

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN  
ACUICULTURA**



**DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA DE HARINA DE  
PESCADO PERUANA Y TORTA DE *glycine max l.* “SOYA” EN  
ALEVINES DE *girella laevifrons* (PISCES: KYPHOSIDAE) “CURACA”**

**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO  
ACUICULTOR**

**TESISTAS:**

**Bach. VÁSQUEZ TORRES, JORGE ALEXANDER**

**Bach. CÓRDOVA CELIS, JHON DEIVI**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN  
ACUICULTURA**



**DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA DE HARINA DE  
PESCADO PERUANA Y DE TORTA DE *glycine max l.* “SOYA” EN  
ALEVINES DE *girella laevifrons* (PISCES: KYPHOSIDAE) “CURACA”**

**SUSTENTADO POR LOS BACHILLERES**

**VÁSQUEZ TORRES, JORGE ALEXANDER  
CÓRDOVA CELIS, JHON DEIVI**

**APROBADO POR UNANIMIDAD, CON EL CALIFICATIVO BUENO POR EL JURADO  
EVALUADOR**

-----  
**MSc. Juan Fernando Merino Moya**  
**Presidente del Jurado**

-----  
**Blga. Acuic. Mirian Velásquez Guarniz**  
**Miembro del Jurado**

-----  
**Blgo. Acuic. Juan Carhuapoma Garay**  
**Miembro del Jurado**

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2014**

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	2
II.	OBJETIVOS.....	6
	2.1. Objetivos Generales.....	6
	2.2. Objetivos específicos.....	6
III.	MATERIALES Y METODOS.....	7
	3.1. Procedencias de la muestra.....	7
	3.2. Acondicionamiento de las unidades experimentales.....	7
	3.3. Obtención de la harina de pescado peruana y la torta de <i>Glycine max L.</i> “soya”.....	7
	3.4. Preparación de las dietas.....	7
	3.5. Peces y condiciones experimentales.....	9
	3.5.1. Población.....	9
	3.5.2. Biometría, distribución y aclimatación de los alevines.....	9
	3.5.3. Alimentación y técnicas de colección fecal.....	10
	3.6. Análisis químicos.....	10
	3.7. Estimaciones de digestibilidad.....	11
	3.8. Análisis de datos.....	11
IV.	RESULTADOS.....	12
	4.1. Concentración de proteína en dietas y heces (%).....	12
	4.2. Oxido de cromo .....	13
	4.3. Coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda (CDAPc).....	13
	4.4. Producción de heces.....	14
	4.5. Principales parámetros físicos y químicos del agua, y biometría.....	14
V.	DISCUSIÓN.....	16
VI.	CONCLUSIONES.....	19
VII.	RECOMENDACIONES.....	20
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
VIII	ANEXOS.....	30

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo, a mis padres, hermanos y familia , por haber colaborado en mi formación profesional, por haber creído en mí por darme toda su fortaleza su tiempo, para seguir adelante y poder cumplir todos los objetivos que me tracé, es a ellos a quien dedico todo mi esfuerzo y en especial a Dios, por sobre todas las cosas.

Jorge Alexander Vásquez Torres

El presente trabajo esta dedicado a Dios que con sus enseñanzas guio mi camino en toda mi vida universitaria; a mi familia por su amor y comprensión y en especial a mi querida Mariel quien me apoyo en todo momento de mi vida universitaria; todos ellos tenían la esperanza de algún día ser un profesional.

Jhon Deivi Córdoba Celis

## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento especial, a nuestro asesor de tesis, el profesor Juan Carhuapoma Garay, por habernos brindado su asesoría en este presente trabajo, el cual estamos presentando, y también por su apoyo en nuestro desarrollo como profesionales, una mención especial al profesor Guillermo Saldaña , por las facilidades que nos brindó para realizar nuestra investigación , y estar siempre disponible para nosotros, y ser fuente de inspiración en nuestra formación profesional, a mi compañero de tesis que sin él, no hubiese logrado concretar el trabajo en equipo que realizamos y presentamos.

Muchas gracias a todos.

Jhon Deivi Córdova Celis  
Jorge Alexander Vásquez Torres

## RESUMEN

*Girella laevisfrons* es un pez al cual se ha observado que no tiene mayores dificultades para mantenerlo en acuarios o estanques tanto con fines ornamentales como potencial para su cultivo ya que es una especie omnívora y que se adapta a varios tipos de alimentos . Al evaluar la digestibilidad aparente de la proteína de la harina de pescado y de la torta de soya en alevines de *G. laevisfrons* (Pisces: Kyphosidae) "curaca" ambos con distintos porcentajes de proteína 66,33 % y 32,65% donde la dieta a base de torta de soya fue significativamente inferior a la dieta a base de harina de pescado, en cuanto a la proporción en proteína de las heces de la dieta a base de torta de soya es significativamente superior a la dieta a base de harina de pescado. El coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda en los alevinos fue de  $82,96 \pm 5,77^a$  para la, harina de pescado y  $62,035 \pm 7,37^b$  torta de soya observando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambos tratamientos.; siendo los insumos de origen animal más digeribles que las de origen vegetal

## ABSTRAC

*Girella laevisfrons* is a fish which has been shown to have no major difficulties to keep in aquariums or ponds for ornamental purposes as much potential for cultivation as it is an omnivorous species and adapts to various types of foods. In assessing the apparent protein digestibility of fish meal and soybean cake in *G. laevisfrons* fry (Pisces: Kyphosidae ) " curaca " both with different percentages of protein 66.33% and 32.65% where diet based on soybean meal was significantly lower than the diet of fish meal in the proportion protein lee diet based on soybean meal is significantly higher than the diet of flour fish . The coefficient of apparent digestibility of crude protein in the fry was  $82.96 \pm 5.77$  for a meal, fish meal and  $62,035 \pm 7.37$  b soybean cake observing significant differences ( $p < 0.05$ ) between treatments. ; Inputs being more digestible animal than vegetable

## I. INTRODUCCIÓN

*Girella laevisfrons* es un pez con alta presencia en zonas intermareales rocosas de las costas del Perú, la distribución geográfica de la especie va desde Guañape, (Perú) y Taltal (Chile) (Chirichigno & Vélez, 1998, citado por Pequeño & Sáez 2008). Debido a la baja inversión que implica con respecto a otras especies y es una especie omnívora ,que consumen entre el 50% y 60% de biomasa de algas, correspondiendo las presas restante a pequeños invertebrados (Cáceres & Ojeda 2000; Berrios & Vargas 2004).

La digestibilidad es la cuantificación del proceso digestivo, es decir, la facilidad con que es convertido un alimento en el aparato digestivo en sustancias útiles para el organismo. Y es uno de los parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a la alimentación (Pezzato *et al.*, 2002; Gonçalves y Carneiro, 2003); siendo la digestibilidad uno de los aspectos más importantes en la evaluación eficiente de los alimentos y es un requisito necesario para formulación de dietas biológica, ambiental y económicamente óptimas (Da Silva & Olivera-Teles, 1998; Aksnes & Opstvedt, 1998). Lo que permite formular dietas nutricionalmente completas y además económicamente accesibles puesto que se podrá utilizar fuentes proteicas de menor costo (Vásquez-Torres *et al.*, 2002; Roy *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2005; Amirkolaie *et al.*, 2006; Cavalheiro, *et al.*, 2007).

Vásquez-Torres (2004), sostiene que durante el paso de los alimentos por el tracto digestivo de los peces, no todos los nutrientes son digeridos y absorbidos, por lo que Cho & Bureau (1999), mencionan que debe ponerse un mayor énfasis sobre la determinación del coeficiente de digestibilidad de energía y proteína en los ingredientes de los alimentos y son las primeras pruebas que se realizan cuando se reformulan dietas, ya que la digestibilidad cuantifica el proceso global de la digestión y absorción de un nutriente (Hernández & Millán, 1998; Allan *et al.*, Bureau *et al.*, 2000; Medina, 2010), mientras que Calderón (2010), agrega que su medición consiste básicamente en determinar qué cantidad de un nutriente o dieta en particular es digerida y absorbida por el pez; y que proporción del mismo es eliminado a través de las heces.

Furuya *et al.* (2001), menciona que la rápida expansión de la piscicultura en los recientes años está demandando al igual que en otras formas de producción intensiva el desarrollo de la nutrición, así como la utilización de raciones completas mientras que Bocek (2007), enfatiza que un factor de suma importancia en acuicultura es la nutrición para dar respuesta al crecimiento y prevención de enfermedades en los peces y según Moncada (1999), el

contar con un alimento de calidad que cumpla con las expectativas del nutricionista y las exigencias del productor es de vital importancia para el éxito de una operación de acuicultura. Este rápido crecimiento se ha logrado con el uso de ingredientes proteicos como la harina de pescado y la pasta o harina de soya. Insumos convencionales principales e importantes en la elaboración y producción de alimentos balanceados, debido a su alto porcentaje de proteína (buen perfil de aminoácidos), fuente energética, alto valor biológico y buena palatabilidad (Cortez, 2010).

Noel (2003), indica que el conocimiento exacto del requerimiento de cada nutriente por la especie, permite eliminar excesos que pueden implicar un alto costo y un detrimento en la rentabilidad, de igual manera una dieta mal balanceada puede provocar retrasos en el crecimiento de los animales en cultivo lo que también implica problemas de rentabilidad. Las especies aprovechan en forma diferente los alimentos, siendo esa variación cuantificada a través de la determinación de los coeficientes de digestibilidad de una ración definida como la habilidad con que el animal digiere y absorbe los nutrientes y la energía contenida en la misma (Pezzato *et al.*, 2002).

La evaluación de insumos en base a su digestibilidad está relacionado al medio ambiente donde se desarrolla el organismo, ya que según Borja (2002), el impacto medioambiental de una piscifactoría marina depende en gran medida de la especie, el método de cultivo, la densidad del *stock*, las condiciones hidrográficas y sobre todo el tipo de alimentación y Martínez *et al.* (2010), añade que uno de los principales compromisos de la acuicultura actual, es el de convertirse en una actividad realmente sustentable, lo que equivale a ser: económicamente rentable, ecológicamente amigable y socialmente responsable.

Zaldívar (2002); De Marín *et al.* (2007); Peters *et al.* (2008); Talledo, Calderón (2010), dicen que la harina de pescado es reconocida por los nutricionistas como el ingrediente predilecto de la más alta calidad y de digestibilidad que se incorpora en la dieta de la mayoría de los animales de granja y actualmente de manera creciente en la acuicultura; posee grandes cantidades de energía por unidad de peso y es una excelente fuente de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas. Tiene elevado contenido proteico (sobre 65%), grasa (10-12%), humedad (8-10%) y Cenizas (10-11%) (De Marín *et al.*, 2007). Se han obtenido buenos resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) usándolo como alimento complementario en la dieta para peces, como los obtenidos por Jalal *et al.* (2000); Goncalves & Carneiro (2003); Fagbenro & Adebayo (2005); en las siguientes especies: *Tor tambroides* (95.13%), *Pseudoplatystoma coruscans* (84.14%), *Clarias agboyiensis* (82%), respectivamente.



La torta de soya es el resultado de someter al grano a transformación, a la torta de soya también se le llama pasta de soya. Para obtener pasta de soya existen dos formas: mecánica o natural y por solventes o químico (Castillo, 2011). Según Sales & Britz, 2003; Mundheim *et al.*, 2004; Refstie *et al.*, 2005, la soya (*Glycine max L.*) y sus subproductos, principalmente la torta o pasta de soya, es la fuente proteica vegetal más usada. Castillo (2011), añade que la conveniencia del uso de la soya, ha sido determinada por ser efectiva en costos, sustentable y con bajo nivel en fósforo. Además por el contenido relativamente alto de proteína (48%) teniendo un buen balance de aminoácidos esenciales que se acerca a los requeridos por los peces, aporte energético de 2991 kilocalorías, bajos factores anti nutricionales, mejor digestibilidad de sus proteínas, grasas y fibra, muy palatable. Se han obtenido buenos resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) usándolo como alimento complementario en la dieta para peces, como los obtenidos por Gutiérrez-Espinosa & Vásquez-Torres (2008); Vásquez-Torres *et al.* (2010), en las siguientes especies: *Piaractus brachyomus* (83,2%), *Oreochromis sp.* ( $92.4 \pm 0.2$ ), respectivamente.

El conocimiento parcial de las características nutricionales de las materias primas empleadas en la elaboración de raciones comerciales para peces, especialmente en lo relativo a disponibilidad real de proteína y energía, se ha convertido en un factor negativo para el sistema de producción debido al deficiente aprovechamiento de los ingredientes que componen las dietas, así como por los altos niveles de contaminación y deterioro de la calidad de agua, disminución del nivel productivo y desequilibrio en la relación costo / beneficio (Gutiérrez-Espinosa & Vásquez-Torres, 2008). Para atender las exigencias de nutrientes de cualquier especie en particular es prioritario conocer, además de sus necesidades cuantitativas de nutrientes, los valores de la disponibilidad biológica de la proteína o coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de los nutrientes de las diversas materias primas que se utilizan en la fabricación de raciones comerciales, por lo que está investigación fue proyectada en un futuro cultivo del pez *Girella laevisfrons*.

Los trabajos hechos en la especie *Girella laevisfrons* son pocos y los que se han realizado se enfocan en temas sobre taxonomía, contaminación y ecología, pero sobre su nutrición enfocado a la digestibilidad son muy escasos, por lo que nuestra investigación aportaría información de la calidad proteica de los insumos de la harina de pescado peruana y torta de *Glycine max L.* “soya” en la formulación y elaboración de alimentos que optimicen la eficiencia productiva, minimicen la pérdida de nutrientes en las heces y que puedan significar un ahorro en los costos de producción en un futuro cultivo de esta especie. Por lo que se plantea el siguiente problema de investigación ¿Cuál es la digestibilidad aparente de

la proteína de harina de pescado peruana y torta de *Glycine max* L. “soya” en alevines de *Girella laevis* (Pisces: Kyphosidae) “curaca”?

Asimismo se planteó la siguiente hipótesis de investigación la cual indica que se encontrara diferencias significativas entre las digestibilidades aparente de la proteína de la harina de pescado peruana, y que será superior a la torta de *Glycine max* L. “soya”, en alevines de *Girella laevis* “curaca.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivos Generales

Determinar la digestibilidad aparente de la proteína de la harina de pescado peruana y de torta de *Glycine max L.* “soya” en alevines de *Girella laevifrons* (Pisces: Kyphosidae) “curaca”.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de proteína de la harina de pescado peruana y de torta de *Glycine max L.* “soya”.
- Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína de la harina de pescado peruana y de torta de *Glycine max L.* “soya” en alevines de *Girella laevifrons*.
- Determinar la producción de heces en alevines de *Girella laevifrons* alimentados con harina de harina de pescado peruana y de torta de *Glycine max L.* “soya”

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Procedencias de la muestra

Los 105 alevines de *G. laevisfrons* fueron capturados con una red anchovetera de ½” o 13 mm de diámetro de malla, en la playa San Bernardino, Bahía Rincón de los Piños, ubicada geográficamente entre los puntos 09° 21’ 00’’ S, 78° 28’ 00’’ W en el distrito de Comandante Noel de la Provincia de Casma.

#### 3.2 Acondicionamiento de las unidades experimentales

Se utilizaron 3 acuarios de 70 litros de capacidad promedio, los cuales fueron previamente lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 5% y rotulados, luego en cada acuario independientemente se instalaron mangueras con sus respectivas llaves y piedras difusoras para un mejor control de la aireación constante proveniente de un blower. Luego se trajo agua de mar de la playa “El Dorado”, se filtro con una malla de 250 um y se oxigeno por una semana, antes de la llegada de los alevines de *G. laevisfrons*.

#### 3.2 Obtención de la harina de pescado peruana y la torta de *Glycine max L.* “soya”

Se compró 2 kilos de cada uno de los insumos de harina de pescado y de torta de soya. Los insumos antes de utilizarse como ingredientes en la preparación de los tratamientos, se les dio un tratamiento previo con un tamiz de 1mm y de 250 um respectivamente, tanto para su limpieza y obtención del tamaño uniforme de las partículas de los insumos con el fin de obtener una buena mezcla.

#### 3.3 Preparación de las dietas

Para la formulación de los dos tratamientos experimentales: harina de pescado y de torta de soya, se tomaron como referencia el trabajo de investigación de Vásquez & Morales (2011), como se muestra en la Tabla N° 1.

**Tabla 1: Porcentajes de los ingredientes en la preparación de los tratamientos (en base a medio kilogramo).**

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS	
	Harina de pescado	Torta de soya
Harina de pescado	92,12	-
Torta de soya	-	92,12
Aceite de pescado	6,38	6,38
Premix	0,5	0,5
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0	1,0

Insumos de investigación evaluados: H.P.= Harina de pescado y T.S.= Torta de soya. Insumo energético: A.P. = Aceite de pescado. Insumo vitamínico y mineral: Premix. Marcador: óxido de cromo III (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

**Tabla 2: Composición en gramos por kilogramo de vitaminas y minerales del Premix**

PREMIX	
COMPOSICIÓN	CANTIDAD(G/KG)
Vit. A	8
Vit. E	7
Vit. B <sub>1</sub>	8
Vit. B <sub>2</sub>	16
Vit. B <sub>6</sub>	11,6
Vit. B <sub>12</sub>	0,02
Vit. C	5
Vit. D <sub>3</sub>	5
Vit. K <sub>3</sub>	1
Cloruro de sodio	2,7
Cloruro de potasio	34
Sulfato de magnesio	7

FUENTE: DIVETNOR E.I.R.L., 2014

Se emplearon cantidades iguales de insumos (Tabla 1) y los tratamientos independientemente se mezclaron de igual manera, primero en seco: el insumo de investigación, el premix y el óxido crómico III, por aprox. media hora y por último la mezcla en húmedo: Se preparó aparte en un vaso de precipitación 200 ml de solución de agua tibia y aceite de pescado juntos, se le adicióno por último a la mezcla en seco. La mezcla final obtenida, se introdujo a presión en una jeringa número 21 y se obtuvo un pellet de 1,7 mm de diámetro, y posteriormente fue secado a temperatura ambiente por tres días y envasado en bolsas de plástico para evitar la proliferación de hongos a corto plazo hasta ser usados.

### **3.4 Peces y condiciones experimentales**

#### **3.4.1 Población**

Los alevines de *G. laevisfrons* fueron capturados con una red anchovetera de ½” o 13 mm de diámetro de malla, en la playa San Bernardino, al norte de Puerto Casma entre Bahía Rincón de los Piños y Tortugas ubicada geográficamente a 09° 21´ 00’’ Latitud Sur y 78° 28´00’’ Longitud Oeste en el Distrito de Comandante Noel de la Provincia de Casma.

Para el transporte de los peces se emplearon bolsas plásticas conteniendo agua de mar hasta los ¾ del volumen, las bolsas fueron selladas y colocadas en baldes de plástico de 18 L de capacidad.

#### **3.4.2 Biometría, distribución y aclimatación de los alevines**

En el laboratorio de Acuicultura continental y Nutrición, se llevó a cabo la biometría para la obtención de los datos en el muestreo, que se realizó al 33 % (35 peces) del total representado por 105 alevines obteniéndose datos promedios de su longitud (5,80cm) y peso (2,86g), con la ayuda de un ictiómetro y una balanza digital marca TANITA modelo 1479 0,1g de sensibilidad  $\pm 0,1$  y posteriormente se aplicó la curva de normalidad de datos con el test de Kolmogorov & Smirnov (Badii *et al.*, 2012), el cual justifica la normalidad de los datos con la estadística no paramétrica. Los peces fueron distribuidos al azar en tres acuarios de vidrio de 70 litros de capacidad promedio (35 peces/ acuario), equipados con aireadores. Asimismo fueron aclimatados y no se les suministro alimento por un periodo de 7 días, tanto para su adaptación a las condiciones de laboratorio y con la finalidad de vaciar el contenido estomacal para lo cual se tomaron como referencia los trabajos de investigación de Bosalina & Fenucci (2005), también se tomaron datos de los parámetros físicos y químicos del agua de los acuarios principalmente la temperatura, oxígeno disuelto y el pH con un termómetro Taylor de -50°C a 160°C de 0,1 °C sensibilidad, un oxímetro

digital YSI con  $\pm 0,01$  °C y  $\pm 0,01$  mgL<sup>-1</sup> de sensibilidad y un pH metro digital marca Waterproof PHtestr2, respectivamente.

**Tabla 3: Representación de los tratamientos (Harina de pescado peruana y torta de *Glycine max L.* “soya”) con sus respectivas repeticiones.**

REPETICIONES	TRATAMIENTOS	
	T1	T2
R1	T1R1	T2R1
R2	T1R2	T2R2
R3	T1R3	T2R3

**T1:** Harina de pescado peruana.    **T2:** Torta de *Glycine max L.* “soya”

### 3.4.3 Alimentación y técnicas de colección fecal

Para los estudios con los tratamientos a base de harina de pescado y de torta de soya, se tuvo como referencia el trabajo de investigación de Vásquez-Torres *et al.* (2010), para lo cual se trabajó primero con harina de pescado los tres acuarios (35 alevines/acuario), teniendo una duración aproximada de 20 días, durante los cuales los peces recibieron dos comidas diarias que representa el 3% de la biomasa (3 gramos), dividida en dos partes (1,5 gramos), tanto para la mañana como para la tarde, y fueron suministradas a las 9:00 y 16:00 h. Una hora después de cada comida cada acuario fue limpiado a fin de eliminar del sistema, los residuos de alimento y no contaminar las heces. Así mismo una hora después de la última comida se vació un 10 % (7 litros) del agua de los acuarios para asegurar que el proceso de limpieza sea completo. A las 8:30 h del día siguiente, las heces sedimentadas fueron cuidadosamente extraídas por sifoneo con una manguera de 1/2'' de diámetro, y de allí en adelante las heces fueron recolectadas tanto en la mañana como en la tarde ,antes de la alimentación, las mismas que luego fueron colocadas en placas petri, secadas en una estufa por 6 horas a 50 °C para reducir la humedad e inmediatamente congeladas a -20 °C y almacenadas hasta conseguir 2 g de heces secas, luego los peces se dejaron en descanso por cuatro días (depuración) para nuevamente repetir el proceso también por 20 días con el otro tratamiento experimental a base de torta de *Glycine max L.* “soya”.

### 3.6. Análisis químicos

Se utilizó el análisis químico proximal para determinar los contenidos de proteína cruda, tanto de los insumos a examinar, dietas, y de las heces. Se utilizo el *método de Kjeldhal* (factor 6,25), descrito por la AOAC (1990) el cual fue realizado por la Corporación de

Laboratorios de Ensayos clínicos, biológicos e industriales COLECBI S.A.C., de Nuevo Chimbote.

Las concentraciones de óxido crómico fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica. En donde se hizo digestión química en frío y en calor con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) en el cual el óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) es convertido a cromato, así como el proceso de filtrado y aforo a 100 ml con agua destilada, se realizó en el Laboratorio de Química General e Inorgánica de la Universidad Nacional del Santa, posteriormente estas muestras fueron trasladadas al laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Trujillo para hacer las lecturas en espectrofotómetro de absorción atómica, obteniéndose el contenido de óxido de cromo en heces en ppm, y luego transformarlos a porcentaje.

### 3.7. Estimaciones de digestibilidad

Las estimaciones del porcentaje de digestibilidad aparente fueron realizadas sobre la base de la cantidad de heces en cada una de las réplicas colectadas durante 20 días por cada tratamiento. Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente de la proteína cruda (C.D.A.) fueron determinados utilizando las ecuaciones descritas por Halver & Hardy (2002).

$$\text{C.D.A.}(\%) = 100 * 1 - \left[ \left( \frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ del alimento}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces}} \right) \left( \frac{\% \text{proteína en heces}}{\% \text{proteína del alimento}} \right) \right]$$

### 3.8. Análisis de datos

Los datos son presentados como medias ( $\pm$  DS) de tres réplicas por cada dieta. Con el propósito de establecer diferencias significativas entre la digestibilidad aparente de las dietas prueba, se utilizó el análisis de comparación de medias, mediante la prueba de T student de muestras independientes, con un nivel de significancia de 0,05 (Arroyo, 1984). Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa computacional SPSS versión 19, para Windows a un nivel de confianza de 95 %.



## IV. RESULTADOS

### 1.1. Concentración de proteína en dietas y heces (%)

La tabla N° 4 muestra el porcentaje de proteína de las dietas a base de harina de pescado y torta de soya. La prueba de t student, detecto diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el porcentaje de proteínas de las dietas evaluadas. El porcentaje proteico de la dieta a base de torta de soya es significativamente inferior a la dieta a base de harina de pescado.

**Tabla 4: Análisis proximal de proteína en los tratamientos experimentales**

	Tratamiento	
	Harina de Pescado	Torta de Soya
Proteína (%)	66,33± 0,32 <sup>a</sup>	32,65 ± 0,09 <sup>b</sup>

Fuente: Corporación de Laboratorios de Ensayos clínicos, biológicos e industriales COLECBI S.A.C., 2014.

Los valores con letras diferentes difieren estadísticamente para  $p < 0,05$ ; según la prueba de t student de muestras independientes.

La tabla N° 5 muestra el porcentaje de proteínas encontrado en las heces de los alevinos de *G. laevisfrons*, obtenidas por sifoneamiento durante la experiencia. La prueba de t student no detecto diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las heces provenientes de las dietas a base de harina de pescado y torta de soya. La proporción en proteína de las heces de la dieta a base de torta de soya es significativamente superior a la dieta a base de harina de pescado.

**Tabla 5: Análisis proximal de proteína de las heces de alevinos de *G. laevisfrons***

Repetición	Tratamiento	
	Harina de Pescado	Torta de Soya
1	12,03	12.01
2	13,06	13.03
3	10,03	10.90
<b>Promedio</b>	<b>11.07± 1,65<sup>a</sup></b>	<b>11.98± 2,06<sup>a</sup></b>

Fuente: Corporación de Laboratorios de Ensayos clínicos, biológicos e industriales COLECBI S.A.C., 2014.

Los valores con letras iguales no difieren estadísticamente para  $p > 0,05$ ; según la prueba de t student de muestras independientes.

#### 4.2 Oxido de cromo

Los valores de óxido de cromo en porcentaje, encontrados en las heces de *G. laevisfrons* fueron similares tanto para el tratamiento a base de harina de pescado y torta de soya, así como con la concentración ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), mezclada en las dietas, no encontrándose diferencias estadísticas como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6: Concentración de Oxido de Cromo (%) en heces de alevines de *G. laevisfrons***

Repetición	Tratamiento	
	Harina de Pescado	Torta de Soya
1	0,98	0,96
2	0,99	0,97
3	0,96	0,97
<b>Promedio</b>	<b>0,98± 0,02<sup>a</sup></b>	<b>0,97 ± 0,006<sup>a</sup></b>

Los valores con letras iguales no difieren estadísticamente para  $p>0,05$ ; según la prueba de t student de muestras independientes.

#### 4.3. Coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda (CDAPc)

Los resultados del coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda (CDAPc) en alevinos de *G. laevisfrons* alimentadas con las materias primas evaluadas, harina de pescado y torta de soya se muestra en la tabla N° 7, donde se puede observar que la harina de pescado presento CDAPc mayor a la torta de soya.

**Tabla7: Coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda (CDAPc), de los tratamientos experimentales en alevines de *G. laevisfrons***

Repetición	Tratamiento	
	Harina de Pescado	Torta de Soya
1	81,50	61,68
2	80,11	58,86
3	84,24	65,58
<b>Promedio</b>	<b>81,95± 5,77<sup>a</sup></b>	<b>62,04 ± 7,37<sup>b</sup></b>

Los valores con letras diferentes difieren estadísticamente para  $p<0,05$ ; según la prueba de t student de muestras independientes.

#### 4.4 Producción de heces

La producción diaria de heces en cada tratamiento fue menor para la harina de pescado, a diferencia de la torta de soya, debido a su buena digestibilidad, según los resultados encontrados en esta investigación, lo cual representa menor volumen de desechos eliminados al agua, como se muestra en la tabla N° 8.

**Tabla 8: Producción diaria de heces (g.día<sup>-1</sup>) en alevines de *G. laevis* alimentadas con los tratamientos experimental (n=3 replicas)**

Repetición	Tratamiento	
	Harina de Pescado	Torta de Soya
1	0,081	0,119
2	0,075	0,122
3	0,085	0,119
<b>Promedio</b>	<b>0,080 ± 0,005<sup>a</sup></b>	<b>0,120 ± 0,002<sup>b</sup></b>

Los valores con letras diferentes difieren estadísticamente para  $p < 0,05$ ; según la prueba de t student de muestras independientes.

#### 4.5. Principales parámetros físicos y químicos del agua, y biometría

En la tabla N 9, la concentración promedio de oxígeno disuelto fue de 7,30 mg. L<sup>-1</sup>, Los valores del pH fueron de 6,95 y la temperatura fue de 21,23 °C. Se pudo observar que *G. laevis* acepta alimento artificial y la mortalidad durante el experimento fue del 8% (ocho alevines).

**Tabla 9: Resultados semanales de los parámetros físicos y químicos del agua**

PARAMETR O	SEMANA						PROMEDI O
	1	2	3	4	5	6	
T <sup>o</sup> C	22, 2	21, 8	21, 5	21, 1	20, 3	20, 5	21,23
O <sub>2</sub>	7,2	7,1	7,4	7,2	7,5	7,4	7,30
pH	6,9	6,5	7,2	7,0	6,8	7,3	6,95

DS: Desviación estándar

Los datos promedios del peso y la talla del 33 % de los peces (35 alevines) se muestran en la tabla N° 10.

**Tabla 10. Promedios y Desviación estándar del peso y la longitud de los alevines de *G. laevisfrons***

<b>BIOMETRÍA</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>(DS)</b>
<b>Peso (g)</b>	2,18	0,10
<b>Talla (cm)</b>	4,96	0,09

#### IV. DISCUSIÓN

Los datos de digestibilidad reflejan el porcentaje de alimento absorbido por el animal y son importantes porque al ser empleados en la formulación se obtiene como resultado dietas con alto valor nutricional y bajo impacto ambiental (Lin *et al.* 2004). El valor de la proteína cruda de la harina de pescado fue de 81.95 % según la tabla 4, dicho valor se encuentra dentro de los valores reportados en la literatura (ver anexo 9), el cual oscila entre 59,90 % y 71,10 % (NRC, 1993; Smith *et al.*, 1995; Rawles & Gatlin, 2000; Maina *et al.*, 2002; Fagbenro *et al.*, 2003; Koprucu & Ozdemir, 2005; Zhout *et al.*, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2013).

El coeficiente de digestibilidad aparente de la harina de pescado peruana para otras especies omnivoras como ; *Oreochromis niloticus* “tilapia del Nilo” (Pezzato *et al.*, 2002) y *Megalobrama amblycephala* “chata negra dorada” (Zhou *et al.*, 2007), fue de 78,55 % y del 73,90 % inferior a los obtenidos en este estudio que fue de 82,96 % de la misma manera en diferentes investigaciones han reportado resultados mayores en *Oreochromis niloticus* “tilapia del nilo” (Hanley, 1987), 88,38 % en *Mylopharyngodon piceus* “carpa negra” (Liu *et al.*, 1990), 90,20 % en *Archosargus rhomboidales* “sargo rayado” (Hernández & Millán, 1998), 95,13 % en *Tor tambroides* “carpa de Tailandia” (Jalal *et al.*, 2000), 98,00 % en *Morone Chrysops*\* *M. Saxatilis* “lobina rayada” (Rawles & Gatlin, 2000), 90,00 % en *Oreochromis niloticus* “tilapia del nilo” (Maina *et al.*, 2002), 82,00 % en *Clarias agboyiensis* “pez gato” (Fagbenro *et al.*, 2003), 84,14 % en *Pseudoplatystoma corruscans* “surubí pintado” (Gonçalves & Carneiro, 2003), 88,84 % en *Labeo rohita* “rohu” (Salim *et al.*, 2004), 90,50 % en *Oreochromis niloticus* “tilapia del nilo” (Koprucu & Ozdemir, 2005), 88,10 % en *Oreochromis niloticus* “tilapia del nilo” (Gutiérrez-Espinoza *et al.*, 2011) y 80,20 % en *Labeo rohita* “rohu”(Hussain *et al.*, 2011), los cuales fueron muy buenos.

Entre los valores obtenidos en este estudio y los publicados en la literatura hay cierta discrepancia debido a que según Vásquez-Torres *et al.* (2010), las diferencias entre los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes de las misma materia prima generalmente tienen que ver con la calidad y origen de la materia prima utilizada, métodos de procesamiento para su obtención, tiempo de almacenamiento y contenido de lípidos entre otras. Como puede observarse y contrastar con los resultados reportados por otros autores (ver tabla 7 y anexo 11), la digestibilidad de la harina de pescado en diferentes especies icticas depende del tipo de materia prima usada para producir la harina que puede

ser Atún, Anchoa, Arenque, Pez chileno, Arenque americano, Anchoveta, Pez blanco, Pez rojo peruano y Sardina japonesa, lo cual da diversos resultados que pueden ser malos, buenos como el presente estudio y muy buenos como lo reportado por otros autores, que a su vez también puede deberse según Masumoto *et al.* (1996), a la oxidación de las harinas de origen animal y en especial de la harina de pescado que reduce la disponibilidad de la proteína, lo cual ocurre por largos periodos de almacenamiento y por sobrecalentamiento. También (Pezzato *et al.*, 2002), manifiesta que los CDA para diferentes peces pueden explicarse, esencialmente por variaciones en la estructura y función digestiva entre especies.

El valor de la proteína de la torta de soya fue de 32,65 % según la tabla 4; dicho valor está por debajo a lo encontrado en la literatura (ver anexo 10), el cual comprende del 44% al 48,80 % (Espejo, 2000; CORPOICA, 2006; Gutiérrez-Espinoza & Vásquez-Torres, 2008; Vásquez-Torres *et al.*, 2010; Garzón, 2010; Castillo, 2011).

El coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta a base de torta de soya (ver tabla 7 y anexo 12) fue del 62,04 %, este valor está por debajo a lo encontrado en la literatura, cuyos valores reportados fueron del 96,20 % en *Oreochromis niloticus x O. aureus* “tilapia híbrida” (Sklan *et al.*, 2004), 81,10 % en *Piaractus mesopotamicus* “pacu” (Abimorad & Carneiro, 2004), 83,20 % en *Piaractus brachypomus* “cachama blanca”(Gutiérrez-Espinoza & Vásquez-Torres, 2008), 90,60 % en *Piaractus mesopotamicus* “pacu” (Abimorad *et al.*, 2008) y 92,40 % en *Oreochromis sp.* “tilapia” (Guimarães *et al.*, 2008), los cuales fueron buenos. El valor del coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda de la torta de soya encontrado en el presente estudio es similar a lo reportado por Gonçalves & Carneiro (2003) que fue del 65,10 %.

La utilización de la torta de soya en la alimentación de alevinos de *G. laevis* ha mostrado resultados interesantes del CDA<sub>pc</sub> (62,03 %), en el presente estudio que en conjunto con los reportes mencionados anteriormente indican para peces omnívoros una mejor eficiencia de asimilación proteica.

La prueba de t student detecto diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en los valores del coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda (CDA<sub>pc</sub>), de la harina de pescado (81,95%) y torta de soya (62,04%), determinados para los alevinos de *G. laevis* en el presente estudio, presentando un mayor CDA<sub>pc</sub>, la dieta a base de insumo de origen animal (harina de pescado), a diferencia del insumo de origen vegetal (torta de soya), esta diferencia puede deberse según Allan *et al.* (2000), a mayores concentraciones de hidratos de carbono en ingredientes de origen vegetal y factores anti nutricionales, lo cual trajo como resultado menor asimilación del nutriente (proteína) y mayor producción

de heces (ver Tablas N° 5,7 y 8), asimismo Maina et al.(2002) determinó que los ingredientes de origen vegetal generalmente tienen coeficiente de digestibilidad aparente más bajos que las de origen animal debido a la presencia de fibra que es un material no digestible para peces.

Los parámetros de calidad de agua (tabla 9) estuvieron dentro de los límites aceptables para *G. laevifrons* la temperatura del agua oscilo entre 20,3 y 22,2 °C, el oxígeno disuelto fue de 7,1 a 7,5 mg. L<sup>-1</sup> y el pH de 6,5 a 7,3, en general estos parámetros físicos y químicos de calidad del agua permanecieron constantes. Cuyos valores estuvieron dentro de las normas de calidad de agua aceptables para especies marinas según Conijeski (2008)

De los alevines de 2,18 g de peso y 4,96 cm de longitud en promedio, hubo un 8% de mortalidad (ocho alevines), además las raciones tanto para la mañana como para la tarde se consumieron sin ningún problema, lo que confirmo que los ingredientes de origen pesquero, son muy palatables por los peces como lo señalo Zhoug *et al.* (2004).

Los insumos utilizados en la preparación de las dietas en esta investigación, pueden ser considerados buenos para la especie estudiada, y que puede ser utilizadas para la formulación de dietas y servirá como referencia para trabajos posteriores relacionados con la nutrición de esta especie con futuro potencial para su cultivo, que se encuentra distribuida en todo el litoral de nuestro país, especialmente en las playas de Tortugas y San Bernardino, ubicadas en el departamento de Ancash.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre el porcentaje de proteína de la harina de pescado  $66,33 \pm 0,32^a$  y de la torta de soya  $32,65 \pm 0,09^b$
- Se determinó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína cruda de la harina de pescado y torta de soya las cuales fueron  $81,95 \pm 5,77^a$  y  $62,04 \pm 7,37^b$  respectivamente en alevines de *G. laevisfrons*.
- En alevines de *G. laevisfrons* las proteínas de los insumos de origen animal fueron más digeribles que las de origen vegetal.
- En alevines de *G. laevisfrons* se usó eficientemente la fracción proteica de la torta de soya  $62,04\%$  de coeficiente de digestibilidad aparente lo que constituye una fuente de proteína de alto valor nutricional para la formulación de raciones para esta especie.
- La producción de heces en alevines de *G. laevisfrons* alimentados con harina de pescado fue de  $0,080 \pm 0,005$  y de la torta de soya de  $0,120 \pm 0,002 \text{ g.dia}^{-1}$ .



## **VII. RECOMENDACIONES:**

- Llevar a cabo estudios de digestibilidad aparente de la proteína comparativos entre fuentes de proteína animal y vegetal, por ejemplo: harina de carne, harina de sangre, harina de pasta de girasol, harina de caña, etc.
- Realizar estudios de digestibilidad teniendo en cuenta porcentajes de sustitución del insumo de investigación.
- Complementar las dietas con fuentes de micro y macronutrientes y a la vez con otras fuentes energéticas que no sea el aceite de pescado para ver su efecto en la digestibilidad de los insumos.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abimorad, E. & D. Carneiro. 2004 . Métodos de Colecta de Fezes e Determinação Dos Coeficientes de Digestibilidad da FraçãoProtéica e da Energis Dos Alimentos Para o Pacu, *Piaractusmesopotamicus* (Holmberg, 1887). Rev. Bras. Zootec. 33: 1101-1109.
- Abimorad, E., Squassoni, G. & D. Carneiro. 2008. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*.Aquaculture Nutrition.; 14: 374-380
- Anderson, J., Lall, S., Anderson, D. & M. McNiven. 1995. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture. 138:291-301.
- Amirkolaie, A.K., Verreth, J.A.J., Schrama, J.W. 2006 Effect of gelatinization degree and inclusion level of dietary starch on the characteristics of digesta and faeces in Nile tilapia (*Oreochromisniloticus* (L.)) Aquaculture 260:194–205.
- Allan, G., Parkinson, S., Booth, M., Stone, D., Rowland, S., Frances, J. & R. Andwarner-Smith. 2000. Replacement of Fish Meal in Diets for Australian Silver Perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of Alternative Ingredients. Aquaculture. 186:293-310.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990 .Official Methods of Analysis.Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA.
- Aquanoticias. 2010 . Investigación Para Diversificar la Acuicultura Peruana. Disponible en:  [<www.aquahoy.com/index.php>](http://www.aquahoy.com/index.php)
- Arroyo, R. 1984 . Estadística Aplicada a la Investigación: Diseños Experimentales. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos, 160 p.
- Grado de Maestría en Producción Agrícola Sustentable.CIIDIR.Instituto Politécnico Nacional.Michoacán-Mexico.134pp.
- Aksnes, A., Opstvedt, J., 1998. Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-subtitution method. Aquaculture 161: 45-53.

- Badii, M., Guillen, A., Araiza, L., Cerna, E., Valenzuela, J. & J. Landeros. 2012 . Métodos No-Paramétricos de Uso Común. Daena: International Journal of Good Conscience. 7(1) 132-155.
- Banco Wiese Sudameris. 2002. Harina y Aceite de Pescado: Perspectivas Fundamentales Positivas. Reporte sectorial. 19pp. Disponible en [:http://www.scotiabank.com.pe/i\\_financiera/pdf/sectorial/20020925\\_sec\\_es\\_pesca.pdf](http://www.scotiabank.com.pe/i_financiera/pdf/sectorial/20020925_sec_es_pesca.pdf)>
- Berrios, V. & M. Vargas. 2004 . Estructura Trófica de la Asociación de Peces Intermareales de la Costa Rocosa del Norte de Chile. Rev. Biol. Trop. 52(1):201-212.
- Bocek, A. 2007 . Aquaculture. International Center for Aquaculture, Auburn University, Alabama, USA. 5pp
- Borja, Á. 2002 . Los Impactos Ambientales de la Acuicultura y la Sostenibilidad de Esta Actividad. Boletín Instituto Español de Oceanografía. 18:41-49.
- Borquez, A. 2008. Evaluación Nutricional del Lupino Blanco (*Lupinus albus*) como Fuente Alternativa de Proteínas en Dietas Comerciales para Salmónidos en Chile. Tesis Doctoral Opción al Grado: Doctor en Ciencias del Mar. Departamento de Biología. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas-España. 204pp.
- Bosalina, S. & J. Fenucci. 2005 . Apparent Digestibility of Crude Protein and Lipids in Brazilian Codling, *Urophycis brasiliensis* (Kamp, 1858) (Pisces: Gadiformes), Fed with Partial Replacements of Soybean Meal and Meat Meal Diets. Rev. Biol. Mar. and Ocean. 40(2): 127 – 131.
- Bureau, D.P., Harris, A.M., Bevan, D.J., Simmons, L.A., Azevedo, P.A. & C.Y. Cho. 2000. Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* diets. Aquaculture, 181: 281–291.
- Cáceres, C. & P. Ojeda . 2000 . Patrones de Forrajeo en Dos Especies de Peces Intermareales Herbívoros de las Costas de Chile: Efecto de la Abundancia y Composición Química del Alimento. Rev. Chil. Hist. Nat. 73(2): 253-260.

- Cardozo, A. & J. Bateman. 1961. "La quinua en la alimentación animal". Reimpreso N° 154. Reimpreso de Turrialba, volumen 11, No 2. Instituto Interamericano de Ciencias agrícolas. Trimestre Abril-Junio 1961. pp 72-77
- Castillo, C. 2011 . "Producción y Comercialización de Torta de Soya al Mercado Colombiano Bajo el Régimen de Maquila". Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Tecnológica Equinoccial . Quito – Ecuador. 159p.
- Calderón R. 2010. Evaluación de la digestibilidad y desempeño en salmón del atlántico *Salmo salar* (Linnaeus, 1758), utilizando dietas con diferentes niveles de proteína. Tesis presentada en opción al grado científico de Ingeniero en Acuicultura. Facultad de Pesquerías y Oceanografía. Universidad Austral de Chile.52p.
- Castillo, C. 2011 . "Producción y Comercialización de Torta de Soya al Mercado Colombiano Bajo el Régimen de Maquila". [En línea] Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Económicas . Universidad Tecnológica Equinoccial . Quito – Ecuador. 159p.
- Castro, R., Rauld, R. & J. Nakazoe. 2013 . Estudio de digestibilidad in vivo de harinas de pescado. Programa Nacional de Salmonicultura. Coyhaique, Chile. 6pp.
- Cavalheiro, J.M., De Souza, O. & E. Singh. 2007 .Utilization of Shrimp Industry Waste in the Formulation of Tilapia (*Oreochromis niloticus*Linnaeus) feed. BioresourceTechnology 98, 602 –606.
- Cho, C. & D. Bureau. 1999. Bioenergética en la Formulación de Dietas y Estándares de Alimentación para la Acuicultura del Salmon: Principios, Métodos y Aplicaciones. In: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D. & R. Mendoza Alfaro. (Edts). Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos. 1999. 11-13 Noviembre, 1996. Monterrey, N.L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México.pp.33-64.
- Cho, C. & S. Kaushik.1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). World review of nutrition and dietetics61, 132–172.
- Conijeski, D. 2008. Ingeniería de Cultivos Marinos y Dulceacuicolas Conceptos Basicos de Ingeniería en Acuicultura. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura. 28 p.

- Cortes., V. 2010. Sustitución Parcial de la Harina de Pescado (*Plecostemus ssp.*) por Harina de Lombriz (*Eisema foetida*) en Alimento para Bagre de Canal (*Ictalurus punctatus*). Instituto Politécnico Nacional .Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Ciidir- Michoacán. 81pp.
- CORPOICA C.I. 2006. Soya (*Glycine max* (L) Merrill) Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquia colombiana. Plan de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Soya. Manual técnico. Primera edición. Villavicencio, Meta-Colombia.209pp
- De Marín, C., Marval, H. & A. De Marcano. 2007. Utilización de la Harina de Pescado en la Formulación de Alimentos para Crecimiento y Engorde Animal. INIA. Sitio Argentino de Producción Animal. 3pp.
- Da Silva G., J y Oliva-Teles, Aires. 1998. Apparent digestibility coefficients of feedstuffs in seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. Aquat. Living Resour, 3: 187-191.
- Espejo, C. 2000. Evaluación de Torta de Soya, Soya Integral y Harina de Yuca en la Alimentación de Tilapia en Jaulas.American Soybean Association .Colombia.11p.
- FAO. 2009. El estado mundial de la pesca y la acuicultura -2008. Roma- Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Departamento de Pesca y Acuicultura. 87-91 pp.
- FAO, 2012 .Examen mundial de la pesca y la acuicultura. En: Departamento de Pesca y acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Disponible en URL:<<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s01.pdf>>
- Fagbenro, O.A., Adeparusi, E.O. & O.O. Fapohunda. 2003. Feedstuffs and dietary substitution for farmed fish in Nigeria. InA.A. Eyo, eds. Proceedings national workshop on fish feed development and feeding practices in aquaculture, pp. 60–72.
- Furuya, W., Pezzato, L., Pezzato, A., Barros, M. & E. Miranda. 2001 .Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes Para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras. Zootec. 30:1143-1149.

- Garzon, V. 07/09/10/. La soya, principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores. Articulo tecnico. CORPOICA. Meta- Colombia
- Gonçalves G., E., Carneiro, D.J., 2003. Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Proteína e Energia de Alguns Ingredientes Utilizados em Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystomacorusans*). R. Bras. Zootec. 32, 779-786.
- González, R. & G. Wills. 2009. Evaluación de Dietas Isoenergéticas con Varios Niveles de Proteína y de Harina de Pescado en Alevinos de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 12 (2): 69-77.
- Guimarães, L., Pezzato, L. & M. Barros. 2008. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition.
- Gutiérrez-Espinosa, M. & W. Vásquez-Torres. 2008 . Digestibilidad de *Glicine max* L, Soya, en Juveniles de Cachama Blanca *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818.Orinoquia . 12(2):141-148 .
- Gutiérrez-Espinosa, M., Yossa-Perdomo, M. & W. Vásquez-Torres. 2011 . Digestibilidad Aparente de Materia Seca, Proteína y Energía de Harina de Vísceras de Pollo, Quinoa y Harina de Pescado en Tilapia Nilótica, *Oreochromis niloticus*. Orinoquia . 15(2):169-179
- Halver, J.& R. Hardy. 2002 . Fish Nutrition. Third Edition Elsevier Seing (USA). 589 p.
- Hanley F. 1987. The Digestibility of Foodstuffs and the Effects of Feeding Selectivity on Digestibility Determination in Tilapia *Oreochromis niloticus* (L>). Aquaculture . 66(2): 163-179.
- Hernández, J. & J. Millán. 1998 .Coeficiente de Digestibilidad Aparente y Energía Metabolizable de Ingredientes Utilizados en la Alimentación del Sargo Rayado *Archosargusrhomboidalis* (L. 1758, Pisces: sparidae). Ciencias Marinas . 24(1):1-11.
- Hussain, S., Afzal, M., Salim, M., Javid, A., Khichi, T., Hussain, M. & S. Raza. 2011. Apparent Digestibility of Fish Meal, Blood meal and Meat meal for Labeo rohita Fingerlings. The Journal of animal & Plant Sciencies. 21(4):807-811

- Isea, F., Ble, C., Medina, A., Aguirre, P., Bianchi, G. & S. Kaushik. 2008 . Estudio de Digestibilidad Aparente de la Harina de Lombriz (*Eisenia andrei*) en la Alimentación de Trucha Arco Iris (*Onchorinchus mykiss*). Rev. Chil. Nutr. 35(1):62-68.
- Köprücü, K. & Y. Özdemir. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 250: 308–316. NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirement of Fish. Committee on Animal Nutrition, Board of Agriculture, National Research Council. National Academic Press, Washington, D.C. p 114.
- Jalal, K., Ambak, M., Saad C., Hasan, A. & A. Abol-Munafi. 2000 .Apparent Digestibility Coefficients for Common Major Feed Ingredients In Formulated Feed Diets For Tropical Sport Fish, *Tor tambroides* Fry. Pakistan Journal of Biological Sciences. 3: 261-264.
- Liu, Y., Zhu, Y. & H. Chen. 1990 .Digestibility of Black Carp to Fourteen Fish Feeds. Fishery Information. 6: 166–169.
- Maina, J., Beames, R., Higgs, D., Mbugua, P., Iwama, G. & S. Kisia.2002. Digestibility and Feeding Value of Some Feed Ingredients Fed to Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research. 33(11):853-862.
- Martínez, L., Martínez, M., López, J., Campaña, A., Miranda, A., Ballester, E. & M. Porchas. 2010 .Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A. & J. Gamboa-Delgado (Eds.), Avances en Nutrición Acuícola X -Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 668-699.
- Masumoto, T., Ruchimat, T., Ito, Y., Hosokawa, H. & S. Shimeno. 1996. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). Aquaculture ; 146:109-119
- Medina, A. 2010. Generalidades Sobre las Necesidades Nutricionales de los Peces. En: Grupo “Ecología y Nutrición” (Eds.). Resumen de Conferencias, pp. 8-12 .Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela.

- Moncada, L. 1999 .Puntos de Control en la Fabricación de Alimentos Balanceados para Acuicultura. In: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D. & R. Mendoza Alfaro (Edts) Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos. 1999. 11-13 Noviembre, 1996. Monterrey, N.L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México.16pp.
- Mundheim, H., Anders A. & H. Britt. 2004. Growth, feed efficiency and digestibility in salmon (*Salmo salar* L.) fed different dietary proportions of vegetable protein sources in combination with two fish meal qualities. *Aquaculture*. 237: 315–33.
- National Research Council (NRC).1993. Nutrient Requirements for Fish. National Academy Press. Washington,D.C. 114 pp.
- Noel, W. 2003 . Formulación y Elaboración de Dietas Para Peces y Crustáceos. Facultad de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman.55p.
- Pequeño, G. & S. Sáez. 2008 . El Estatus Taxonómico de *Doydixodon laevifrons*(Tschudi, 1846) (*Osteichthyes: Kyphosidae*) Rev. Perú. Biol. 15(1):101-104.
- Peters, R., Morales, E., Morales, N. & J. Hernández. 2008 .Evaluación de la Calidad Alimentaria de la Harina de *Lemna obscura* Como Ingrediente en la Elaboración de Alimento Para Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*).Rev. Cient. FCV-Luz.XIX. (3):303-310.
- Pezzato, L.E., Carvalho de Miranda, E., Barros, M.M., Quintero, L.G., Furuya, W. & A.C. Pezzato. 2002 .Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápiado Nilo (*Oreochromisniloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia 31, 1595-1604.
- Rawles, S. & D. Gatlin. 2000 . Nutrient Digestibility of Common Feedstuffs in Extruded Diets for Sunshine Bass *Morone chrysops*♀×*M. saxatilis* ♂. *Journal of the World Aquaculture Society*. 31(4):570-579
- Refstie, S., Sahlström, S., Bråthen, E., Baeverfjord, G. & P. Krogedal. 2005 . Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 246:331–345.



- Sales, J. & P. Britz. 2003. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for South African abalone (*Haliotis midae* L.). *Aquaculture Nutrition*. 9: 55- 64.
- Salim, M., Aziz, I., Sultan, J. & I. Mustafa. 2004 .Evaluation of Apparent Digestibility of Fish Meal, Sunflower Meal and Rice Polishings for *Labeo rohita*. *Pak. J. Life Soc. Sci.* 2(2): 139-144
- Sklan, D., Prag, T. & I. Lupatsch. 2004. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research*. 35:358-364.
- Smith R.R., Winfree, R.A., Rumsey, G.W., Alrred, A. & M. Peterson. 1995. Apparent digestion coefficients and metabolizable energy of feed ingredients for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26(4):432-437.
- Tacon, J.G.A. (1989). Manual de capacitación: Nutrición y Alimentación de peces y camarones cultivados. Departamento de Pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Brasilia, Brasil.
- Talledo, S. 2010. Situación y perspectiva de la harina de pescado: caso peruano de 1980-2007. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Post-Grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima- Peru. 123pp.
- Thomson, D. & A. Kerstitch. 2000 . Reef Fishes of the Sea of Cortez. Revised Edition. University of Texas Press, Austin, 353p.
- Varas, E. & F.P. Ojeda. 1990 .Intertidal fish assemblages of the central Chilean coast: diversity abundance and trophic patterns. *Revista Biología Marina Valparaiso*25:59-70
- Vásquez, J. & J. Vega. 2004 . Ecosistemas Marinos Costeros del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. En: Squeo, F., Gutiérrez, J. & I. Hernández (Eds) Edic. Universidad de la Serena. Chile. 13: 135 – 252.
- Vásquez-Torres, W., 2004. Principios de Nutrición aplicada al cultivo de peces. Colección Unillanos 30 años. 101pp.

- Vásquez-Torres, W., Pereira-Filho, M. & J. Arias-Castellanos. 2002 .Estudios para composição de una dieta referencia semipurificada para avaliação de exigênciasnutricionais em juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). Revista Brasileira de Zootecnia. 31(1): 283-292.
- Vásquez-Torres, W., Yossa-Perdomo, M., Hernández-Arévalo, G. & M. Gutiérrez-Espinosa. 2010 . Digestibilidad Aparente de Ingredientes de Uso Común en la Fabricación de Raciones Balanceadas Para Tilapia Roja Híbrida (*Oreochromis sp.*). Rev. Colomb. Cienc. Pec. 23(2)207-216.
- Vásquez, E. & E. Morales. 2011 . Digestibilidad Aparente de Harina de *Ulva Lactuca* “Ulva” y *Glycine max* “soya” en *Girella laevis* (Pisces: Kyphosidae) “curaca”. Tesis Presentada Para Optar el Grado de Biólogo Acuicultor. Facultad de Ciencias. U.N.S. Nvo. Chimbote. 26pp.
- Zaldívar, F. 2002. Las Harinas y Aceites de Pescado en la Alimentación Acuícola. En: Cruz-Suárez, L., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. & N. Simoes (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.
- Villarreal-Cavazos, D., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M., Guajardo-Barbosa, C., Lemme, A. & L. Cruz-Suarez. 2008 . Digestibilidad Aparente de Aminoácidos de 10 Harinas de Pescado Utilizadas en Alimentos Comerciales para Camarón Blanco (*L.vannamei*) en México. En: Cruz-Suarez, L., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López M., Villarreal-Cavazos D., Lazo, J. & T. Viana (Eds) Avances en Nutrición Acuícola IX. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 24-27 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. P. p.382-409.
- Zhou, C., Tan, B., Mai, K. & J. Liu. 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. Aquaculture. 241: 441-451.
- Zhou, Z., Ren, H., Zeng, H. & Yao. 2007 .Apparent Digestibility of Various Feedstuffs for Bluntnose Black Bream *Megalobrama amblycephala* Yih. Aquaculture Nutrition. 13:1-13

# ANEXOS

**Anexo 1. Acuarios de 70 litros de capacidad promedio**

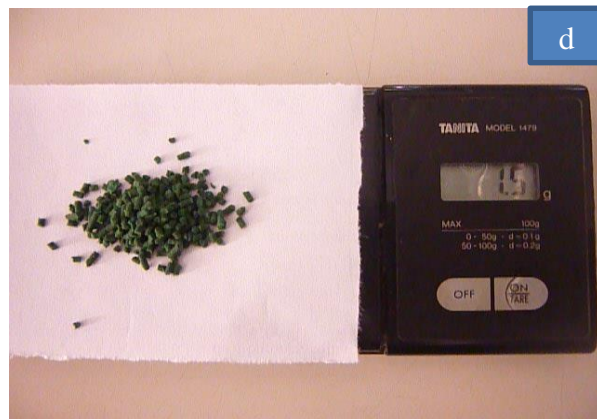


**Anexo 2. Tamizado de los insumos**



**Anexo 3.** Preparación de las dietas a base de harina de pescado y torta de soya; a) Mezclado, b) Obtención del pellet, c) Pellet preparado y d) Medición de la ración.





**Anexo 4.** Pruebas no paramétricas para demostrar normalidad de los datos de peso y talla de los individuos empleados

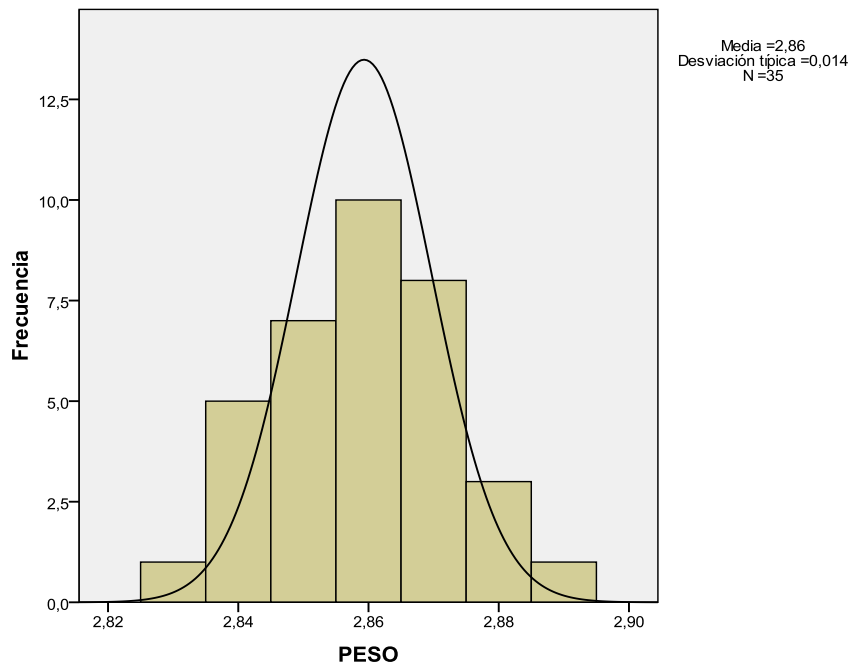
Estadístico Descriptivo

	N	Media	Desviación típica
Peso (gr)	35	2,8591	0,01380
Talla (cm)	35	5,8003	0,01361

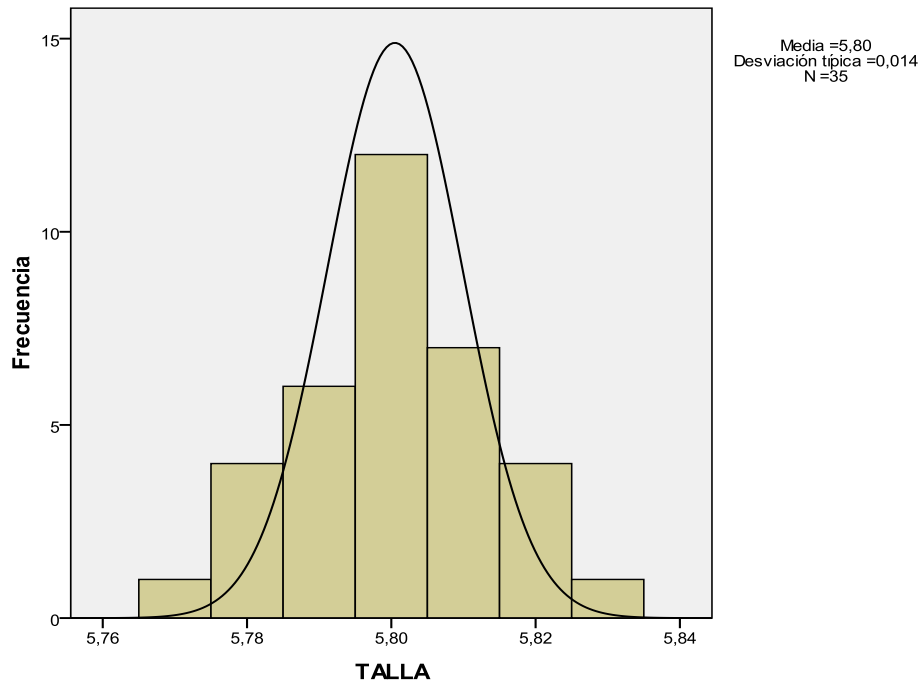
Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		PESO	TALLA
	N	35	35
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	2,8591	5,8003
	Desviación típica	,01380	,01361
Diferencias más extremas	Absoluta	,153	,177
	Positiva	,132	,166
	Negativa	-,153	-,177
Z de Kolmogorov-Smirnov		,907	1,049
Sig. asintót. (bilateral)		,383	,221

**Anexo 5.** Curva de normalidad del peso de los alevines de *G. laevisfrons* con el test de Kolmogorov & Smirnov.

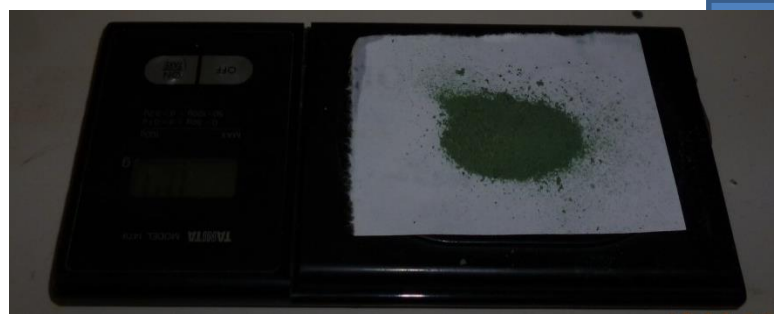


**Anexo 6.** Curva de normalidad de la talla de los alevines de *G. laevisfrons* con el test de Kolmogorov & Smirnov.

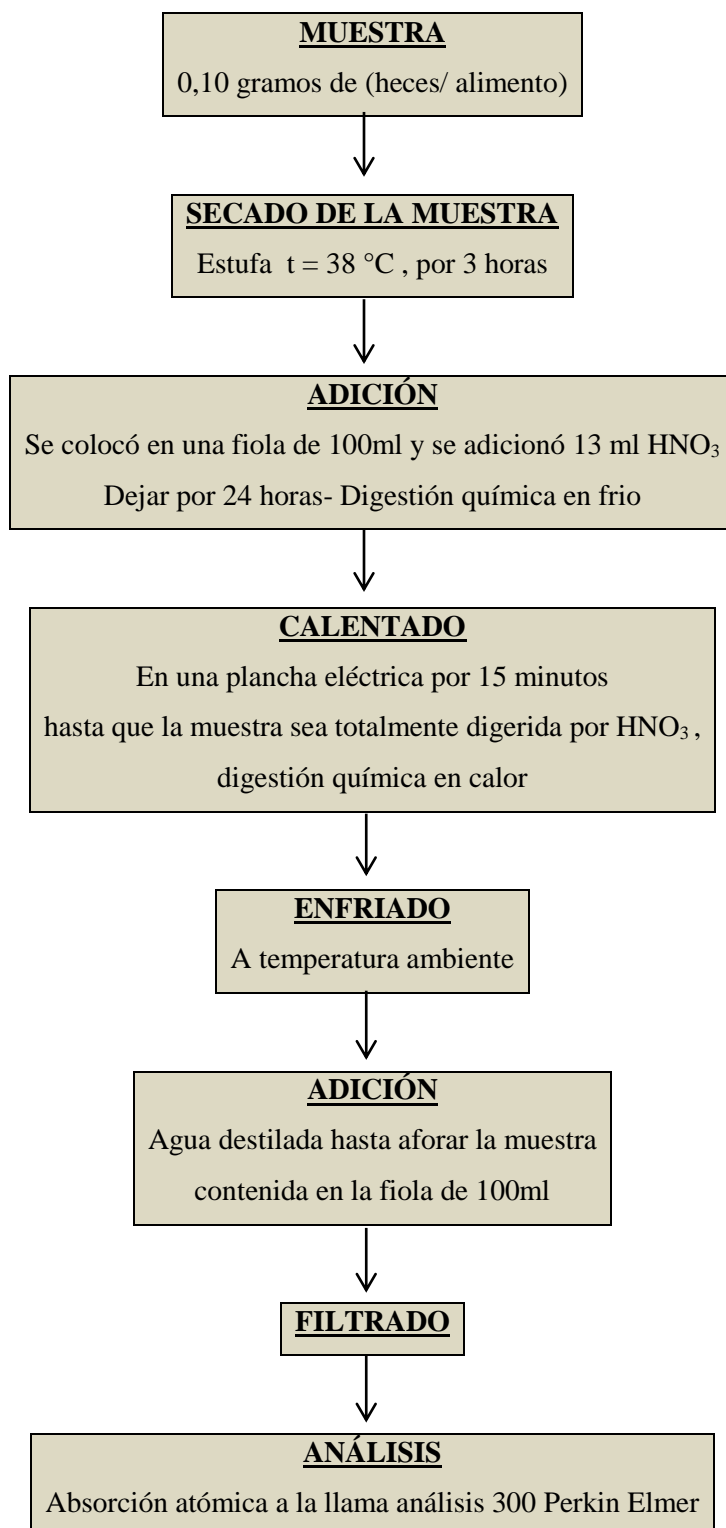




**Anexo 7.** Tratamiento de heces, a) Pulverizado, b) Pesado c) Heces para análisis de óxido de cromo y d) Heces para análisis de proteínas



**Anexo 8.** Flujoograma del análisis de las heces por espectrofotometría de absorción atómica



**Anexo9.** Valores del contenido de proteína cruda (% PC) de la harina de pescado de diversos orígenes, según varios autores.

<b>HARINA DE PESCADO</b>	<b>PROTEÍNA CRUDA (% PC)</b>	<b>AUTORES</b>
Atún	59,90	NRC (1993)
Anchoa	63,00	Smith <i>et al.</i> (1995)
Arenque	71,00	NRC (1993); Smith <i>et al.</i> (1995)
Pez chileno	76,00	Smith <i>et al.</i> (1995)
Arenque americano	64,50	NRC (1993); Rawles & Gatlin (2000)
Anchoveta	71.10	Koprucu & Ozdemir (2005)
Anchoveta	65,10-65,44	NRC (1993); Maina <i>et al.</i> (2002); Gutiérrez <i>et al.</i> (2008)
Pez blanco	62,20	
Pez rojo peruano	64,93	NRC (1993); Fagbenro <i>et al.</i> (2003)
Sardina japonesa	70,46	Zhout <i>et al.</i> (2007) Castro <i>et al.</i> (2013)

**Anexo 10.** Valores del contenido de proteína cruda (% PC) de la torta de soya, según varios autores.

<b>INSUMO</b>	<b>PROTEÍNA CRUDA (% PC)</b>	<b>AUTORES</b>
<b>TORTA DE SOYA</b>	37,00	Cardozo & Bateman (1961)
	46,00	Espejo (2000)
	45,50	CORPOICA (2006)
	48,80	Gutiérrez-Espinoza & Vásquez-Torres (2008)
	45,70	
	45,50	Vásquez-Torres <i>et al.</i> (2010)
	44,00	Garzon (2010) Castillo (2011)

**Anexo11.** Valores del coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda (CDAPc) de la harina de pescado, según varios autores.

PEZ/ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CDAPc (%)	AUTORES
<i>Oreochromis niloticus</i>	tilapia del nilo	86,00	Hanley (1987)
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	carpa negra	88,38	Liu <i>et al.</i> (1990)
<i>Archosargus rhomboidales</i>	sargo rayado	90,20	Hernández & Millán (1998)
<i>Tor tambroides</i>	carpa de Tailandia	95,13	Jalal <i>et al.</i> (2000)
<i>Morone Chrysops</i> * <i>M. Saxatilis</i>	lobina rayada	98,00	Rawles & Gatlin (2000)
<i>Oreochromis niloticus</i>	tilapia del nilo	90,00	Maina <i>et al.</i> (2002)
<i>Oreochromis niloticus</i>	tilapia del nilo	78,55	Pezzato <i>et al.</i> (2002)
<i>Clarias agboyiensis</i>	pez gato	82,00	Fagbenro <i>et al.</i> (2003)
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	surubí pintado	84,14	Gonçalves & Carneiro (2003)
<i>Labeo rohita</i>	rohu	88,84	Salim <i>et al.</i> (2004)
<i>Oreochromis niloticus</i>	tilapia del nilo	90,50	Koprucu & Ozdemir (2005)
<i>Megalobrama amblycephala</i>	chata negra dorada	93,20	Zhou <i>et al.</i> (2007)
<i>Oreochromis niloticus</i>	tilapia del nilo	88,10	Gutiérrez-Espinoza <i>et al.</i> (2011)
<i>Labeo rohita</i>	rohu	80,20	Hussain <i>et al.</i> (2011)

**Anexo12.** Valores del coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína cruda (CDAPc) de la torta de soya, según varios autores.

PEZ/ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CDAPc (%)	AUTORES
<i>Pseudoplatystoma coruscans</i>	surubí pintado	67,10	Gonçalves & Carneiro (2003)
<i>Oreochromis niloticus</i> x <i>O. aureus</i>	tilapia híbrida	96,20	Sklan <i>et al.</i> (2004)
	pacu	81,10	Abimorad & Carneiro (2004)
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	cachama blanca	83,20	Gutiérrez-Espinoza & Vásquez-Torres (2008)
<i>Piaractus brachypomus</i>	pacu	90,60	Abimorad <i>et al.</i> (2008)
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	tilapia	92,40	Guimarães <i>et al.</i> (2010)
<i>Oreochromis sp.</i>			