas repeticiones como tomas de muestras, para lo cual el pool de muestras colectadas en un mismo día, representaba cada réplica.

Los resultados se analizaron mediante Análisis de la Varianza y posterior Test de Duncan y/o Student, para diferenciación entre medias a través del paquete estadístico NCSS 2000.

### **2.3- RESULTADOS Y DISCUSION**

En la Figura 2, se observan los resultados de la asignación de categorías, durante las 32 horas siguientes a la alimentación, pudiéndose notar que al cabo de este lapso, los

estómagos se encontraban vacíos casi en su totalidad y que, aquellos encontrados aún llenos fue debido probablemente a la re ingesta de heces.

No se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las velocidades de tránsito digestivo entre las distintas dietas evaluadas, basado en la disminución de peso de los tractos digestivos (Figura 3).

Durante el estudio exploratorio la temperatura registrada promedió los  $21,3^{\circ}\text{C}$  y el Oxígeno Disuelto los  $6,47\text{ mg/L}$ .

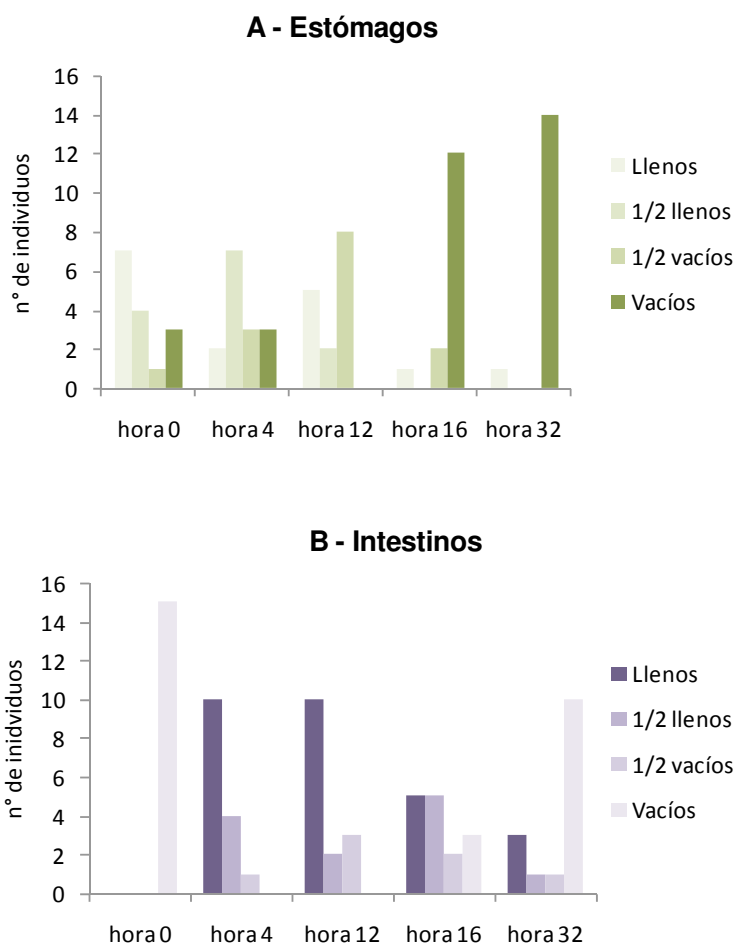


Figura 2: A - Frecuencia de estómagos llenos (más del 75%), ½ llenos (entre 50 y 75 %), ½ vacíos (entre 25 y 50%) y vacíos (menos del 25%) en el transcurso de 32 horas (horas 0, 4, 16 y 32) luego de alimentados.

B - Frecuencia de intestinos llenos (más del 75%), ½ llenos (entre 50 y 75%), ½ vacíos (entre 25 y 50%) y vacíos (menos del 25%) en el transcurso de 32 horas (horas 0, 4, 16 y 32) luego de alimentados.

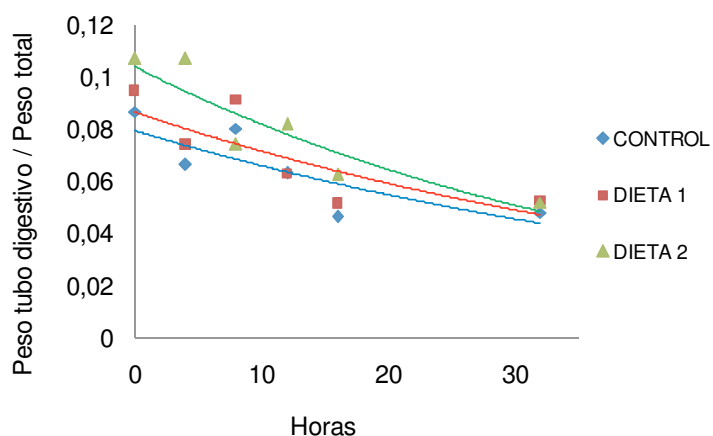


Figura 3: Velocidades de tránsito digestivo en los distintos tratamientos

Durante el estudio *in vivo*, los valores de Temperatura y Oxígeno Disuelto registrados mostraron para la Temperatura un promedio de 21,55 °C, con una máxima de 22,95 °C y una mínima de 20,55 °C. Para el Oxígeno Disuelto un valor promedio de 5,77 mg/L, con un máximo de 7,16 mg/L y un mínimo de 4,60 mg/L (Figura 4).

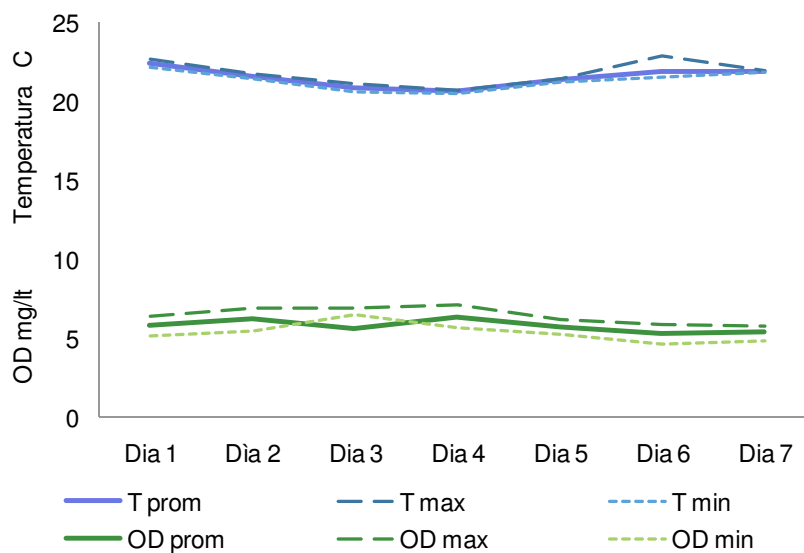


Figura 4: Valores de Temperatura y Oxígeno Disuelto durante el ensayo *in vivo*

Los resultados de los análisis sobre proteína, humedad y sobre la concentración del complejo Cromo-Difenilcarbazida en los alimentos y en las heces, efectuados en el laboratorio del CENADAC pueden observarse en la Tabla3.

Los valores de proteína obtenidos en laboratorio resultaron ligeramente inferiores (aproximadamente en un 2% cada dieta) a los calculados según los valores de tabla mencionados por Tacon (1989) (33,9; 36,76 y 37,68% para las dietas Control, Dieta 1 y Dieta 2, respectivamente).

Tabla 3: Concentraciones del complejo Cr-DFC, proteína y humedad en alimentos y en heces (análisis efectuados por triplicado).

	Complejo Cr-DFC (%)	PB promedio (%)	Humedad (%)
Alimentos			
Alimento Control	0,047	31,46	
Alimento Dieta 1	0,072	34,9	7,74
Alimento Dieta 2	0,069	35,38	
Heces			
Heces Control	0,107	10,96	
Heces Dieta 1	0,117	15,89	3,21
Heces Dieta 2	0,111	18,51	

Tal como señalan Divakaran et al. (2002), el método colorimétrico de la DFC brinda la mejor predicción de los valores de óxido crómico en muestras de alimentos y heces, al resultar más preciso que otros métodos que determinan las concentraciones de  $Cr_{(VI)}$  leídas directamente como absorbancia a 350, 370 y 440 nm de longitud de onda, por interferencias causadas por impurezas distintas al ión cromato presentes en las soluciones.

Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente de la proteína variaron desde 69,54% para la Dieta 2, hasta 84,77% para la dieta Control sólo observándose diferencias

significativas utilizando  $p=0,1$ , entre la Dieta Control y la Dieta 2 ( $F = 4,069$ ;  $p = 0,0764$ ), y no observándose diferencias significativas entre estas y la Dieta 1 (Tabla 4 y Figura 5).

Tabla 4: Coeficientes de Digestibilidad Aparente de la proteína (CDA) calculados para las distintas dietas

Tratamiento	% CDA promedio *
Dieta Control	84,77 <sup>a</sup>
Dieta 1	71,29 <sup>ab</sup>
Dieta 2	69,54 <sup>b</sup>

\* Promedio de 3 réplicas y 2 repeticiones por replica

\*\* Valores seguidos de la misma letra, dentro de la misma columna no difieren significativamente entre sí (Test de Student  $P=0,0764$ )

Los valores de CDA resultantes acompañan aquellos obtenidos en la experiencia de cultivo en jaulas, y son próximos a los señalados por Watanabe (2002), para la digestibilidad de la proteína por el bagre del canal (*Ictalurus punctatus*) de entre un 74 y 87%.

Page y Andrews (1973) trabajando también con *Ictalurus punctatus* obtuvieron valores aparentes de digestibilidad proteica de entre 80 a 90% utilizando alimentos con contenidos de 25 y 35% de proteína y elaborados con harina de pescado, harina de soja, gluten de maíz y maíz.

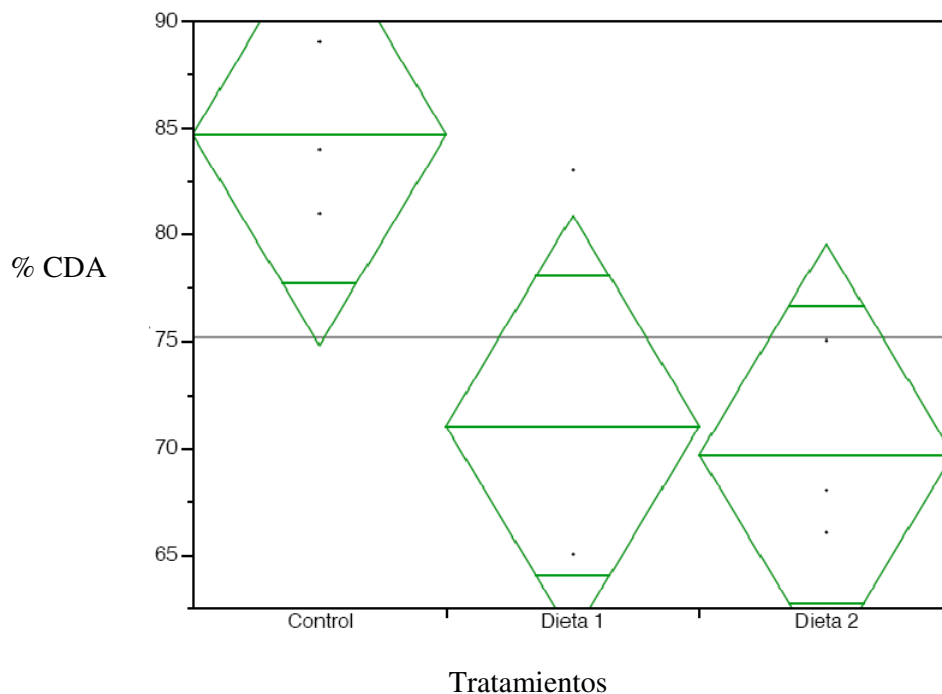


Figura 5: Coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína en las dietas Control y Dieta 1 y Dieta 2.

La carencia de mayores estudios para *Rhamdia quelen* dificulta la comparación de los resultados, siendo además que otros estudios de este tipo se enfocan hacia la digestibilidad de los ingredientes y no sobre las dietas.

Pezzato et al. (2002) evaluando la influencia del tamaño del pelet en tilapia (*Oreochromis niloticus*) y pacú (*Piaractus mesopotamicus*) con 100 g de peso promedio, informaron valores del CDA de la proteína del 82,84% para la tilapia y del 84,58% para el pacú, al utilizar alimentos isoproteicos con un 30% de proteína y isoenergéticos con 3200 kcal/ED/kg de ración, incluyendo en su formulación harina de pescado, harina de soja, maíz, y aminoácidos sintéticos (L-lisina y DL-metionina).

De Silva y Phillips, (2007) trabajando con tambaqui (*Colossoma macropomum*) de 140 g promedio y una dieta conteniendo un 27,6% de proteína, constituida por harina de pescado, harina de soja, maíz triturado y harina de trigo como fuente de proteína, obtuvieron un valor de CDA del 73,5%. Estos valores fueron más altos, llegando hasta un 91,5% cuando en la dieta se incluía un complejo multienzimático, compuesto por levadura seca, amilasas, proteasas, celulasas y lipasas, en niveles que variaban entre 0,05 y 0,15%.

Menghe et al., 2013, trabajando con channel catfish (*Ictalurus punctatus*) determinaron los CDA de la especie con alimentos elaborados con gluten de maíz, harina de germen de maíz, harina de colza en una dieta con 32 % de proteína y 8 % de harina de pescado obtuvieron valores entre el 75 y el 87 % para todos los ingredientes evaluados.

Como señalaron Divakaran et al. (2002) y Bremer Neto (2005), el método de la Difenilcarbazida fue efectivo al determinar las concentraciones del complejo Cromo – Difenilcarbazida formado para el cálculo del Coeficiente de Digestibilidad Aparente.

Por otra parte, Abimorad y Carneiro (2004), comparando diferentes métodos de colecta de las heces para la determinación del CDA en pacú, sugirieron que los valores obtenidos mediante el método de colecta por sedimentación similar al del presente trabajo (aunque no difirieron significativamente) tuvieron una mayor variación que los métodos de disección y de extrusión manual, provocado por factores como la lixiviación de los nutrientes y del marcador utilizado, la contaminación por mucus y escamas y hasta de partículas de alimento regurgitadas.



Según Guillaume et al. (2004), si bien el CDA de un nutriente se puede medir con gran precisión, la variabilidad debida a la metodología es grande. Por esta razón es muy difícil comparar valores de CDA obtenidos en diferentes laboratorios, sobre especies distintas o de diferente tamaño y para materias primas variadas. Adicionalmente, Kozloski et al. (1998) señalan que las variaciones relacionadas a la determinación de los marcadores pueden ser pequeñas cuando son comparadas a las fuentes de variación producidas por diferencias fisiológicas y ambientales.

Guillaume et al. (2004), señalan que las proteínas de origen animal son en su conjunto más digestibles que las de origen vegetal, hecho corroborado con los resultados del presente estudio. Sin embargo, el reemplazo de la harina de pescado por subproductos animales o vegetales ofrece la oportunidad de disminuir el costo final de la dieta.

Como lo sugirieron Cho y Bureau (2001) y Bureau y Viana (2003), deben realizarse mayores estudios para alcanzar una visión más integral que tome en cuenta tanto la composición de la dieta, en cuanto a proteína y energía digestible, así como al requerimiento de las mismas por unidad de peso vivo, o al costo por unidad de producto comercial terminado. La formulación de una dieta necesita considerar el costo relativo y disponibilidad de los diferentes ingredientes, así como el valor nutricional de los mismos. Actualmente, la selección de los ingredientes de una dieta se ve principalmente afectada por el costo y la disponibilidad a futuro de los mismos.

#### ***2.4- CONCLUSIONES***

El método utilizado para la colecta de las heces mostró resultados satisfactorios, obteniéndose muestras suficientes para su análisis, sin producir mayor estrés a los

peces.

Se observa que los coeficientes tienden a disminuir ligeramente, a medida que se reemplaza la harina de pescado, debiéndose tenerse en cuenta que no se valoró la digestibilidad de los otros macronutrientes de la dieta, en especial de los lípidos, ya que estos constituyen la principal fuente de energía no proteica en las dietas para peces (NRC, 1993), como la interacción existente entre los distintos ingredientes utilizados.

Los ensayos de digestibilidad *in vivo* demostraron ser un método efectivo, menos costoso y rápido que los ensayos de crecimiento en la evaluación de niveles de inclusión de diferentes insumos utilizados en la elaboración de dietas para peces.

### ***CAPITULO 3:***

#### ***ENSAYO DE CRECIMIENTO EN JAULAS***

##### ***3.1- INTRODUCCION***

La producción de organismos acuáticos en jaulas suspendidas en un cuerpo de agua es una innovación relativamente reciente de la acuicultura (Tacon y Halwart, 2007), si bien su origen para mantenimiento o transporte de peces por cortos períodos puede remontarse varios siglos atrás en la región de Asia. Los cultivos comerciales fueron pioneros en Noruega en los años ´70 con el desarrollo de la salmonicultura y han crecido rápidamente en los últimos 20 años (Beveridge, 2004).

En la actualidad el cultivo comercial en jaulas se destina mayormente a especies de alto valor, en general a especies carnívoras marinas y de agua dulce (salmón, pez limón, dorada, lubina, cobia, trucha, corvina amarilla, entre otros) y en una proporción cada vez mayor a especies omnívoras de agua dulce (incluyendo las carpas chinas, tilapia, tambaqui, y varios silúridos). Por otra parte los sistemas empleados para la producción en jaulas son actualmente tan diversos como las especies que son cultivadas, variando de las operaciones de corte familiar (principalmente en los países de Asia) hasta las producciones comerciales desarrolladas en Europa y América (Pillay y Kutty, 2005; Grøttum y Beveridge, 2007; De Silva y Phillips, 2007; Masser y Bridger, 2007).

La producción de acuicultura en jaulas en agua dulce es practicada, en general, en

pequeña escala, pero en algunas instancias estas producciones pueden contribuir significativamente al nivel de producción (De Silva y Phillips, 2007). Estas jaulas tienden a ser relativamente menores en volumen comparadas con las usadas en ambientes marinos, con un rango entre  $1\text{m}^3$  a  $4\text{m}^3$  permitiendo una mayor renovación de agua en su interior, admitiendo por lo tanto, mayor carga de peces, comparado con las de alto volumen (Schmittou, 1992).

Las densidades óptimas utilizadas en estas jaulas, llamadas “de bajo volumen y alta densidad” (BVAD o LVHD según sus siglas en inglés), varían entre 300 y 500 individuos/ $\text{m}^3$  pudiendo alcanzar biomásas de entre 150 a 250  $\text{kg}/\text{m}^3$  (Schmittou, 1992). Debido a las altas densidades de cultivo utilizadas, los peces se ven imposibilitados de procurar alimento natural que pueda suplir cualquier deficiencia nutricional en la dieta ofrecida, por lo que es importante brindar un alimento nutricionalmente completo, que asegure un buen crecimiento y el mantenimiento de condiciones saludables en los peces (Lee, 1973; Collins, 1975; Tucker, 1985; Lovell, 1991). Lovell (1973) sugiere que el bagre del canal (*Ictalurus punctatus*), cuando es cultivado en jaulas, requiere un mayor nivel de proteína en la dieta que cuando es cultivado en estanques excavados.

La alimentación del randiá es bastante variada, siendo un pez omnívoro con preferencia por peces, crustáceos, insectos, restos vegetales y detritos orgánicos (Gomes y Schlindwein, 2000); aceptando muy bien alimento artificial elaborado con diferentes ingredientes, tanto de origen animal como vegetal.

Si bien existen trabajos relacionados a los requerimientos proteicos de *Rhamdia quelen*, muchos de los valores utilizados en el cálculo de las raciones se basan en las exigencias

nutricionales conocidas para el bagre del canal (Baldisserotto y Radünz Neto, 2004; Graeff et al., 2006).

Por otro lado, si bien los requerimientos proteicos en el bagre del canal han sido estudiados por varios años, aún se encuentra bajo debate cuál es el nivel de inclusión de proteína que provee un crecimiento rentable (Robinson et al., 2001), ya que el nivel de proteína y aminoácidos necesarios para alcanzar una mayor ganancia económica cambiará de acuerdo a la variación del costo de los ingredientes. Adicionalmente, es dificultoso determinar el nivel óptimo de proteína para todas las situaciones de cultivo, debido a factores que afectan la utilización de la proteína como la temperatura del agua, disponibilidad de alimento, talla de los peces, proporción de energía no proteica en la dieta, calidad de la proteína, y diferentes prácticas de manejo (NRC, 1993; Craig y Helfrich, 2002).

En alimentación del *I. punctatus*, Page y Andrews (1973) sugieren que para peces con un peso corporal menor a 500 g, sería adecuada una dieta con 25% de proteína; por otro lado, Schwedler et al. (1989) recomiendan alimentar con una dieta con más de 32% de proteína suplementada con vitaminas y minerales y, dentro de lo posible, extrusado. Webster et al. (1992a) estudiando la misma especie cultivada en estanques de tierra no encontraron diferencias significativas en cuanto a la ganancia en peso utilizando dietas con 34% y 38% de proteína. Hardy y Gatlin (2002) informan que las dietas comerciales para el bagre del canal contienen entre 28 y 36% de proteína.

Graeff et al. (2006), en producción de randiá utilizando dietas para engorde con 28% de proteína encontraron un mejor desempeño en los peces cuando la dieta presenta una

relación de 10 kcal de EM/ g de proteína en la ración, respecto a dietas con 8 y 9 kcal de EM/g de proteína. Estos valores de proteína y de la relación EM/PB son similares a los recomendados por Gatlin (2001) para *I. punctatus*, con relaciones de entre 9 y 10 kcal EM / g de proteína para dietas con niveles proteicos entre 28 y 32%.

Entre los insumos utilizados para la elaboración de dietas para peces, la harina de pescado ha sido históricamente la fuente de proteína más importante, debido a la calidad de su proteína, su buen balance de aminoácidos, palatabilidad, contenido vitamínico, ausencia de factores antinutricionales, abundancia y bajo costo, siendo utilizada en proporciones que van de 5 a 50% de inclusión en la dieta (Tacon, 1993; Dersjant-Li, 2002; Turker et al., 2005; Miles y Chapman, 2006; Jackson, 2006; Gatlin et al., 2007; Drew et al., 2007). Sin embargo, su costo creciente está restringiendo su uso, existiendo un creciente interés por el potencial de fuentes de proteína alternativa en alimentos para acuicultura (New y Wijkström, 2002; Lanari y D'Agaro, 2005; Gatlin et al., 2007).

Entre estas fuentes alternativas de proteína se encuentran las harinas de subproductos del procesamiento de animales y pescados, y las proteínas derivadas de oleaginosas y cereales, así como sus concentrados proteicos (Hardy, 1996).

Entre las proteínas vegetales alternativas, la soja (*Glycine max*) es considerada como la más económica y nutritiva, con un alto contenido de proteína bruta y un balance de aminoácidos esenciales razonable, aunque su inclusión en alimentos para peces se puede ver limitada por su déficit en metionina, y la alta concentración de factores anti nutricionales como inhibidores de las proteasas y el inhibidor de la tripsina, muchos de los cuales son inactivados mediante tratamiento térmico adecuado (Martínez Palacios et

al., 1996; Dersjant-Li, 2002; Gatlin et al., 2007). Su porcentaje de proteína varía dependiendo del producto, siendo el más utilizado, la harina de soja, subproducto de la extracción del aceite (por prensado mecánico o por solvente), con un porcentaje de PB que varía entre 44 y 48% (Kubitza, 1999).

Otro ingrediente proteico utilizado es el gluten de maíz (*Zea mays*) (Kubitza, 1999; Gatlin et al., 2007), producto resultante del procesamiento del maíz para la extracción del almidón. Posee un contenido entre 42 y 60% de proteína, mientras que las formas purificadas alcanzan una concentración de entre 70 y 73% de proteína bruta. Es un producto altamente digerible, aunque deficiente en lisina, que es incorporado a las dietas en niveles del 10 al 15%, aunque se limita su inclusión cuando es utilizada en dietas para peces donde se desea un filete blanco, debido a que los altos niveles de carotenoides confieren una coloración amarillenta al pescado terminado (Gatlin et al., 2007).

La finalidad del presente trabajo es evaluar si la disminución de la proteína animal, en especial la harina de pescado (sin modificar el perfil de aminoácidos), afecta al crecimiento de los peces. Asimismo se pretende analizar si se puede lograr el mismo rendimiento productivo reduciendo el costo del alimento.

### **3.2- MATERIALES Y METODOS**

La experiencia totalizó 197 días de cultivo, iniciándose el 15 de febrero del 2008 y finalizando el 1 de septiembre del mismo año.

Para el ciclo de engorde se utilizaron jaulas de bajo volumen y alta densidad de  $1 \text{ m}^3$ , las que fueron emplazadas en dos trenes dentro de un estanque de 0,5 hectárea y una profundidad media de 1,80 m, sin renovación de agua salvo para compensar las pérdidas por evaporación y percolación. Se evaluaron las dietas experimentales (Dieta 1 y Dieta 2) frente a una dieta control (Control) utilizada previamente en cultivo de “randiá”, con tres réplicas por tratamiento.

La densidad utilizada durante el cultivo fue de 300 individuos por jaula. El peso inicial promedio de los peces fue de 28,08 g para el Control, 27,10 g para la Dieta 1 y de 28,13 g para la Dieta 2.

Los peces fueron alimentados durante 121 días, comenzando con una tasa de alimentación diaria del 6% de la biomasa existente, valor que fue ajustado en función del descenso de la temperatura a 5% a partir del segundo mes de cultivo, a un 4% a partir del tercer mes y a un 3,5% del cuarto mes hasta el fin de la experiencia. Para la regulación de esta variable se siguió lo planteado por Luchini y Quiros (1990) en experiencias de similares características desarrolladas en Entre Ríos.

Se registró diariamente la temperatura, el Oxígeno Disuelto (OD) (ambos con un equipo YSI A55) y el pH (mediante un pHmetro Hach EC 40).

Se realizaron 3 biometrías a los días 26, 56 y 87 días de ensayo. Posteriormente, debido a las bajas temperaturas no se realizaron biometrías, para evitar estresar a los peces. Durante los muestreos, se cosecharon 30 peces por jaula, que fueron anestesiados con benzocaína y se les midió el largo y el peso individual (mediante ictiómetro y balanza



Kern 824 con un error de 0,1 g).

Al final de la experiencia se procedió a la cosecha de los peces con el levante total de las jaulas, tomando las medidas individuales de 60 individuos por jaula. A los peces remanentes se los pesó grupalmente en una balanza vascular y se contabilizó la totalidad de los peces en cada jaula.

Se calcularon los siguientes índices:

- Coeficiente de variación (CV) = Desviación estándar/promedio
- Factor de Conversión Relativo (FCR) = Alimento suministrado / Peso obtenido
- Incremento en Peso Diario (IPD) = (Peso promedio final – Peso promedio inicial) / días de cultivo
- Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) = Peso ganado / Proteína suministrada

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con tres tratamientos y tres réplicas por tratamiento. Los resultados fueron analizados mediante Análisis de la Varianza y posterior Test de Duncan para diferenciación entre medias a través del paquete estadístico NCSS 2000.

### ***3.3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN***

Las variables ambientales registradas durante la experiencia pueden observarse en la Figura 6. La temperatura mostró un valor promedio de 21,4°C, con una mínima de 9,2°C y una máxima de 33,4°C; los valores de OD mostraron una concentración

máxima de 14,88 mg/L y una mínima de 1,89 mg/L, con una concentración promedio de 7,33 mg/L. Los valores de pH variaron entre 7,02 y 8,77, con un promedio de 7,93.

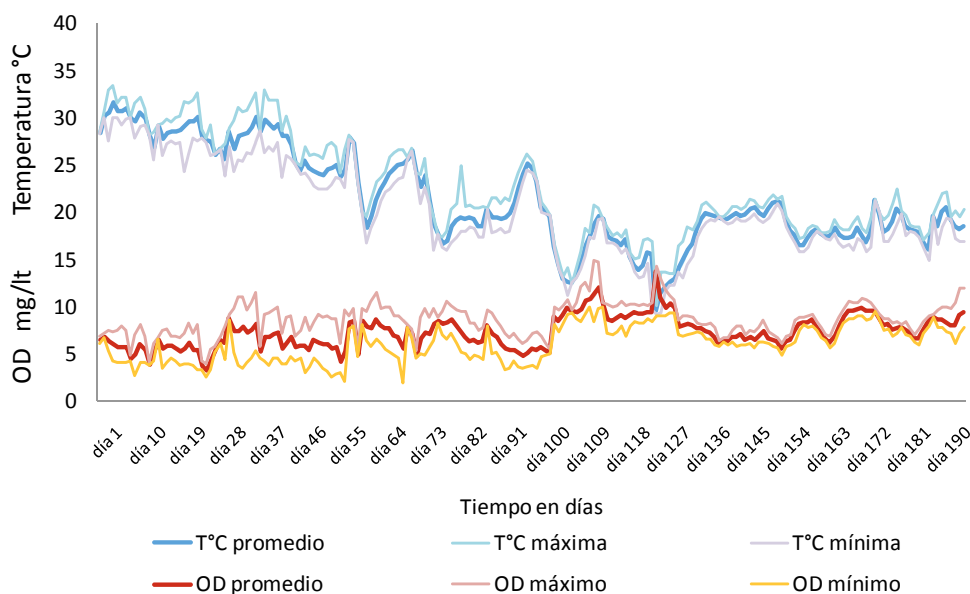


Figura 6: Valores de Temperatura y Oxígeno Disuelto registrados durante la experiencia de cultivo en jaulas.

Durante el cultivo la sobrevida fue satisfactoria, observando un valor medio para el tratamiento control de 96%, 89% para la Dieta 1 y 93% para la Dieta 2.

En la Figura 7, se presentan los Pesos Finales alcanzados, mientras que en la Tabla 5, pueden observarse, además de los Pesos Finales, los Incrementos en Peso Diario, los Factores de Conversión Relativos y las Tasas de Eficiencia Proteica obtenidos cuando se alimentó con las diferentes dietas. Un mayor peso final en la dieta Control, se corresponde con mayores Incrementos en Peso Diarios, menores Factores de Conversión y un mejor uso de la proteína. Inversamente, cuando se suministró la Dieta 2 se observó un menor incremento diario de peso que resultó en un menor peso corporal

final. En este último caso, los peces alimentados con una dieta con menor contenido de proteína animal y mayor contenido de harina de soja arrojaron un mayor Factor de Conversión (aunque sin diferencias significativas) y menor utilización de la proteína respecto al tratamiento Control.

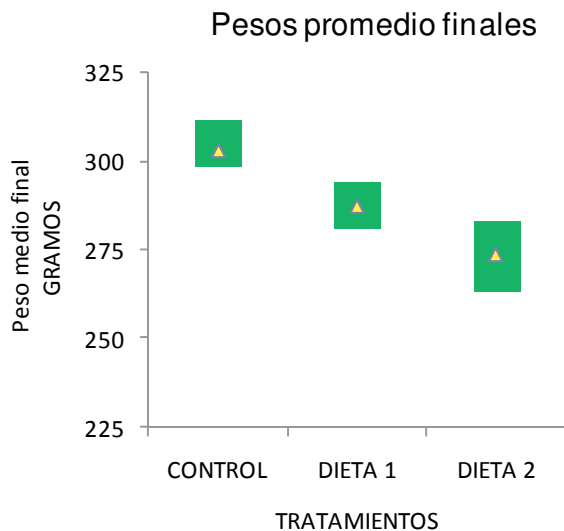


Figura 7: Pesos Promedio finales obtenidos durante el cultivo.

Tabla 5: Pesos Finales, Incrementos en Peso Diario, Factores de Conversión Relativos y Tasas de Eficiencia Proteica

Dieta	Peso Final (g)	IPD (g/día)	FCR	TEP
Control	302,81 (7,27) <sup>a</sup>	1,39 (0,02) <sup>a</sup>	1,79 (0,15) <sup>a</sup>	1,78 (0,14) <sup>a</sup>
Dieta 1	287,07 (6,61) <sup>ab</sup>	1,32 (0,04) <sup>a</sup>	1,90 (0,10) <sup>a</sup>	1,51 (0,06) <sup>ab</sup>
Dieta 2	273,39 (9,86) <sup>b</sup>	1,24 (0,05) <sup>b</sup>	1,95 (0,08) <sup>a</sup>	1,45 (0,06) <sup>b</sup>

*\*Valores seguidos de la misma letra, dentro de la misma columna no difieren significativamente entre sí (Test de Duncan con 5% de probabilidad)*

En la Figura 8 puede observarse el crecimiento obtenido por cada uno de los lotes de peces bajo los diferentes tratamientos alimentarios durante el período de cultivo.

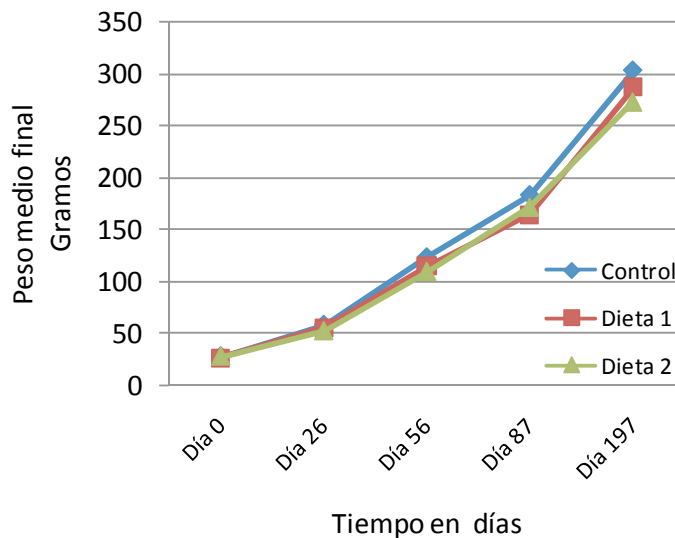


Figura 8: Crecimientos obtenidos durante el cultivo.

En la Figura 9, se muestra la frecuencia de tallas con una distribución normal sesgada hacia la izquierda, con algunos peces de mayor talla en todos los tratamientos. Una mayor dispersión de tallas puede verse en la Dieta 2, aunque esta dieta es la que dispone de los individuos de mayor peso, mientras que en las dietas Control y Dieta 1 se observa una distribución similar. Según Konikoff y Lewis (1974) esta distribución de frecuencia sugiere que no existió un crecimiento diferenciado de los peces bajo cultivo como producto de una inadecuada disponibilidad de alimento, sino debido a una variación en el crecimiento principalmente explicado por diferencias genéticas y de comportamiento.

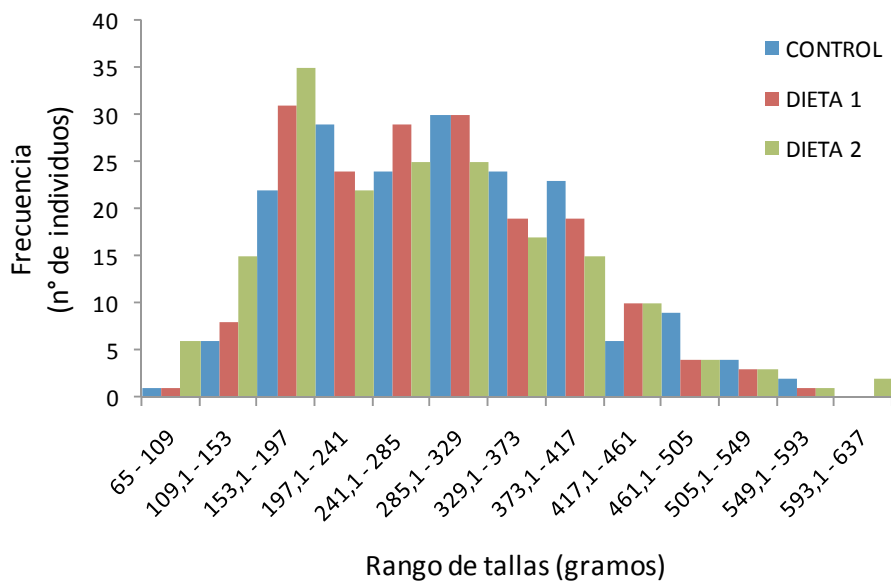


Figura 9: Frecuencia de tallas.

Los Coeficientes de Variación obtenidos fueron de 33,33% para la dieta Control, 34,24% para la Dieta 1 y 40,88% para la Dieta 2. Estos valores son comparables a los obtenidos por Wicki et al. (2008) de 33,3 a 42%; por Luchini y Wicki (1994) de 41% para el *R. quelen*, y a los obtenidos por Williams et al. (1987) del 43% en cultivo de bagre del canal (*Ictalurus punctatus*).

A partir del análisis estadístico efectuado se obtuvieron diferencias significativas ( $F = 10,06$  ;  $p = 0,0121$ ) entre los Pesos finales obtenidos con la Dieta 2 y el alimento Control; mostrando una mejor respuesta de este último.

Se observaron diferencias significativas ( $F = 11,60$ ;  $p = 0,0086$ ) en los Incrementos en Peso Diario para las tres dietas (Control  $\neq$  Dieta 2; Dieta 1  $\neq$  2 y Dieta 2  $\neq$  Dieta 1 y Control) (Figura 10). Los valores obtenidos son cercanos a los obtenidos por Wicki et al. (2008) en cultivos en jaulas de 0,88 a 1,07 g/día para peces entre 50 a 250 g y de

1,14 y 1,91 g/día con pesos entre 200 a 400 g; y ligeramente inferiores a los obtenidos por Wicki et al. (2006) en cultivos desarrollados en estanques excavados en tierra (1,5 g/día). Luchini y Quiros (1990) en jaulas de volumen similar con peces de 40 g de peso inicial promedio y un alimento con 40% de proteína mostraron valores de IPD entre 1,5 a 1,9 g/día.

Valores de IPD similares a estos últimos reportaron Fracalossi, et al. (2004), en dos municipios de la región sur de Brasil; con 1,0 g/día, para la localidad de San Carlos (próxima a la frontera norte de Misiones) y de 1,97 g/día en las cercanías de Florianópolis. Pedrón et al. (2008), en una experiencia en jaulas, con peces de la misma especie de un peso medio de 129 g y dietas isoproteicas con 32% proteína, conteniendo harina de carne y huesos, harina de soja y maíz triturado en su formulación, sin harina de pescado, obtuvieron un crecimiento medio de 0,94 g/día.

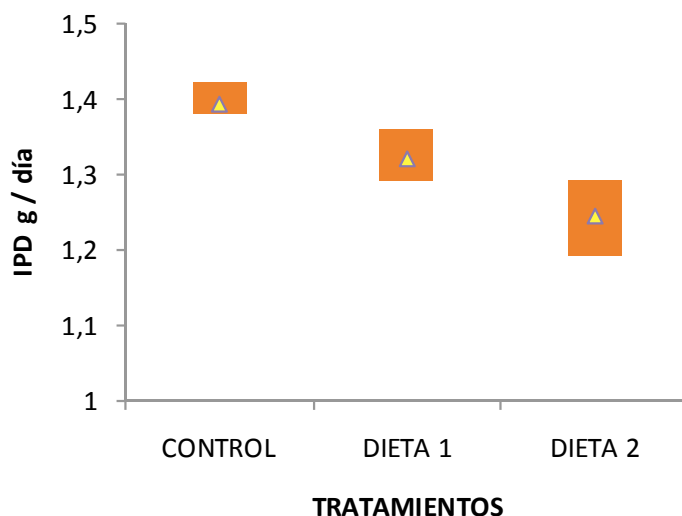


Figura 10: Incrementos en Peso Diario obtenidos durante el cultivo.

Respecto de los Factores de Conversión Relativos no se observaron diferencias significativas ( $F = 1,53$ ;  $p = 0,2148$ ) entre las distintas dietas estudiadas (Figura 11). Estos valores (entre 1,79 y 1,95) se sitúan dentro de los obtenidos por Wicki et al. 2008 (entre 2,23 y 1,66) utilizando dietas peletizadas de similar composición y levemente superiores a los obtenidos por Luchini y Quiros (1990) de 1,5 y 1,6 en el embalse de Salto Grande con la utilización de alimentos peletizados con 40% de proteína. Fracalossi et al. (2004) estudiando la misma especie, obtuvieron valores de FCR de 1,85 y 1,78.

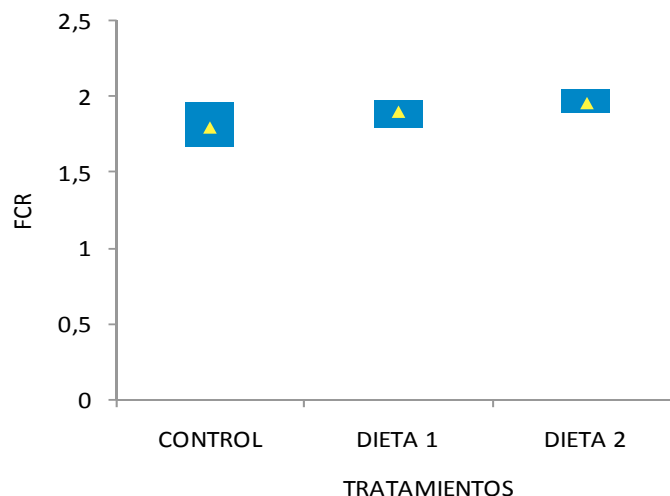


Figura 11: Factores de Conversión Relativos obtenidos en la experiencia.

Lazzari et al. (2006), estudiando diferentes fuentes proteicas para alimentación del randiá, informan valores de FCR entre 1,4 y 1,9, siendo los mejores resultados obtenidos con dietas conteniendo una combinación de harina de carne y hueso, harina de soja, harina de trigo, maíz y aceite de canola. Losekann et al. (2008) por su lado incluyeron distintos aceites vegetales en una dieta sin harina de pescado y conteniendo harina de carne y huesos, harina de soja y maíz triturado como principales ingredientes y obtuvieron para peces con peso medio de 71 g, valores de FCR entre 1,3 y 1,5.

En cultivo de *I. punctatus* en jaulas utilizando un alimento con 35% de proteína, Lovell (1973) obtuvo valores de FCR entre 1,26 y 1,30, mientras que Williams et al. (1987) con la misma especie y utilizando alimentos flotantes con 32 y 36% de proteína obtuvieron valores de FCR de 1,8. Page y Andrews (1973) también con *I. punctatus* de 114 g de peso inicial y utilizando alimentos con 25 y 35% de proteína obtuvieron valores de FCR entre 1,34 y 1,80.

En la Tabla 6, se resumen los FCR obtenidos en distintas experiencias realizadas con



randiá y bagre del canal, analizadas en el presente trabajo.

Tabla 6: Comparación de los FCR obtenidos por diversos autores.

Especie	FCR	Fuente
<i>Ictalurus punctatus</i>	1,26 - 1,3	Lovell (1973)
<i>Ictalurus punctatus</i>	1,34 - 1,8	Page y Andrews (1973)
<i>Ictalurus punctatus</i>	1,8	Williams et al. (1987)
<i>Rhamdia quelen</i>	1,5 - 1,6	Luchini y Quiros (1990)
<i>Rhamdia quelen</i>	1,85 - 1,78	Fracalossi et al. (2004)
<i>Rhamdia quelen</i>	1,4 - 1,9	Lazzari et al. (2006)
<i>Rhamdia quelen</i>	2,23 - 1,66	Wicki et al. (2008)
<i>Rhamdia quelen</i>	1,3 - 1,5	Losekann et al. (2008)
<i>Rhamdia quelen</i>	1,79 - 1,95	Presente trabajo

La Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) mostró diferencias significativas ( $F = 8,97$ ;  $p = 0,015739$ ) entre la dieta Control y la Dieta 2 (Figura 12). Estos valores (1,78; 1,51 y 1,45, para la Dieta Control, Dieta 1y Dieta 2, respectivamente) fueron ligeramente superiores a los obtenidos por Lazzari et al. (2008) estudiando diferentes fuentes proteicas en randiá, utilizando juveniles con 15 g de peso promedio en acuarios con recirculación de agua. En este experimento, cuando se alimentó con una dieta conteniendo 22,4% de harina de pescado, 30% de harina de soja y 19,5% de maíz, con un nivel de proteína del 31,9%, los peces mostraron valores de TEP cercanos a 1,5. Sin embargo, cuando los peces fueron alimentados con una dieta con 34,4% de proteína,

formulada con 30% de harina de carne y hueso, 32% de harina de soja y 17% de maíz, los autores observaron una TEP de 1,3.

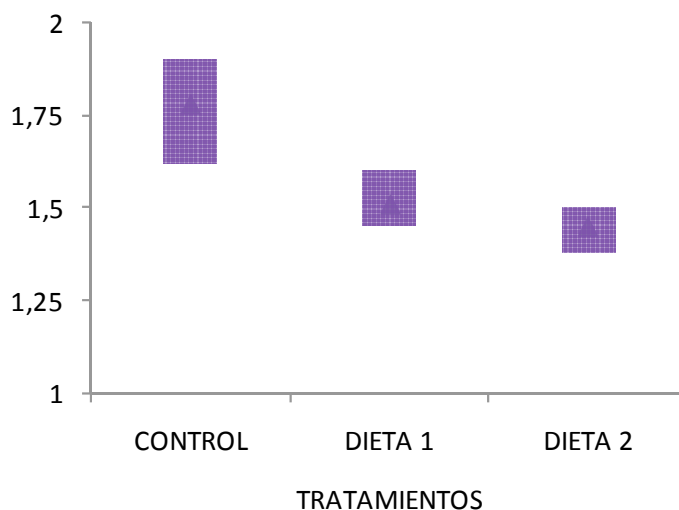


Figura 12: Tasas de Eficiencia Proteica obtenidas en la experiencia.

Webster et al. (1997) en una experiencia conducida también en acuarios, con juveniles de bagre del canal de 10 g, y una dieta con 32% de proteína, formulada con 8% harina de pescado, 50% de harina de soja y 32% de maíz obtuvieron valores de TEP de 1,96. Cuando la misma contenía 33,37% de proteína, con 4% de harina de pescado y 57 y 29% de harina de soja y maíz, respectivamente, el valor alcanzado fue de 1,36.

Según Robinson y Meng (1999), existe evidencia que los niveles de proteína de los alimentos comerciales para engorde del *I. punctatus*, que contienen hasta un 35%, pueden reducirse y que la proteína animal en los mismos puede reducirse e incluso eliminarse. Sin embargo, Webster et al. (1992b), informaron que el blue catfish (*Ictalurus furcatus*) requiere para un crecimiento óptimo, al menos un 13% de harina de pescado en una dieta de 34% de proteína.

Por su parte, Lazzari et al. (2006), estudiando diferentes fuentes proteicas para la alimentación del randiá, encontraron un mejor desempeño productivo cuando se los alimentó con dietas compuestas por la combinación de harinas de origen animal (harina de carne y hueso, y harina de pescado) y harina de soja.

Por otro lado, Miles y Chapman (2006), han señalado que dietas basadas en su totalidad en proteína de origen vegetal, conteniendo harinas de soja, algodón, maíz o trigo, cuando fueron suplementadas con lisina y metionina, han sido utilizadas exitosamente para engorde hasta talla comercial de juveniles de bagre del canal, carpa y tilapia.

### ***3.4- CONCLUSIONES***

Como ya fuera demostrado durante las primeras experiencias realizadas con randiá o “catfish sudamericano” en jaulas (Luchini y Quiros, 1990; Luchini y Wicki, 1994), utilizando densidades de 250 y 300 peces/ m<sup>3</sup>, se evidencia que esta especie posee una buena adaptación al encierro en jaulas, así como un comportamiento aceptable en lo que se refiere a crecimiento y a aprovechamiento de la ración no-flotante ofrecida.

En el presente estudio, la dieta Control mostró el mejor crecimiento y mejores valores de TEP, aunque las diferencias en los FCR no fueron significativas.

Los resultados concuerdan en este caso con Lazzari et al. (2006), indicando un mejor desempeño productivo cuando la especie es alimentada con dietas compuestas por una combinación adecuada de harinas de origen animal (harina de carne y hueso, y harina de

pescado) con harina de soja, y que su elección debería determinarse en cada circunstancia, según los precios de los insumos disponibles y los desempeños en crecimiento de los peces en cultivo. Sin embargo, debe profundizarse más el estudio de utilización de insumos alternativos a la harina de pescado para el desarrollo de fórmulas económicas que optimicen tanto el crecimiento como la conversión alimentaria de los peces.

## CAPITULO 4:

### *ANALISIS DE LOS RESULTADOS EN FUNCION DEL COSTO DE LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS*

#### *4.1- ANALISIS DE LOS RESULTADOS EN FUNCION DEL COSTO DE LOS ALIMENTOS SUMINISTRADOS*

En la etapa final del presente estudio, fueron analizados los rendimientos obtenidos con los costos de las raciones suministradas. Todos los insumos, a excepción de la harina de pescado, fueron adquiridos en la región del NEA. La harina de pescado en cambio, procedió de Mar del Plata por lo que, para el cálculo del costo de las dietas, al precio de este insumo se le adicionó el costo referente al flete Mar del Plata – Corrientes.

Tabla 7: Proporción de proteína animal y vegetal en las diferentes dietas, calculado según los valores de tabla mencionados por Tacon (1989).

	Dieta Control	Dieta 1	Dieta 2
Proteína vegetal	16,54%	23,94%	25,51%
Proteína animal	17,45%	12,83%	11,96%
Proteína Total	33,99%	36,77%	37,47%

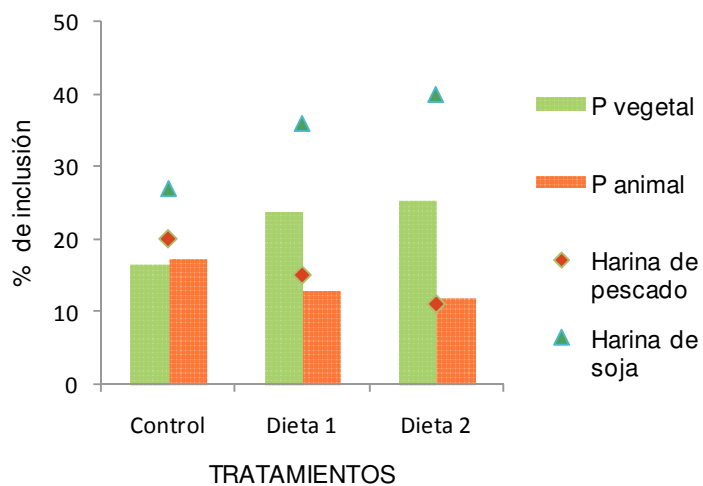


Figura 13: Porcentaje de inclusión de proteína animal y vegetal, harina de pescado y de soja en las distintas dietas.

Tabla 8: Análisis del costo del alimento elaborado y del alimento por tonelada de pescado producido.

	Dieta Control	Dieta 1	Dieta 2
Precio tonelada de alimento elaborado (\$*)	2.452,10	2.357,70	2.299,20
FCR	1,79	1,9	1,95
Costode alimento por tonelada de pescado producido (\$)	4389,25	4479,63	4483,44

\* precios a noviembre del 2008.

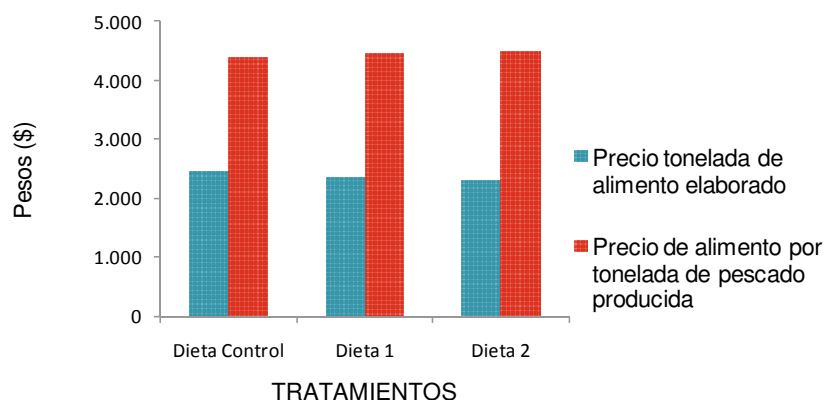


Figura 14: Precio por tonelada de alimento elaborado y precio del alimento por tonelada de pescado producido.

Si bien a medida que se reemplaza la proteína de origen animal (y en especial la harina de pescado) (Tabla 7 y Figura 13), el precio por tonelada de dieta elaborada se reduce levemente, ocurre distinto al analizarse el costo del alimento por tonelada de pescado producido, observándose que éste aumenta ligeramente (Tabla 8 y Figura 14), concluyendo que la disminución de la harina de pescado en las dietas no necesariamente implica una disminución en el costo del alimento suministrado, debido a un menor desempeño productivo en los peces.

De acuerdo a Mohsen y Lovell (1990) la inclusión de harina de pescado, harina de carne y hueso, o la combinación de ambas, mejora la palatabilidad de las dietas y el incremento de la proteína animal en las dietas mejora el desempeño de las mismas.

#### **4.2- CONCLUSIONES FINALES**

Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente en las dietas con reemplazo parcial de la harina de pescado por harina de soja y subproductos de maíz tienden a ser menores a la dieta Control, sólo mostrando diferencias significativas utilizando  $p=0,1$  entre la dieta Control y la Dieta 2, sin observarse diferencias entre estas y la Dieta 1.

Se observaron diferencias significativas entre la Dieta 2 y el alimento Control en cuanto al Peso Final observado, mientras que ninguna de estas difirió significativamente con la Dieta 1.

En vista de los resultados obtenidos, puede concluirse que se puede reducir la harina de pescado en las dietas para randiá, siendo recomendable que la misma contenga una combinación eficiente de proteínas de origen animal y vegetal. Aunque el remplazo genera una merma en el rendimiento productivo, ello permite la reducción de los costos de los alimentos.

Como se indicó anteriormente, es importante en la elaboración de dietas para peces la realización de mayores estudios para alcanzar una visión más integral que tome en cuenta tanto la composición de la dieta, como al costo por unidad de producto terminado.

En base a los resultados obtenidos podemos rechazar la hipótesis, encontrando que el reemplazo parcial de la harina de pescado en la dieta afecta negativamente la digestibilidad, afecta negativamente el crecimiento, y si bien afectó la Tasa de Eficiencia Proteíca, no afectó los Factores de Conversión Relativos.



## 5- BIBLIOGRAFIA CITADA

Abimorad E.G. e Carneiro D.J., (2004). Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). R. Bras. Zootec., vol. 33 (5): 1101-1109.

Alarcón F.J., Díaz M. and Moyano F.J., (1997). Studies on digestive enzymes in fish: Characterization and practical applications. En: Tacon A.G.J. (ed.), Basurco B. (ed.). Feeding tomorrow's fish. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, pp. 113-121.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), (1993). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. USA.

Austreng E., Storebakken T., Skinlo Thomassen M., Refstie S., and Thomassen Y., (2000). Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. Aquaculture 188: pp. 65-78.

Baldisserotto B. e Radünz Neto J., (2004). Criação de jundiá. Ed. UFSM, 232 pp.

Baruah K., Sahu N.P., Pal A. K., and Debnath D., (2004). Dietary Pyhtase: An ideal approach for a cost effective and low-polluting aquafeed. NAGA, vol. 27 (3):15-19.

Beveridge M.C.M., (2004). Cage Aquaculture, 3° Edition. Blackwell Publishing Ltd Oxford, UK., 376 pp.

Boscolo W.R., Hayashi C. e Meurer F., (2002). Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). Revista Brasileira de Zootecnia, vol. 31(2): 539-545.

Bremer Neto H., Graner C.A.F., Pezzato L. E., Padovani C.R. e Cantelmo O.A., (2003). Diminuição do Teor de Óxido de Crômio (III) Usado como Marcador Externo. R. Bras. Zootec., vol. 32 (2): 249-255.

Bremer Neto H., Graner C.A.F., Pezzato L.E. e Padovani C.R., (2005). Determinação de rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-Difenilcarbazida. Ciencia Rural, vol. 35 (3): 691-697.

Bradford, M.M., (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem 72: pp. 248-254.

Bureau, D.P. and Viana M.T., (2003). Formulating cost effective and environmentally friendly feeds based on improved knowledge of nutrient requirements and utilization. Int. Aquafeed, vol. 6 (3): 20-21.

Carter C.G., Lewis T.E. and Nichols P.D., (2003). Comparison of cholestane and yttrium oxide as digestibility markers for lipid components in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) diets. Aquaculture 225: pp. 341-351.

Cho C., Cowey C., and Watanabe T., (1985). *Finfish Nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development.* International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, 154 pp.

Cho C. and Bureau D.P., (2001). *Nutrition, energetics and growth of fish: current challenges and approaches.* En: J. Coimbra, Editor, *NATO Advanced Research Workshop on Modern Aquaculture in the Coastal Zone-Lessons and Opportunities*, 14–17 Sep. 1998, Porto, Portugal *NATO Science Series A: Life Sciences*, IOS Press, Amsterdam, The Netherlands.

Collins, R A., (1975). *The Hungarian People's Republic - Implementation of cage culture research at the Fish Culture Research Institute, Szarvas. A report prepared for the development of fish culture project.* Project Reports N° 1; 15 pp.

Craig S. and Helfrich L.A., (2002). *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding.* Virginia Cooperative Extension; Publication 420 - 256: 4 pp.

Dersjant-Li Y., (2002). *The use of soy protein in aquafeeds.* In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Gaxiola-Cortés M.G., Simoes N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola.* Cancún, Quintana Roo, México; pp. 541–558.

Da Silva S.S. and Phillips M.J., (2007). *A review of cage aquaculture: Asia (excluding China).* In M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (eds). *Cage aquaculture – Regional reviews and global overview*, pp. 18–48. *FAO Fisheries Technical Paper*. N°. 498.

Rome, FAO; 241 pp.

Divakaran S., Obaldo L.G. and Forster I.P., (2002). Note on the Methods for Determination of Chromic Oxide in Shrimp Feeds. *J. Agric. Food Chem.*, vol. 50 (3): 464-467.

Drew M.D., Borgeson T.L. and Thiessen D.L., (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology* 138; pp. 118-136.

FAO, (2006). State of world aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 500; 134 pp.

FAO, (2008). Oportunidades de abordar los retos relacionados con el aumento de la demanda mundial de pescado derivado de la acuicultura para consumo humano. Documento de Reunión COFI:AQ/IV/2008/6; 10 pp.

FAO, (2009). State of world fisheries and aquaculture (SOFIA) – SOFIA 2008. FAO Fisheries and Aquaculture Department; 176 pp.

FAO, (2012). State of world fisheries and aquaculture (SOFIA) – SOFIA 2012. FAO Fisheries and Aquaculture Department; 250 pp

FAO, (2013). Food Outlook; Biannual Report on Global Food Markets; 142 pp.

Fernández F., Miquel A.G., Martínez R., Serra E., Guinea J., Narbaiza F.J., Caseras A. and Baanante I.V., (1999). Dietary Chromic Oxide Does Affect the Utilization of Organic Compounds but Can Alter the Utilization of Mineral Salts in Gilthead Sea Bream *Sparus aurata*. *Journal of Nutrition*; 129; pp. 1053-1059.

Fracalossi D.M., Meyer G., Mazzotti Santamaria F., Weingartner M. e Zaniboni Filho E., (2004), Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e do dourado, *Salminus brasiliensis*, em viveiros de terra na região sul do Brasil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, vol. 26 (3): 345-352.

Furukawa A. and Tsukahara H., (1966). On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index in the study of digestibility of fish feed. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, vol. 32; pp. 502-506.

García-Carreño F.L., Navarrete del Toro A. and Ezquerro J.M., (1997). Digestive shrimp proteases for evaluation of protein digestibility *in vitro* I: Effect of protease inhibitors in protein ingredients. *Journal of Marine Biotechnology*, vol. 5; pp. 36-40.

Gatlin D.M., (2001). Effect of nutrition on body composition and subsequent storage quality of farm-raised channel catfish. SRAC n° 6000; 24 pp.

Gatlin D.M., Barrows F.T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E., Hu G., Kroghdal Å., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R. and Wurtele E., (2007). Expanding the Utilization of Sustainable Plant Products in Aquafeeds. A Review. *Aquaculture Research*. 38; pp.

551-579.

Glencross B., Curnow J. and Hawkins W., (2003). Evaluation of the variability in chemical composition and digestibility of different lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel meals when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Feed Science and Technology* 107; pp. 117-128.

Glencross B.D., Booth M. and Allan G.L., (2007). A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, vol. 13; pp. 17-34.

Globefish, (2012). Fish oil and fishmeal market report. In: <http://www.globefish.org/fish-oil-and-fishmeal-october-2012.html>

Gomes S.Z. and Schlindwein A.P., (2000). Effect of two subsequent growing seasons and stocking rates on the performance of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) in the climatic conditions of Coastal Santa Catarina. *Rev. Bras. Zootec.*, vol. 29 (5): 1266-1272.

Gonçalves E.G. and Carneiro J., (2003). Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 32 (4): 779-786.

Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. y Metailler R., (2004). *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*. Traducción Ed. Mundi-Prensa Libros, 475 pp.

Graeff A., Tomazelli A. e Pruner E.N., (2006). Desenvolvimento corporal de Jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas completas contendo diferentes níveis de energia na fase de engorda. Civa2006 (<http://www.civa2006.org>); pp. 56-61.

Graner, C.A.F.,(1972). Determinação de crômio pelo método colorimétrico da Difenilcarbazida. Tese (Doutorado em Ciências) Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu; 112 pp.

Grøttum, J.A. and Beveridge, M., (2007). A review of cage aquaculture: northern Europe. In M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (eds). Cage aquaculture – Regional reviews and global overview, pp. 126–154. FAO Fisheries Technical Paper. N° 498; 241 pp.

Hanley F., (1987). The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity determinations in Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, vol. 66 (2): 163-179.

Hardy R.W., (1997). Understanding and using digestibility coefficients in fish nutrition. *Aquaculture Magazine* (May/June); pp. 84-88.

Hardy R.W. and Gatlin D., (2002). Nutritional strategies to reduce nutrient losses in intensive aquaculture. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México; pp. 23-34.*

Hemre G.I., Karlsten Ø., Mangor-Jensen A. and Rosenlund G., (2003). Digestibility of dry matter, protein, starch and lipid by cod, *Gadus morhua*: comparison of sampling methods. *Aquaculture*, Volume 225 (1-4): 225–232.

Jackson A., (2006). The Importance of Fishmeal and Fish oil in Aquaculture Diets. *International Aquafeed*, vol. 16; pp. 16-19.

Jackson A., (2007). Challenges and opportunities for the fishmeal and fishoil industry. *Feed Technology Update*, vol. 2 (1): 4-12.

Jennings S., Kaiser M.J. and Reynolds J.D., (2001). *Marine Fisheries Ecology*. Ed. Blackwell Scientific, Oxford; 432 pp.

Kabir N.M.J., Wee K.L. and Maguire G., (1998). Estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* using different markers 1. Validation of microtracer F–Ni as a marker. *Aquaculture* 167; pp. 259-272.

Kaushik, S.J., Covés D., Dutto, G. and Blanca D., (2004). Almost total replacement of fish meal by plantprotein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 230; pp. 391-404.

Konikof M. and Lewis W.M., (1974). Variation in Weight of Cage-Reared Channel Catfish. *The Progressive Fish-Culturist*, vol. 36 (3): 138-144.



Kozloski G.V., de Moraes Flores E.M. and Martins A.F., (1998). Use of Chromium Oxide in Digestibility Studies: Variations of the Results as a Function of the Measurement Method. *J. Sci. Food Agric.*, vol. 76; pp. 373-376.

Kubitza F., (1999). *Nutrição e alimentação dos peixes cultivados*; Edición Aqua y Imagen; 3º Edición; 123 pp.

Kunitz M., (1947). Crystalline soybean trypsin inhibitor II. General properties. *J. Gen. Physiol.* vol. 30; pp. 291-310.

Lanari D. and D'Agaro E., (2005). Alternative plant protein sources in sea bass diets. *Ital. J. Anim. Sci.*, vol. 4; pp. 365-374.

Lazzari R., Radünz Neto J., Emanuelli T., De Araujo Pedron F., Leão Costa M., Losekann M.E., Correias V. e Bochi V.C., (2006). Diferentes fontes protéicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural*, Santa Maria, vol. 36 (1): 240-246.

Lazzari R., Radünz Neto J., Pedron F.A., Veiverberg C.A., Bergamin G.T., Lima R.L., Emanuelli T. e Steffens C., (2008). Desempenho e composição dos filés de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes dietas na fase de recria. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, vol. 60 (2): 477-484.

Lee, J.S., (1973). *Commercial Catfish Farming*. The Interstate Printers y Publishers; 310 pp.

López H., Miquelarena A. M. y Menni R., (2003). Lista comentada de los peces continentales de la Argentina. Serie técnica y didáctica N° 5. División Zoología Vertebrada, Museo de La Plata (Bs. As.); 85 pp.

Losekann M.E., Radünz Neto J., Emanuelli T., Pedron F.A., Lazzari R., Corrêia V. e Simões R.S., (2008). Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. *Ciência Rural*, Santa María, vol. 38 (1): 225-230.

Lovell, R.T., (1973). Protein requirements of cage-cultured channel catfish. *Proc. Annual Conf. Southeastern Assoc.*, vol. 26; pp. 357-361.

Lovell R.T., (1998). *Nutrition and Feeding of Fish*. 2° ed. Boston: Kluwer Academic Publishers; 267 pp.

Lovell R.T., (1991). Nutrition of aquaculture species. *J. Anim. Sci.* 69; pp. 4193-4200.

Luchini L., (1990). Manual para el Cultivo del Bagre Sudamericano (*Rhamdia sapo*). FAO. RLAC/90. PES – 20; 60 pp.

Luchini L. y Quiros R., (1990). Cage culture of south american catfish (*Rhamdia sapo*). Preliminary results in the Salto Grande reservoir (Argentina). *J. Aqua. Trop.*, vol. 5; pp. 163-172.

Luchini L. y Wicki G., (1994). Producción de catfish sudamericano en jaulas

suspendidas: análisis de la variación del crecimiento. Memorias VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura; pp. 251-267.

Luchini L. y Panné Huidobro S., (2008). Perspectivas en Acuicultura: Nivel Mundial, Regional y Local. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura- SAGPyA. En: [www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar); 99 pp.

Manriquez H.J.A. (1994). La Digestibilidad como criterio en evaluación de alimentos – Su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. En: Control de calidad de insumos y dietas acuicolas AQUILA - Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe Castro Campos, E., (ed.). Project Reports N°16: 269 pp.

Marín Zaldivar L.F., Cruz Suárez L.E., Ricque Marie D., Tapia Salazar M., Barbosa C.G., Nieto López M., y Miller A., (2002). Estudio exploratorio del grado de digestibilidad de los alimentos comerciales para camarón en México. *CIVA 2002* (<http://www.civa2002.org>); pp. 265-281.

Martínez Palacios C.A., Chávez Sánchez M.C., Olvera Novoa M.A. y Abdo de La Parra M.I., (1996). Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. En: Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del III Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. UANL. Monterrey, Nuevo León, México, pp. 279-323.

Masser M.P. and Bridger C.J., (2007). A review of cage aquaculture: North America.

En M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (eds). Cage aquaculture – Regional reviews and global overview, pp. 102–125. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Rome, FAO; 241 pp.

Meade S.J., Reid E.A. and Gerrard J.A., (2005). The impact of Processing on the Nutritional Quality of Food. *Journal of AOAC International*; vol. 88 (3): 904-922.

Menghe H.L., Oberle D.F and Lucas P.M., (2013). Apparent digestibility of alternative plant-protein feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquaculture Research*, Volume 44 (2): 282-288.

Miles R.D. and Chapman F.A. ( 2006). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets. Document FA122, Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida; 7 pp.

Mohsen A.A. and Lovell, R.T., (1990). Partial substitution of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish. *Aquaculture*, vol. 90: (3-4): 303-311.

Moyano López F.J. and Savoie L., (2001). Comparison of *in vitro* systems of protein digestion using either mammal or fish proteolytic enzymes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 128; pp. 359-368.

NACA/FAO, (2000). Aquaculture Development Beyond 2000: the Bangkok Declaration and Strategy Conference on Aquaculture in the Third Millennium, 20-25

February 2000. Bangkok, Thailand. Bangkok, NACA, and Rome, FAO, 27 pp.

Naylor R.L., Goldburg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H. and Troell M., (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405; pp. 1017-1024.

National Research Council – NRC, (1993). Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals; 114 pp.

New M.B. and Wijkström U.N., (2002). Use of fish meal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fish meal trap. *FAO Fish Circ.* 975. Roma; 61 pp.

Page J.W. and Andrews J.W., (1973) Interactions of dietary level of protein and energy on channel catfish. *J. Nutr.* 103; pp. 1339-1346.

Panné Huidobro, S., (2013). El desarrollo de la Acuicultura en Argentina. Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de La Plata / CAENA 2013. La Plata, Buenos Aires, Argentina, 18 pp.. Inédito.

Pauly D., Christensen V., Guenette S., Pitcher T.J., Rashid Sumaila U., Walters C.J., Watson R. and Zeller D., (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, vol. 418; pp. 689-695.

Pedron F.A., Radünz Neto J., Emanuelli T., Picolli da Silva L., Lazzari R., Corrêia V., Bergamin G.T. e Veiverberg C.A., (2008). Cultivo de jundiás alimentados com dietas

com casca de soja ou de algodão. *Pesq. Agropec. Bras.*, vol. 43 (1): 93-98.

Perez J.J., Wicki G., Moyano F.J. y Alarcón F.J., (2003). Evaluación del efecto de inhibidores de proteasa presentes en ingredientes vegetales utilizables en piensos para dos especies piscícolas cultivadas en Argentina; Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y Pejerrey (*Odontesthes bonaeriensis*). CIVA 2003 (<http://www.civa2003.org>); pp. 442-454.

Pezzato L.E., Miranda E.D., Furuya W.M., Pinto L.G.Q., Barros M.M. e Rosa G.J.M., (2002). Diâmetro do ingrediente e a digestibilidade aparente de rações por duas espécies de peixes tropicais. *Acta Scientiarum Maringá*, vol. 24 (4): 901-907.

Pillay T.V.R. and Kutty, M.N., (2005). *Aquaculture, Principles and Practices*. Fishing News Books (2nd edition) Blackwell Publishing, Oxford, 624 pp.

Robaina L. and Izquierdo M., (2000). Methodological strategies for the determination of nutrient requirements in finfish. En: *Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification*. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, pp. 25-41.

Robinson E.H. and Mengh H.L., (1999). *Catfish Protein Nutrition*. Mississippi State University, Bulletin n° 1090: 15 pp.

Robinson E.H., Mengh H.L. and Manning, B.B., (2001). *A Practical Guide to Nutrition Feeds, and Feeding of Catfish*. Mississippi State University, Bulletin n° 1113: 44 pp.

Rossi F. y Luchini L., (2007). Cultivo del “randiá” (*Rhamdia quelen*) para fomento de su producción comercial, en clima templado – cálido. En: Desarrollo de Tecnologías para producción del randiá (*Rhamdia quelen*). SAPGyA, Serie Pesca y Acuicultura: Estudios e Investigaciones Aplicadas; pp. 1-37.

Rungruangsak-Torrissen K., A Rustad A., Sunde J., Eiane S.A., Jensen H.B., Opstvedt J., Nygard E., Samuelsen T.A., Mundheim H., Luzzana U. and Venturini G., (2002). *In vitro* digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trials Journal of the Science of Food and Agriculture 82; pp. 644-654.

Schmittou H.R., (1992). Producción de peces en jaulas de pequeño volumen y alta densidad. Asoc. Am. Soja, Caracas, Venezuela, 78 pp.

Schwedler T.E., Berry M.L. and King D.R., (1989). Guide to raising catfish in a Cage. SRAC Publication n° 340; 8 pp.

Shepherd, C.J. and Jackson, A.J. (2013), Global fishmeal and fish-oil supply: inputs, outputs and markets. Journal of Fish Biology, 83: 1046–1066.

Silfvergrip A.M.C., (1996). A Systematic Revision Of The Neotropical Catfish Genus *Rhamdia* (Teleostei Pimelodidae). Department of Zoology, Stockholm University and Department of Vertebrate Zoology, Swedish Museum of Natural History, Stockholm; 156 pp.

Storebakken T., Shearer K.D., Baeverfjord G., Nielsen B.G., Asgard T., Scott T. and

De Laporte A., (2000). Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture* 184; pp. 115-132.

Tacon A.G.J., (1993), Feed ingredients for warmwater fish. Fish meal and other processed feedstuffs. In: FAO Fisheries Circular No. 856, FAO, Rome, 64 pp.

Tacon A.G.J., (1997). Fishmeal replacers: Review of antinutrients within oilseeds and pulses - A limiting factor for the aquafeed green revolution? En: Tacon A. y Basurco B. (Eds), Feeding tomorrow's fish, Cah. Options Méditerranéennes n° 22; pp. 153-182.

Tacon A.G.J. and Halwart M., (2007). Cage aquaculture: a global overview. In M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (eds). Cage aquaculture – Regional reviews and global overview, pp. 1–16. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Rome, FAO; 241 pp.

Tacon A.G.J., (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. FAO. GCP/RLA/102/ITA. Manual de capacitación. Brasilia, Brasil. 592 pp.

Tacon A.J.G., Hasan M.R. and Subansinghe, R.P., (2006). Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. FAO Fisheries Circular N° 1018: 99 pp.

Tacon A.G.J. (2001a). Increasing the contribution of aquaculture for food security and poverty alleviation. En: R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough and S.E. McGladdery (Eds.) Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the



Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000; pp. 67-77.

Tidwell J.H. and Allan G.L., (2001). Fish as food: aquaculture's contribution. Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *MBO Reports vol. 2* (11): 958–963.

Tucker I., (1985). Channel catfish culture. *Developments in aquaculture and fisheries Science*; 15. Elsevier Science Publishers B.V.; 657 pp.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, (2013). *World Population Prospects: The 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP.227; 11 pp.

Vandenberg G. W. and De La Noue J., (2001). Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. *Aquaculture Nutrition* 7; pp. 237-245.

Walter H.E., (1984). Proteinases: methods with haemoglobin, casein and azocoll as substrates. En: Bergmeyer H.J. (ed). *Methods of Enzymatic Analysis*, vol. 5; pp. 270-277.

Watanabe T., (2002). Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, vol. 68; pp. 242-252.

Webster C. D., Tidwell J.H., Goodgame L.S. Yancey D.H. and Mackey L., (1992a). Use of soybean meal and distillers grains with solubles as partial or total replacement of fish meal in diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, vol. 106 (3-4): 301-309.

Webster C.D., Yancey D.H. and Tidwell J.H. (1992b). Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (*Ictalurus furcatus*). *Aquaculture*, Vol. 103 (2): 141-152.

Webster C.D., Tiu L.G., Tidwell J.H: and Grizzle J. M., (1997). Growth and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing various percentages of canola meal. *Aquaculture* 150; pp. 103-112.

Wicki G., Rossi, F., Martín S. y Luchini L. (2006). Cría de bagre randiá en Argentina, Crecimiento comparado entre dos líneas de diferente origen silvestre. *Infopesca Internacional*, vol. 26: pp. 33-39.

Wicki G., Rossi F., Panné Huidobro S. y Luchini L., (2008). Cultivo intensivo del “randiá” (*Rhamdia quelen*) en jaulas suspendidas en estanques, con empleo de diferentes raciones balanceadas y distinta elaboración. En: *Desarrollo de Tecnologías para producción del randiá (Rhamdia quelen)*. SAPGyA, Serie Pesca y Acuicultura: Estudios e Investigaciones Aplicadas; pp. 39-64.

Williams, K., Gebhart, G. and Maughan, E., (1987). Enhanced growth of cage cultured channel catfish trough policulture with blue tilapia. *Aquaculture* 62; pp. 207-214.

Wilson R.P., (1986). Protein and amino acid requirements of fishes. *J. Nutr.*, vol. 116 (11): 2121-2131.

Windsor M. y Barlow S., (1984). *Introducción a los Subproductos de Pesquería*. Zaragoza: Acríbia; 204 pp.

World bank, (2007). *Changing the Face of the Waters*. The International Bank for Reconstruction and Development; 188 pp.

Wright I., (2004). Salmon by-products. *Aqua Feeds : Formulation y Beyond*, vol. 1; pp. 10-12.

Wu R.S.S., (1995). The Environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin* 3; pp. 159-166.