

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ACUICULTURA**



**“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA EN  
JUVENILES DE BABUNCO (*Girella laevifrons*), DIGESTIBILIDAD DE  
LA PROTEÍNA Y ENERGÍA EN DIETAS”**

**Presentada por:  
MARIE ANNE GÁLVEZ ESCUDERO**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN ACUICULTURA**

**Lima - Perú  
2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ACUICULTURA**

**“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA EN  
JUVENILES DE BABUNCO (*Girella laevis*), DIGESTIBILIDAD  
DE LA PROTEÍNA Y ENERGÍA EN DIETAS”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**MARIE ANNE GÁLVEZ ESCUDERO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Mg.Sc. Beatriz Angeles Escobar  
**PRESIDENTE**

Mg.Sc. ~~Leslie Varga~~ Cárdenas  
**ASESOR**

Mg.Sc. María Cristina Miglio Toledo  
**MIEMBRO**

M.Sc. Anibal Verástegui Maita  
**MIEMBRO**

## DEDICATORIA

A mi esposo y mejor amigo José,  
por su incondicional apoyo y compañía.

A mi hijo José Alessandro, por su paciencia y buen humor durante parte de los sábados y  
domingos que dejamos de pasar juntos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por brindarme la formación a través de los docentes, lo cual me ha permitido sentar las bases para el presente trabajo.

A la Universidad Científica del Sur, por brindarme todas las facilidades y apoyo para la realización de los experimentos en sus laboratorios. En particular, mi agradecimiento a la Dra. Sonia Valle, quien me permitió dicho acceso.

A mi asesora Mg.S.c Jessie Vargas, por ser una importante guía de principio a fin en este estudio, transmitiendo su experiencia y conocimiento mediante importantes sugerencias que enriquecieron esta investigación.

A los miembros del jurado evaluador Mg.Sc Beatriz Angeles , Mg.Sc María Miglio y M.Sc Anibal Verástegui, por brindar su tiempo y experiencia para la revisión del presente documento.

A mis colegas y amigos Paul Baltazar y César Cruz, quienes me brindaron su confianza e invitaron a formar parte de las investigaciones en la especie *Girella laevifrons*, gracias por estar siempre pendientes y por todo su apoyo en este proceso.

Al Ing. Henry Obeso, y a los estudiantes Héctor Estrada, Hebert Sosa, Fernanda Miyagui y Camila Ochoa, por su invaluable apoyo durante el experimento.

Al Laboratorio del Centro Experimental de Acuicultura de Vitapro, por su apoyo en la realización de los análisis de los experimentos de digestibilidad.

A mis padres Germán y Ana María por apoyarme en todo proyecto que he iniciado y ser mi inspiración para ser una mejor persona y profesional.

A mi esposo José por participar de los muestreos y acompañarme durante todo el proceso invitándome a dar solución a los retos que se presentaban en el camino.

# ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 ASPECTOS GENERALES DE BABUNCO ( <i>Girella laevis</i> ).....	4
2.1.1 Descripción taxonómica.....	4
2.1.2 Distribución y hábitat.....	5
2.1.3 Sistema digestivo y hábitos alimenticios .....	5
2.1.4 Parámetros medio ambientales.....	10
2.1.5 Parámetros de crecimiento .....	11
2.2 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA .....	12
2.2.1 Métodos de determinación de requerimiento de proteína .....	13
2.2.2 Requerimiento nutricional de especies relacionadas al género <i>Girella</i> .....	17
2.3 DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD Y CALIDAD NUTRICIONAL DE LA DIETA.....	18
2.3.1 Digestibilidad .....	18
2.3.2 Relación Proteína: Energía digestible en dietas .....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1 LUGAR Y PERIODO EXPERIMENTAL .....	25
3.2 INSTALACIONES Y MANEJO EXPERIMENTAL .....	25
3.2.1 Mantenimiento del sistema estático y unidades experimentales.....	25
3.2.2 Medición y control de la calidad del agua.....	25
3.2.3 Material biológico .....	27
3.2.5 Controles biométricos .....	28
3.3 FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES ..	29
3.4 FASE EXPERIMENTAL I: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REQUERIMIENTO PROTÉICO .....	32
3.4.1 Diseño experimental.....	32
3.4.2. Manejo de la alimentación .....	32
3.4.3. Cálculo de parámetros productivos .....	32
3.4.5 Determinación del requerimiento de proteína.....	35

3.5 FASE EXPERIMENTAL II: DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE .....	36
3.5.1 Diseño experimental.....	36
3.5.2 Manejo de alimentación .....	36
3.5.3 Cálculo del Coeficiente de Digestibilidad Aparente de Proteína y Energía .....	36
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1 FASE EXPERIMENTAL I: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REQUERIMIENTO PROTÉICO .....	39
4.1.1 Evaluación de los parámetros de calidad de agua .....	39
4.1.2 Determinación de parámetros productivos.....	42
4.1.3 Determinación de requerimiento de proteína .....	56
4.2 FASE EXPERIMENTAL II: DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE .....	60
4.2.1 Parámetros de calidad de agua .....	60
4.2.2 Coeficiente de digestibilidad aparente de proteína .....	61
4.2.3 Coeficiente de digestibilidad aparente de lípidos.....	64
4.2.4 Coeficiente de digestibilidad aparente de energía de la dieta .....	66
4.2.5 Relación Proteína Digestible : Energía Digestible.....	68
V. CONCLUSIONES .....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
VIII. ANEXOS.....	92

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Literatura previa de requerimiento de proteína en diferentes especies de peces....	13
Tabla 2: Parámetros físico químicos , frecuencia y equipos utilizados durante periodo experimental en cada acuario.....	27
Tabla 3: Fórmula y composición química proximal (% materia seca – MS) de las dietas experimentales T37, T40, T43 y T46.....	30
Tabla 4: Fórmula de la premezcla de vitaminas y minerales .....	31
Tabla 5: Distribución de tratamientos según contenido de proteína dietaria.....	32
Tabla 6: Parámetros de calidad de agua durante la fase experimental I, de <i>Girella laevisfrons</i> alimentada con cuatro niveles de proteína.....	40
Tabla 7: Parámetros productivos de juveniles de <i>Girella laevisfrons</i> alimentadas con cuatro niveles de proteína durante el periodo experimental de 71 días.....	43
Tabla 8: Eficiencia de retención de proteínas y lípidos y composición de proteína y lípidos en cuerpo de juveniles de <i>Girella laevisfrons</i> en porcentaje de peso seco al final del experimento alimentados con cuatro dietas comerciales (T37, T40, T43, T46) .....	55
Tabla 9: Parámetros de calidad de agua en cuatro tratamientos durante la fase experimental II, de juveniles de <i>Girella laevisfrons</i> .....	61
Tabla 10: Coeficiente de digestibilidad aparente y desviación estándar en las dietas experimentales de <i>Girella laevisfrons</i> .....	63
Tabla 11: Proteína y Energía Digestible de las dietas experimentales.....	69

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: <i>Girella laevifrons</i> de aproximadamente 10 cm LT.....	5
Figura 2: Vista lateral de dientes mandibulares externos.....	6
Figura 3: Vista dorsal de arcos branquiales .....	6
Figura 4: Vista interna del arco hiodeo izquierdo.....	7
Figura 5: Vista ventral de los patrones de enrollamiento intestinal en tres girellidos.....	8
Figura 6: . Sistema digestivo (a) y estómago (b) de <i>Girella leonine</i> .....	9
Figura 7: Diseño del sistema experimental estático.....	26
Figura 8: Concentración de nitrógeno amoniacal total promedio (mg NAT L <sup>-1</sup> ) tomado de forma interdiaria durante 71 días de periodo experimental con cuatro tratamientos: T37, T40, T43 y T46. Las fechas negras indican los días en que se realizó el recambio de agua al 100 % .....	42
Figura 9: Tasa de crecimiento en peso (TCW g día <sup>-1</sup> ) promedio de <i>Girella laevifrons</i> con cuatro diferentes dietas experimentales, con desviación estándar. Letras diferentes representan diferencias significativas (p<0,05) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína. ....	43
Figura 10: Tasa de crecimiento en peso (TCEW %) promedio y desviación estándar de <i>Girella laevifrons</i> alimentada con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas (p<0,05) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	44
Figura 11: Incremento de peso promedio (%) y desviación estándar de <i>Girella laevifrons</i> alimentadas con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas (p<0,05) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	47
Figura 12: Tasa de crecimiento en longitud (TCL mm día <sup>-1</sup> ) promedio de <i>Girella laevifrons</i> alimentadas con cuatro dietas experimentales. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	48



Figura 13: Factor de conversión alimenticia (FCA) promedio de <i>Girella laevisfrons</i> alimentadas con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	50
Figura 14: Eficiencia alimenticia (EA) promedio de <i>Girella laevisfrons</i> alimentadas con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	51
Figura 15: Tasa de eficiencia protéica (TPE %) promedio de <i>Girella laevisfrons</i> alimentadas con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. ....	52
Figura 16: Eficiencia de retención de proteína de <i>Girella laevisfrons</i> alimentadas con cuatro dietas experimentales. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	54
Figura 17: Eficiencia de retención de lípidos en <i>Girella laevisfrons</i> alimentadas con cuatro dietas experimentales. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	55
Figura 18: Curva de regresión línea quebrada para determinar el requerimiento de proteína de <i>Girella laevisfrons</i> utilizando el parámetro productivo incremento de peso (IW %). ....	60
Figura 19: Curva de regresión polinomial de segundo orden para determinar el requerimiento de proteína de <i>Girella laevisfrons</i> utilizando el parámetro productivo incremento de peso (IW %). ....	60
Figura 20: Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la proteína, en las dietas experimentales, para juveniles de <i>Girella laevisfrons</i> .....	62
Figura 21: Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para lípidos, en las dietas experimentales, para juveniles de <i>Girella laevisfrnos</i> .....	66
Figura 22: Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la energía, en las dietas experimentales con diferente nivel de proteína, para juveniles de <i>Girella laevisfrons</i> .....	68

## ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1: Análisis proximal del alimento balanceado.....	92
Anexo 2: Análisis de proteína y lípido corporal inicial y final de <i>G. laevisfrons</i> .....	93
Anexo 3: Porcentaje de cromo y óxido de cromo en dietas para experimento de digestibilidad. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína .....	94
Anexo 4: Porcentaje de cromo y análisis proximal en heces de <i>G. laevisfrons</i> , luego del experimento de digestibilidad. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	95
Anexo 5: Valores promedio de parámetros físico – químicos, en las unidades experimentales durante los 71 días del experimento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína, T: Temperatura, OD: Oxígeno disuelto y SO: Saturación de oxígeno.....	96
Anexo 6: Valores promedio de nitrógeno amoniacal total (NAT) promedio, en las unidades experimentales durante los 71 días del experimento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	97
Anexo 7: Biomazas promedio (g) por día de muestreo, tratamiento y repeticiones, durante los 71 días del experimento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	98
Anexo 8: Tasa de Crecimiento en Peso (TCW g día <sup>-1</sup> ) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	99
Anexo 9: Tasa de Crecimiento Específica en Peso (TCWP% día <sup>-1</sup> ) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	100
Anexo 10: Tasa de Crecimiento en Longitud (TCL mm día <sup>-1</sup> ) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	101
Anexo 11: Tasa de Crecimiento Específica en Longitud (TCLE % día <sup>-1</sup> ) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	102

Anexo 12: Incremento de Peso (IW %) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	103
Anexo 13: Factor de Conversión Alimenticia (FCA) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	104
Anexo 14: Eficiencia Alimenticia (EA) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	105
Anexo 15: Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	106
Anexo 16: Resultados de pruebas post hoc de Tukey para parámetros productivos. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	107
Anexo 17: Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) por réplica y tratamiento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.....	109

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo determinar el requerimiento de proteína digestible en juveniles de babunco (*G. laevisfrons*), a través de la aplicación del modelo de línea quebrada y el modelo de regresión polinomial de segundo orden, la determinación de eficiencia de retención de proteína y el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA). Se evaluaron cuatro niveles de proteína 36,6; 39,4; 43,7 y 46,3 % (T37, T40, T43, T46, respectivamente), a través de los parámetros productivos en juveniles de *G. laevisfrons* de  $4,9 \pm 1,1$  g y  $60,9 \pm 5,2$  mm de peso y longitud inicial, respectivamente. En la segunda etapa se determinó el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína de las mismas dietas. Los parámetros productivos vinculados al peso mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), principalmente entre los tratamientos T43 y T46, en relación a los demás. Se encontraron mejores resultados en T43 en parámetros como tasa de crecimiento específico en peso, incremento de peso y factor de conversión alimenticia. De acuerdo al modelo de regresión polinomial de segundo orden, el requerimiento de proteína de *G. laevisfrons* para maximizar el incremento de peso, fue de 41,61 %, mientras que con el modelo de línea quebrada fue de 40,64 %. No existieron diferencias significativas en los valores de CDA de proteína entre las dietas, las cuales tuvieron valores entre 75,91 y 79,60 %. El mayor valor de CDA de lípidos se alcanzó con la dieta T37 con 96,94 % en promedio y los CDA de energía presentaron los menores valores de entre 63,04 y 68,54 %, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos.

Palabras clave: digestibilidad, *Girella laevisfrons*, macronutrientes, parámetros productivos, peces marinos

## ABSTRACT

The goal of the present study was to determine the digestible protein requirement in juveniles of babunco (*G. laevisfrons*) through the application of the broken line model and the second-order polynomial regression model, the determination of protein retention efficiency, and the apparent digestibility coefficient (CDA). Four levels of protein were tested 36,6; 39,4; 43,7 and 46,3 % (T37, T40, T43, T46, respectively), through the productive parameters in juveniles of *G. laevisfrons* of  $4,9 \pm 1,1$  g on average. In the second stage, the apparent digestibility coefficient of the protein from the same diets was determined. The productive parameters linked to weight showed significant differences ( $p < 0,05$ ), mainly among treatments T43 and T46 concerning to the others. Better results were found in T43 in parameters such as the specific growth rate in weight, weight increase and food conversion rate. According to the second-order polynomial regression model, the protein requirement of *G. laevisfrons* to maximize weight gain was 41,61 %, while with the broken line model it was 40,64 %. There were no significant differences in the protein CDA values between the diets, which had values between 75,91 and 79,60 %. The highest value of CDA of lipids was reached with the T37 diet with 96,94 % on average and the CDA of energy presented the lowest values between 63,04 and 68,54 %, with no significant differences between treatments.

Keywords: digestibility, *Girella laevisfrons*, macro-nutrients, marine fish, production parameters

## I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de peces y mariscos provenientes de la acuicultura ha crecido en 5,3 %, en el periodo 2001-2018, en respuesta a la demanda existente y como una alternativa para aliviar la presión actual sobre las pesquerías (FAO 2020).

En Perú, la acuicultura es una actividad aún incipiente, siendo cuatro las principales especies cultivadas: trucha, con 54,6 % de la producción total nacional, langostino, con 27,4 %, concha de abanico, 11,9; tilapia, 3 %; y otros 3,1 %. Dentro del Plan Nacional de Desarrollo Acuícola se menciona que la visión del país es tener un sector acuícola ambientalmente sustentable que desarrolla tecnologías de cultivo para nuevas especies (PRODUCE 2017).

Existe un gran potencial para diversificar la maricultura en el Perú (Berger 2020), sin embargo, el único pez que se cultiva con fines comerciales es el lenguado (*Paralichthys adspersus*), habiéndose cosechado 6,5 TM para el año 2017 (PRODUCE 2017) y desarrollado su manual de cultivo (Chili *et al.* 2015). Además, especies como la chita (*Anisotremus scapularis*), lisa (*Mugil cephalus*) y corvina (*Cilus gilberti*), han sido consideradas como potenciales para la maricultura peruana, existiendo proyectos piloto para su cultivo a nivel comercial así como estudios acerca del manejo de reproductores y aspectos sobre su nutrición, realizados por entidades como IMARPE y FONDEPES (Dionicio *et al.* 2017; Espinoza y Contreras 2018).

Los principales aspectos que se toman en cuenta para impulsar la producción acuícola de nuevas especies en Perú son: ser autóctonas del cuerpo de agua asociado al cultivo y que exista demanda interna y externa de las mismas (PRODUCE 2010). Adicionalmente, algunos otros aspectos tomados en cuenta son el tener un fácil manejo en cautiverio, amplio rango de tolerancia a temperaturas y cambios en la calidad del agua, presentar músculo de sabor y textura aceptada por el mercado objetivo, facilidad de lograr su reproducción en cautiverio y pertenecer al nivel trófico más bajo (Le Francois *et al.* 2010). Sin embargo, a

pesar de que las especies que se vienen cultivando e impulsando en Perú, tanto en aguas continentales como marinas, cumplen con la mayoría de características anteriormente mencionadas, estas suelen ser carnívoras u omnívoras con tendencia a carnívoras, tales como la trucha, especie con mayor producción en la actualidad; el paiche, que viene siendo impulsado en la amazonía; o la chita, especie marina considerada potencial en la maricultura peruana (García 2010). El incluir dentro de la lista de especies potenciales para la maricultura peruana a aquéllas que cuenten con las características mencionadas y que además se encuentren en un nivel trófico más bajo, permitiría abaratar el costo del alimento (rubro más sensible dentro de esta actividad) y reducir el uso de harina de pescado, haciendo de la acuicultura una actividad sustentable (European Commission 2017). Además, el hecho de que las especies seleccionadas sean de aguas marinas costeras es otro beneficio a considerar, ya que no se requiere de aguas continentales para su cultivo, se evita la explotación de poblaciones naturales y se genera un empleo alternativo a los pescadores (FAO 2020).

La especie *Girella laevis*, conocida como babunco o curaca, cumple con algunas de las principales características anteriormente mencionadas. Es una especie nativa del litoral peruano que se encuentra en la costa del Pacífico desde Guañape, en Perú (8°S) (Chirichigno y Vélez 1998), hasta el Tabo, en Chile (33°S) (Pequeño y Saenz 2008). Respecto a sus hábitos alimenticios, es una especie omnívora, alimentándose principalmente de algas verdes, bivalvos y anfípodos (Varas & Ojeda 1990; Berrios y Vargas 2004). Adicionalmente, se ha encontrado que el manejo de la especie en condiciones de laboratorio no presenta mayores dificultades (Vásquez y Córdova 2014), teniendo también una amplia tolerancia a cambios de temperatura y oxígeno, como la mayoría de especies que habitan los intermareales rocosos (Pulgar *et al.* 2016). Es por lo anteriormente mencionado que se ha propuesto a esta especie como potencial para la acuicultura marina (Aguilar y Avilés 2016). Los trabajos realizados en *G. laevis* son escasos y están enfocados a temas de taxonomía (Pequeño y Saenz 2008), ecología trófica (Vial y Ojeda 1990), fisiología (Pulgar *et al.* 2003; 2016), parasitología (Rebolledo *et al.* 2014) y genética (Northland-Leppe *et al.* 2010). Se han evaluado los mecanismos de forrajeo de la especie (Cáceres 2004), nivel de inclusión de *Ulva lactuca* en su rendimiento productivo (Cruz 2019) y la digestibilidad de diferentes insumos en la dieta de juveniles de la especie (Vásquez y Córdova 2014; Aguilar y Avilés 2016). Sin embargo, no se conocen sus requerimientos nutricionales, sobre todo el de la proteína total y digestible, que es aquel nutriente que se encuentra en mayor cuantía en la ración (Ferouz *et al.* 2012), tiene importantes implicancias en el crecimiento y está

directamente relacionado con la rentabilidad de su cultivo potencial (Francoise y Sadasivam 2009).

Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo general determinar el requerimiento y calidad de la proteína para juveniles de babunco (*G. laevifrons*), en condiciones de laboratorio, y como objetivos específicos, la determinación del requerimiento de proteína, la eficiencia de retención protéica y el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína y energía.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS GENERALES DE BABUNCO (*Girella laevisfrons*)

#### 2.1.1 Descripción taxonómica

La especie *G. laevisfrons* pertenece a la familia Kyphosidae, que comprende únicamente especies marinas y cuenta con treinta géneros, aproximadamente. En el caso del género *Girella*, existen alrededor de dieciocho especies, de las cuales no se conoce mucho (Chirichigno y Vélez 1998; Pequeño y Saenz 2008).

El género *Girella* se caracteriza por tener un cuerpo oblongo, ovalado y comprimido. Presenta escamas modeladas y ctenoideas. Mejillas con escamas pequeñas y opérculos desnudos, con una pequeña espina en el borde superior. Posee una aleta dorsal continua con 14 o 15 espinas y escamas extendidas sobre la base, formando una funda (Figura 1) (Mejías 2002).

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

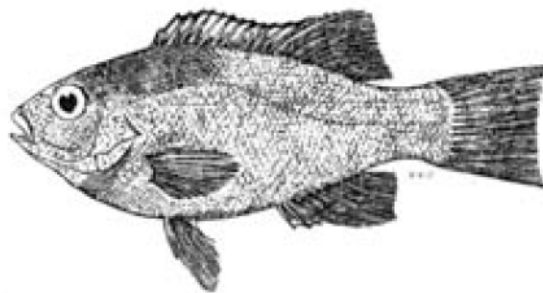
Familia: Kyphosidae

Subfamilia: Girellinae

Género: *Girella*

Nombre científico: *Girella laevisfrons* (Tschudi 1846)

Nombre común: “baúnco”, “babunco”, “curaca



**Figura 1: *Girella laevisfrons* de aproximadamente 10 cm LT**

Fuente: Chirichigno y Vélez (1998).

### **2.1.2 Distribución y hábitat**

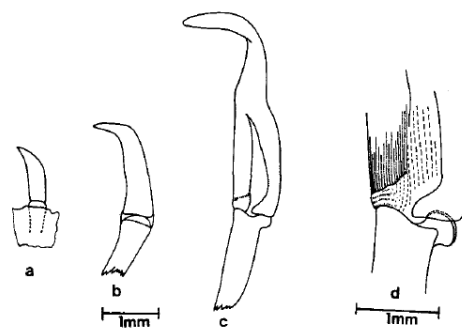
*G. laevisfrons* tiene como hábitat las zonas intermareales rocosas, encontrándose geográficamente desde Guañape (Perú) hasta Taltal (Chile) (Chirichigno y Vélez 1998). Anteriormente era considerada como endémica de Perú y Chile; sin embargo, se ha encontrado en el Mar de Cortez, México (Thomson *et al.* 2000), por lo cual Pequeño y Saez (2008) mencionan que es necesario revisar los aspectos de taxonomía, sistemática y distribución geográfica de todo el género en la región señalada.

La especie *G. laevisfrons* es considerada como transitoria, ya que habita en la zona intermareal solo durante la etapa juvenil (cardúmenes) y luego migra a la zona submareal en la etapa adulta (Varas y Ojeda 1990). Las pozas de marea en que se suele encontrar la especie presentan temperaturas que pueden variar entre 13°C y 30°C a lo largo del año; esto se encuentra directamente relacionado con la estacionalidad y ubicación de la poza (lejos o cerca de la zona de rompiente). Los estudios realizados con la especie demuestran que esta tiene la capacidad de aclimatarse a las temperaturas que se encuentren dentro del rango anteriormente mencionado. Sin embargo, presentan una selectividad termal dependiendo de las características de la zona geográfica de la que provengan (Pulgar *et al.* 2005).

### **2.1.3 Sistema digestivo y hábitos alimenticios**

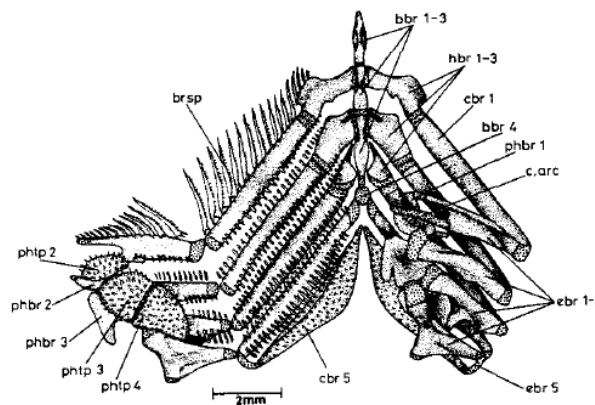
Presentan boca pequeña, con una serie de dientes planos y tricúspidos, así como dientes faríngeos inferiores delgados. Tiene gran libertad de movimiento entre el dentario y el articular – angular, doble inserción del músculo aductor de la mandíbula, dientes especializados largos y flexibles y un sistema branquiostegral bien desarrollado. Cuentan

con 6 branquispinas delgadas y 27 o 28 branquiostegales. Estas características están relacionadas a la manipulación de un gran volumen y una succión lenta de las algas (posiblemente con organismos zooplanctónicos), las cuales ingresan sin ser cortadas, requiriéndose el desacoplamiento de las mandíbulas (Figura 2). Presenta seis rayos anchos y curvos, los cuales están unidos con el borde ceratohial, siendo pequeño el interhial (Figura 3). Los tres basibranquiales se osifican y el cuarto basibranquial es cartilaginoso. Presenta largos y delgados dientes cónicos, tres dientes faríngeos relacionados con una placa dental pequeña que se fusiona con la cara interna del primer epibranquial. Los arcos son cortos y gruesos y están dispuestos transversalmente (Vial y Ojeda 1990) (Figura 4).



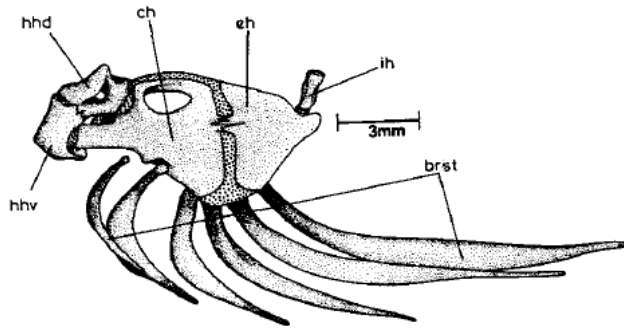
**Figura 2: Vista lateral de dientes mandibulares externos. A y b: dientes incipientes, c: diente maduro y d: incursión de diente.**

Fuente: Vial y Ojeda (1990)



**Figura 3: Vista dorsal de arcos branquiales. Bbr: basibranquial (1-4), brsp: branquispinas arc: cartilago interactivo, cbr: ceratobranquial, ebr: epibranquial (1-4), hbr: hipobranquial (1-3), phbr: faringobranquial, phtp: placa dentada faríngea (2-4).**

Fuente: Vial y Ojeda (1990)



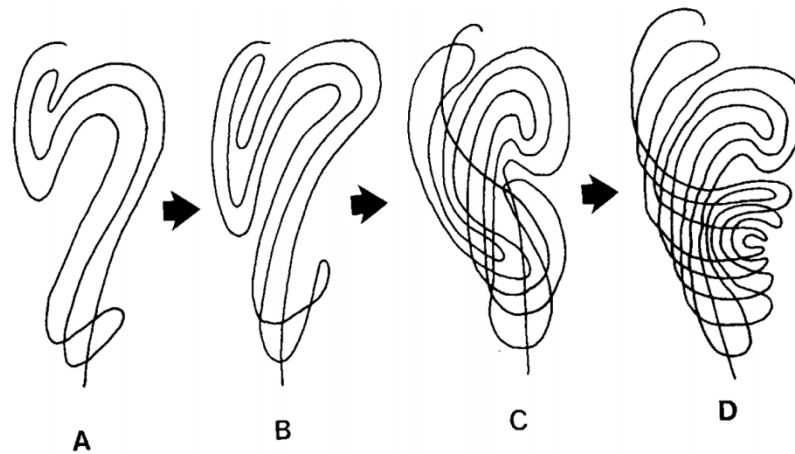
**Figura 4: Vista interna del arco hiideo izquierdo. Brst: radios branquiostegales, ch: ceratohyal, eh: epihial, Hhd: dorsal hypohyal, hhv: hipohial ventral, ih: interhial.**

Fuente: Vial y Ojeda (1990)

Su canal intestinal es elongado, tiene un peritoneo negro y apéndices pilóricos abundantes, así como una vejiga gaseosa dividida en dos conos. Presenta un tracto digestivo compartimentalizado en el cual se puede distinguir una sección del estómago con pH ácido y un intestino con pH alcalino (Cáceres 2004).

La longitud del tubo digestivo de juveniles de *G. laevifrons* pueden variar entre 8 y 24 cm para ejemplares de entre 5 y 11 cm, dando como resultado una relación intestinal (RI) de entre 1,6 y 2,5 (Fuentes y Cancino 1990).

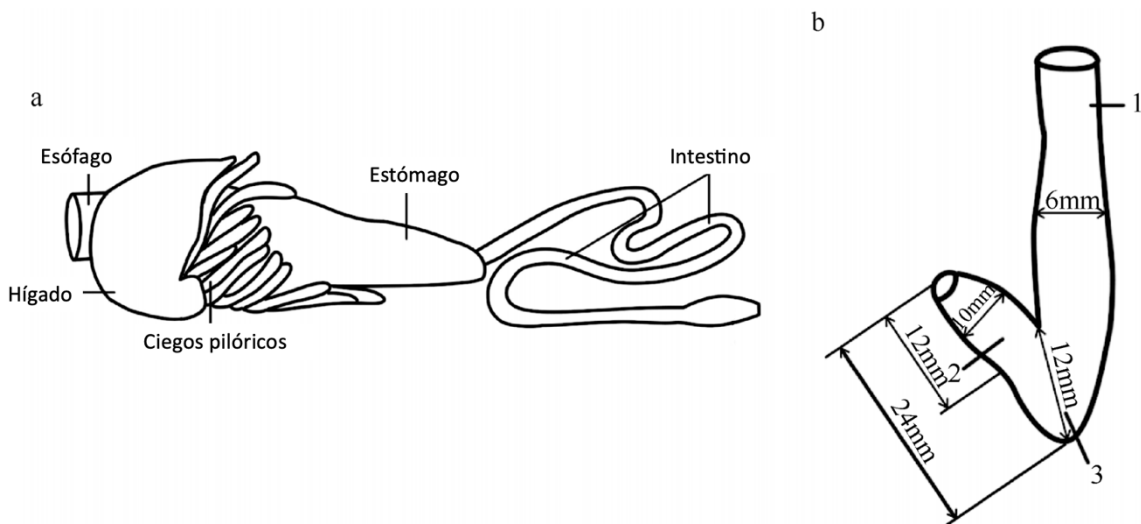
Respecto al enrollamiento intestinal se ha encontrado similitud en tres especies del mismo género: *Girella mezina*, *Girella melanichthys* y *Girella punctata* (Figura 5). En las tres especies, al igual que en *G. laevifrons*, existe un importante componente de macroalgas en dietas, presentando intestinos de diferente longitud, según la dieta propia de la especie. Sin embargo, las cuatro especies mencionadas del género *Girella* son consideradas como omnivoras (Kanda y Yamaoka 1994). Tanto *G. melanichthys* como *G. punctata* presentaron valores de RI similares a *G. laevifrons* de entre 1,8 y 1,9.



**Figura 5.** Vista ventral de los patrones de enrollamiento intestinal en tres girellidos. A, El patrón compartido por *G. mezinga* (42.8 mm SL), *G. melanichthys* (290.0 mm SL); y *G. punctata* (297.0 mm SL); B, *G. mezinga* (162,9 mm SL); C, *G. mezinga*, (213.0 mm SL); D, *G. mezinga* (268,6 mm SL). Las flechas sugieren cómo el aumento de tamaño afecta el patrón de enrollamiento intestinal en *G. mezinga*.

Fuente: Kanda y Yamaoka (1994)

Se ha realizado una descripción más detallada del sistema digestivo de la especie *Girella leonine* (Figura 6), la cual guarda relación con las observaciones realizadas en *G. laevifrons* (Cao *et al.* 2018). *G. leonine* presenta un esófago con una cavidad que forma seis pliegues gruesos con músculo estriado y células mucosas, así como pliegues con gran capacidad de expansión. El estómago presenta forma en V y se encuentra dividido en tres regiones: cardíaco, pilórica y fúndica. La capa muscular del estómago está bien desarrollada, con una estructura de anillo en el interior y el exterior con estructura longitudinal. Presenta más de 150 divertículos ramificados en la pilórica los que se pueden dividir en dos ramas. La cavidad del ciego se encuentra llena de pliegues mucosos. El hígado presenta dos lóbulos, con la estructura común de peces óseos (Cao *et al.* 2018). Similar a las especies anteriormente mencionadas, el intestino contaba con cuatro circunvoluciones, y la relación entre la longitud del intestino y la del cuerpo era  $1.52 \pm 0.06$ , similar a *G. laevifrons*. Este valor, así como las características mencionadas, indica que la especie es omnívora. Además, el tamaño del tubo digestivo puede variar según la cantidad de alimento que ingieren los juveniles de *G. laevifrons* (Fuentes y Cancino 1990).



**Figura 6. Sistema digestivo (a) y estómago (b) de *Girella leonine*. b. Secciones del estómago: 1. Cardíaco, 2. Pilórico, 3. Fundica.**

Fuente: Modificado de Cao *et al.* (2018)

Además, encontraron que *G. laevifrons* presenta un tracto digestivo compartimentalizado con una división clara en dos secciones: un estómago con pH ácido (3,5) y un intestino con pH alcalino. Respecto a la concentración enzimática, no se ha encontrado en esta especie actividad celolocítica, pero sí actividad proteolítica en el estómago. Debido a la ausencia de esta enzima, se menciona que el mecanismo de lisis ácida de *G. laevifrons* es una estrategia para el efectivo rompimiento de las paredes celulares de las macroalgas, lo cual suele darse para peces herbívoros (Anderson 1991). Respecto a las amilasas, estas se encontraron en el tracto digestivo (Cáceres 2004).

Al analizar el contenido estomacal de *G. laevifrons* se encontró que las macroalgas presentaban una frecuencia de aparición del 100 % en los estómagos analizados, mientras que los anfípodos únicamente aparecieron en un 6,75 de los estómagos; decápodos, 5,97; copépodos, 2,99; gastrópodos, 1,49; y poliquetos, isópodos, insectos y huevos de crustáceos, con un 0,75 % cada grupo (Berrios y Vargas 2004). Respecto del porcentaje del contenido estomacal, indican que más de 90 % de la biomasa algal fueron macroalgas clorófitas, feófitas y cianófitas. Berrios y Vargas (2004) consideran que el consumo de invertebrados pequeños es probablemente incidental, por su presencia en las algas, considerando a *G. laevifrons* como una especie herbívora, a pesar de que otros autores la consideran omnívora (Varas y Ojeda 1990), y que existen evidencias de su omnivoría debido a las características de su sistema digestivo (Cao *et al.* 2018). Al evaluar el factor determinante de selección del

alimento en la especie, se encontró que esta selección era por las características digestivas, mas no por el contenido de energía (Cáceres 2004).

Dado que las macroalgas como *Ulva* sp no son fuentes ricas en proteína y energía, aquellos que tienen esta macroalga en gran proporción dentro de su dieta, como *G. laevifrons*, deben consumir grandes cantidades de la misma para mantenerse, lo cual está relacionado a lo encontrado por los autores arriba mencionados (Horn 1989).

#### **2.1.4 Parámetros medio ambientales**

El rango de tolerancia térmica de la especie se encuentra entre 13 y 30°C, presentando selectividad termal (Pulgar *et al.* 2005). Esta especie modifica sus preferencias de temperatura según la calidad de alimentos que ingiere. Aquellos ejemplares que fueron alimentados con bivalvos, prefirieron temperaturas entre 16 y 18 °C, mientras que a los que se les suministraron algas, seleccionaron temperaturas más bajas (10 – 12 °C), por lo que sugieren que puede ser una estrategia de optimización de procesos digestivos (Pulgar *et al.* 2003).

Además de tener implicancias en la selectividad de las dietas de estos ejemplares, se sabe que los cambios en la temperatura tienen efectos sobre la tasa metabólica. En el caso de ejemplares con amplio rango de tolerancia, como *G. laevifrons*, un incremento de temperatura puede acelerar el metabolismo, lo cual repercutirá en la respuesta productiva vinculada al crecimiento (Clarke y Fraser 2004). Acompañado de un estudio del efecto de la temperatura sobre la respuesta productiva, es importante evaluar el incremento de esta variable a nivel fisiológico, ya que un excesivo aumento podría generar un mayor consumo de oxígeno y por lo tanto, gasto energético (Pulgar *et al.* 2016). Otra variable a tomar en cuenta es la digestibilidad, ya que también puede verse afectada por un cambio de temperatura, lo cual podría influir en la selección del nivel de nutrientes, como la proteína en dieta (Bureau *et al.* 2008).

Respecto a la salinidad, en estudios realizados con la especie en Chile, se ha trabajado con valores de 32 ‰ (Benitez *et al.* 2017), 34 ‰ (Pulgar *et al.* 2016) y 35 ‰ (Fuentes *et al.* 2017), mientras que en aquellos realizados en Perú, fueron de 35 ‰ (Aguilar y Avilés 2017).

Estos valores guardaron relación con las condiciones encontradas en el medio en el que fueron extraídos los ejemplares para los referidos trabajos.

En un estudio identificaron que las variaciones de pH entre  $7,5 \pm 0,2$  y  $8,0 \pm 0,02$ , relacionados con cambios en el  $\text{CO}_2$ , no generan efectos significativos en la respuesta fisiológica de *G. laevisfrons*. Esto es debido a la tolerancia que presenta esta especie, común en peces que habitan zonas del intermareal rocoso, en donde existe gran variación de estos parámetros (Benitez *et al.* 2017).

Respecto al consumo de oxígeno, *G. laevisfrons* presenta valores de entre 0,00057 y 0,00045  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ min}^{-1}$  a  $17^\circ\text{C}$  (Pulgar *et al.* 2016), los cuales se asemejan al de especies con amplio rango de tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno (Barreto *et al.* 2015). Si bien no existen trabajos en *G. laevisfrons* en donde se indique su rango de tolerancia, sí se menciona que al encontrarse en hábitats donde este parámetro es bastante fluctuante, esta especie puede tolerar cambios en este parámetro (Horn *et al.* 1999). Además, existen estudios en donde se ha expuesto a juveniles de *G. laevisfrons* a temperaturas de  $20$  y  $25^\circ\text{C}$  sin presentar diferencias en el consumo de oxígeno (Pulgar *et al.* 2016).

Respecto al ingreso de luz, al tratarse de una especie que habita zonas del intermareal rocoso con poco ingreso de luz, esta puede presentar estrés en espacios expuestos a luz artificial. La presencia de luz está vinculada con situaciones de riesgo en su hábitat, dado que simboliza la zonas expuestas a depredadores (Pulgar *et al.* 2016).

### **2.1.5 Parámetros de crecimiento**

Se ha identificado que la longitud media en el primer año de vida de la especie es de 15,7 cm y al segundo año de 22,7 cm. La longitud de madurez y óptima o crítica (Longitud a la cual se maximiza la biomasa de la población que no ha sido explotada, donde el número de sobrevivientes de una cohorte multiplicado por su peso medio alcanza un máximo) es de 25,3 y 27,1 cm, respectivamente. Además, la longitud media y máxima en capturas es de 32,4 y 42,8 cm, respectivamente (Araya *et al.* 2015). Su longitud asintótica es de 29,32 cm, su edad cero es 0,599 años y su coeficiente de crecimiento  $K$  de  $0,726 \text{ año}^{-1}$  (Garland 1990).



## **2.2 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA**

Por requerimiento nutricional nos referimos al mínimo nivel de un nutriente que permite alcanzar los mejores resultados en la producción, que suele ser ganancia de peso, actividad enzimática, entre otros (National Research Council (NRC) 2011). Existen diferentes estudios realizados en peces, referentes al requerimiento de proteína, algunos de los cuales se detallan en la Tabla 1.

Dentro de los factores que afectan el requerimiento de proteína en peces están la calidad de la fuente proteica y de la dieta en sí misma, los factores físico químicos (como la temperatura), así como la edad y condición gonadal de los ejemplares a estudiar (Guillaume *et al.* 2004).

Además, existen otros factores exógenos como el balance energía – proteína, la digestibilidad de la dieta, la composición de aminoácidos y la cantidad y calidad de la energía de fuente no proteica. El requerimiento también podría cambiar en función al contenido de lípidos, siendo menor cuando se incrementa este nutriente, ya que esta fuente de energía podría reducir el catabolismo de aminoácidos (Guillaume *et al.* 2004).

**Tabla 1: Literatura previa de requerimiento de proteína en diferentes especies de peces.**

<b>Especies</b>	<b>Requerimiento de proteína (%)</b>	<b>Referencias</b>
<i>Epinephelus malabaricus</i> juveniles	44	Shiau y Fan (1996)
<i>Carassius auratus</i>	38-40	Souto <i>et al.</i> (2013)
<i>Betta splendens</i>	28	Lemos <i>et al.</i> (2014)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> juveniles	45.2	Kim <i>et al.</i> (2016a)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> juveniles	45	Kim <i>et al.</i> (2016b)
<i>Clarias gariepinus</i> alevines	43	Ali y Jauncey (2005)
<i>Babylonia aerolata</i>	35	Chaitanawisuti <i>et al.</i> (2010)
<i>Babylonia areolata</i> juveniles	45	Chi <i>et al.</i> (2010)
<i>Piaractus mesopotamicus</i> juveniles	22	Fernandes <i>et al.</i> (2001)
<i>Piaractus mesopotamicus</i> alevines	26	Fernandes <i>et al.</i> (2000)
<i>Oreochromis aurea</i>	56	Wifree y Stickney (1981)
<i>Piaractus brachypomus</i> juveniles	31.6	Vásquez-Torres <i>et al.</i> (2011)
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	27	Bicudo <i>et al.</i> (2010)
<i>Trachinotus carolinus</i>	32.5-36.6	Riche (2009)
<i>Pterophyllum scalare</i>	26	Zuanon <i>et al.</i> (2009)
<i>Joplias lacerdae</i> alevines	47	Veras <i>et al.</i> (2010)
<i>Lales calcarifer</i> juveniles	50	Nankervis <i>et al.</i> (2000)
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	25	Abimorad y Cameiro (2007)
<i>Argyrosomus regius</i>	50	Fernandes (2013)
<i>Acanthopagrus berda</i> juveniles	40-42	Rahim <i>et al.</i> (2016)
<i>Girella mezina</i>	40	Huang <i>et al.</i> (2019)

Fuente: Modificado de Ullah-Khan *et al.* (2019)

## 2.2.1 Métodos de determinación de requerimiento de proteína

### a. Modelo de línea quebrada

Los requerimientos nutricionales de los peces se suelen medir en base a una variable respuesta determinada, que puede ser la ganancia de peso (respuesta) en relación a cantidades graduadas de un nutriente (dosis). Sin embargo, las pruebas de dosis – respuesta han evolucionado en el tiempo debido a las mejoras en los análisis estadísticos (Shearer 2000).

El modelo de línea quebrada suele ser el más usado para estimar los requerimientos cuantitativos de nutrientes en peces. Se basa en la suposición de que existe una relación lineal entre el crecimiento y la concentración de un nutriente limitante. El requerimiento del nutriente en la dieta se determina al encontrar el punto de quiebre entre el mayor crecimiento del pez y la concentración del nutriente, y en donde la mayor inclusión de este ya no genera un aumento adicional del crecimiento (Jobling 2016). Si bien es cierto este modelo ha sido

ampliamente utilizado, suele proporcionar estimaciones de requisitos nutricionales más bajas que en otros modelos (National Research Council (NRC) 2011).

La ecuación general del modelo de línea quebrada es:

$$Y = M; \text{ si } x > \text{requerimiento}, M - b * (R - x); \text{ si } x \leq \text{requerimiento}$$

Donde  $y$  es la respuesta del animal,  $x$  es la concentración del nutriente o proteína en la dieta,  $M$  es la ordenada (máxima respuesta) y  $R$  es la abscisa (requerimiento) del punto de inflexión de la ecuación y  $b$  es la pendiente de la línea cuando  $x$  es menor al requerimiento (Robbins *et al.*, 2014).

Se han realizado diversos trabajos utilizando el modelo de línea quebrada para la determinación del requerimiento de proteína de juveniles de peces marinos. Algunos ejemplos son el caso de *Oplegnatus fasciatus*, en donde resultó ser 48,5 % (Kim *et al.* 2016a); *Pampus argenteus*, 49 % (Hossain *et al.* 2010); *Lutjanus argentimaculatus*, 42,8 (Abbas *et al.* 2011); *Mugil cephalus*, 36 % (El-Dahhar 2000); *Centropomus undecimalis*, 54 % (Concha-Frías *et al.* 2018); y *Paralichthys olivaceus*, 50 % (Kang-Woong *et al.* 2017). En el caso de especies que vienen siendo estudiadas hace varias décadas, como el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), se determinó el requerimiento de proteína de juveniles en 45 % (Lall & Bishop 1977). Posteriormente se encontró que el requerimiento de proteína en alevines estaba entre 48 y 53 % , mediante el modelo de línea quebrada (Arzel *et al.* 1995). Estudios posteriores en juveniles y alevines de la especie, realizados con este modelo, han estado enfocados en determinar el requerimiento de aminoácidos y minerales (Abboudi *et al.* 2006; Åsgård & Shearer 2003; Rollin *et al.* 2003).

#### **b. Análisis de modelos factoriales**

Los modelos factoriales son la representación matemática de principales procesos biológicos, que suelen basarse en la integración de información de composición corporal, estimaciones de requisitos de mantenimiento, catabolismo y modelado bioenergético. Este tipo de modelos son prácticos, ya que permiten la estimación de requerimientos en base a la dieta, etapa de vida y tasa de crecimiento. Sin embargo, estos modelos suelen tener limitaciones, ya que asumen que el consumo de alimento, requerimiento de energía o tasa de conversión alimenticia son independientes de la composición de la dieta, ingesta de

nutrientes y cambios en la proteína, por lo que aún debe mejorarse como modelo (Glencross *et al.* 2010).

Los modelos factoriales se han utilizado durante varios años para la determinación de los requerimientos nutricionales (Rodehutsord y Pfeffer 1999). Por ejemplo, Lupatsch (2003) determinó el requerimiento de proteína de la especie *Sparus aurata* con este método, el cual dio como resultado que su requerimiento de proteína fue de 45 % y en donde, realizó comparaciones con peces de diferentes pesos y temperaturas, para la realización óptima del modelo.

### **c. Modelo polinomial cuadrático**

Con el método de mínimos cuadrados ordinario ajustado a modelos polinomiales se puede hallar el requerimiento de un nutriente en particular. Esto se logra basándose en la suposición de que existe un nivel de entrada que da como resultado el máximo rendimiento a nivel productivo. Sin embargo, al tomar en cuenta esta suposición, la meseta de la curva puede no brindar un valor exacto del requerimiento nutricional, ya que no se mantiene estable y cae abruptamente, lo cual no reflejaría la situación real de la especie (Pesti 2009).

Los estudios de los últimos años suelen considerar el modelo de línea quebrada y el modelo polinomial cuadrático para la determinación del requerimiento de diferentes nutrientes, en donde suelen hacer uso del modelo polinomial para toma de decisiones a nivel económico. Algunos de los estudios iniciales se hicieron en salmónidos como *Salmo gairdneri*, en donde Zeitoun *et al.* (1976) determinaron con ambos métodos el requerimiento de proteína, siendo 50 % en el modelo polinomial cuadrático. Existen estudios en peces marinos de diferentes hábitos alimenticios, como el realizado por Kim *et al.* (2002) en *Paralichthys olivaceus*, especie que presentó un requerimiento de proteína de 57,7% al utilizar este modelo. También se ha utilizado este modelo para determinar el requerimiento de proteína en alevinos de la especie *Ompok bimaculatus*, encontrándose que este valor fue de 35% (Biswas *et al.* 2019).

#### **d. Retención de nutrientes en la composición corporal**

Uno de los principales factores para estudiar la retención de nutrientes en el cuerpo es debido a que esto sirve como indicador de calidad de la dieta suministrada y de los insumos utilizados para la misma (Haidar 2017a). El aumento de peso en peces suele darse por el depósito de proteínas, en mayor proporción. Es por ello que es recomendable realizar estudios que incluyan la determinación de este nutriente en el cuerpo de los ejemplares con los que se trabajará, antes y después de un experimento (National Research Council (NRC), 2011).

Los animales suelen alimentarse de una cantidad de nutrientes suficiente para crecer hasta donde su predisposición genética se lo permita, por lo que la acumulación máxima de proteínas y tasa de crecimiento están vinculadas con los requerimientos nutricionales de la especie a estudiar (Schinkel y de Lange 1996; NRC 2011).

Es debido a lo anteriormente mencionado que la cantidad de proteína presente en el cuerpo puede ser utilizada como indicador del requerimiento nutricional. Sin embargo, se debe tener cuidado del nutriente a evaluar, ya que se ha demostrado que existen ciertos nutrientes que tienden a acumularse en el músculo más que otros, en especial cuando se trata de micronutrientes (Wilson y El Naggar 1992; NRC 2011).

El porcentaje de retención de un nutriente se puede hallar con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ retención} = \frac{(Pf \times Nf) - (Pi \times Ni) \times 100}{\text{nutriente ingerido}}$$

Donde:

Pi: Peso inicial

Pf: Peso final

Ni: Nutriente inicial

Nf: Nutriente final

Una de las deficiencias en la determinación de la eficiencia de retención de proteína (indicador de retención) es que no se suele tomar en cuenta la digestibilidad de este nutriente, por lo que determinar la digestibilidad de este antes del de la retención sería ideal (Haidar 2017a). Además, existen factores que influyen sobre los valores obtenidos, tales como la tasa de alimentación. Se ha encontrado que cuando los animales se alimentan a saciedad

pueden alcanzar la capacidad máxima de deposición de proteínas, por lo que en los experimentos con este tipo de alimentación podrían alcanzarse mayores valores de retención; sin embargo esto no ha sido muy estudiado en peces juveniles (Geurden *et al.* 2006). También se ha encontrado que la deposición de nutrientes puede variar según la etapa de vida y peso de los peces, por lo que es importante tomar en cuenta estas variables al estudiar este indicador (Dumas *et al.* 2007).

Diferentes autores han identificado que la retención de proteína disminuye conforme aumenta la proteína en la dieta (Kim *et al.* 2005; Hossain *et al.* 2010; Zhang *et al.* 2010). Sin embargo, otros han encontrado un incremento en la proteína corporal al incrementar esta en la dieta (Lee *et al.* 2000). Finalmente Wang *et al.* (2006), menciona que esto puede variar según la especie y relación proteína/energía de la dieta suministrada, por lo que es importante su determinación.

### **2.2.2 Requerimiento nutricional de especies relacionadas al género *Girella***

Existe un estudio sobre el efecto del contenido de proteína y celulosa en dieta para juveniles de *G. laevisfrons*, en donde utilizaron harina de macroalgas como fuente de proteína utilizada para las dietas formuladas, buscando imitar la dieta encontrada en el estómago de individuos silvestres. Se trabajó con niveles de proteína de 5, 10 y 20, teniendo tasas de crecimiento negativas para los dos primeros niveles, y positivas, pero bajas, para 20 % de proteína. Por este motivo se consideró que el requerimiento mínimo de la especie fue del 20 %. Para estudiar las restricciones al crecimiento de *G. laevisfrons* se realizaron diagramas de programación lineal para así determinar si se cumplía la satisfacción de requerimientos mínimos de proteína (Cáceres 2004).

La especie *Girella mezzina* presenta características similares a *G. laevisfrons*, siendo omnívora, con un importante componente de macroalgas en dieta. Huang *et al.* (2019), realizaron un estudio en juveniles en donde evaluaron cuatro niveles de proteína 35, 40, 45 y 50, encontrando que luego de seis semanas de investigación se alcanzó un incremento de peso de 79,90; 97,97; 100,20 y 101,88 %, respectivamente, encontrando que la cantidad óptima de proteína fue de 40 %, en base al modelo de línea quebrada.

Dentro de la misma subfamilia (Girellinae), se ha estudiado un poco más a la especie *Graus nigra*, contándose con información de su conducta alimenticia y crecimiento de juveniles en

cautiverio. Se consideró que esta especie es potencial para la acuicultura en Chile, debido a su alta supervivencia en cautiverio (80 %). Con esta misma especie se han encontrado buenos resultados pasando de dietas con *Artemia* sp., a alimento balanceado comercial con 54 % de proteína. Sin embargo, en este caso se trata de una especie carnívora y no se ha determinado el requerimiento nutricional (Flores & Rendic 2011).

Dentro de la misma superfamilia a la que pertenece *G. laevifrons* (Percoidea) se encuentra la especie marina *Oplegnatus fasciatus*, con la cual Kim *et al.* (2016a) realizaron un experimento para determinar el nivel de proteína que permitiera alcanzar el mayor crecimiento. Evaluaron cinco diferentes niveles de proteína: 35, 40, 45, 50 y 60 %, encontrando que con 50 % se lograban los mejores resultados productivos.

Otra especie marina que pertenece a esta superfamilia es *Lutjanus argentimaculatus*. Sin embargo, al igual que *O. fasciatus*, es una especie omnívora con tendencia a carnívora. Abbas *et al.* (2011) probaron seis diferentes dietas con niveles de proteína de 20, 25, 30, 35, 40 y 45 %. Encontraron que no existieron diferencias significativas en las dietas que iban de 20 a 45 %, mientras que las dietas de 40 y 45 % fueron las que permitieron obtener los mejores resultados en cuanto a eficiencia de retención de proteína y parámetros productivos.

## **2.3 DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD Y CALIDAD NUTRICIONAL DE LA DIETA**

### **2.3.1 Digestibilidad**

#### **a. Aspectos generales**

La digestibilidad es la fracción del alimento que no aparece en las heces, lo cual indica que ha sido aprovechado por el organismo (Stein *et al.* 2007). La determinación de la digestibilidad permite conocer la calidad de la dieta suministrada y los insumos utilizados en la formulación de la misma, ya que la disponibilidad de los nutrientes a evaluar dentro de una dieta guarda relación con la salud y desempeño de los organismos. Además, sirve como sustento del cálculo de los requerimientos nutricionales (Harmon 2007). La digestión comprende dos procesos: la hidrólisis de moléculas complejas de alimentos y la absorción de moléculas pequeñas (ácidos grasos, aminoácidos) en el intestino (Au & Bidart 1992). El término digestibilidad suele ser utilizado para nutrientes como las proteínas, que están

sujetos al proceso digestivo, en donde se hidrolizan para pasar a ser aminoácidos antes de la absorción (National Research Council (NRC) 2011).

La importancia de determinar la digestibilidad radica en que los altos porcentajes de proteína y otros nutrientes en el alimento, no asegura el aprovechamiento de los mismos, ya que estos deben ser digeribles para que sean asimilados por los organismos (Salim 2004).

Los estudios de digestibilidad tienen por objetivo mejorar la calidad de los alimentos para peces, conocer la utilización potencial de nutrientes y disminuir desechos de origen alimentario para así mantener la calidad de agua del cultivo (Guillaume *et al.* 2004; NRC 2011).

### **b. Métodos de determinación**

Existen dos métodos para la determinación de la digestibilidad: digestibilidad *in vitro* e *in vivo*. En el primer método se busca producir de forma artificial los procesos de digestión, mientras que en el segundo se trabaja directamente con el animal a estudiar (Jara 2012). A su vez, este último tiene dos métodos de determinación:

#### **Digestibilidad aparente**

Con este método se asume que la cantidad del nutriente no excretado fue asimilado por el organismo. Se considera aparente, ya que dentro de los valores del nutriente obtenidos en las heces, es probable que exista parte de los compuestos de origen metabólico o endógeno que no guardan relación con el nutriente ingerido (Manríquez 1993). Se espera que a medida que se incrementa el nivel de proteína cruda en dieta, la proporción de aminoácidos de fuentes endógenas disminuye y la digestibilidad aparente de la proteína cruda aumenta (Parra & Gómez 2009).

El método indirecto, en cambio, se basa en la colección de heces de un grupo de peces, sin necesidad de medir la ingesta total del alimento. Para el cual es necesario adicionar, de forma homogénea, un marcador inerte, el cual será posteriormente recuperado de las heces. El principio de este método se basa en la proporción del porcentaje del marcador encontrado versus el nutriente a evaluar, lo cual permite identificar el aprovechamiento de los nutrientes durante el proceso de absorción (Guillaume *et al.* 2004).



Dentro de las características que debe tener un marcador están el ser fácil de mezclar con el alimento, ser indigestible, no tóxico, dosificable, poder pasar por el tracto digestivo al mismo tiempo que el alimento y no afectar la salud humana (Austreng *et al.* 2000). Algunos de los marcadores más usados son el óxido de cromo, óxido férrico, minerales quelados, sílice y polietileno o componentes naturales del alimento como fibra cruda, lignina y cenizas insolubles en ácido (NRC 2011).

La determinación del coeficiente de digestibilidad aparente del nutriente en la dieta (CDA) se calcula haciendo uso de la siguiente fórmula (Guillaume *et al.* 2004).

$$\text{CDA}(\%) = 100 - 100 \frac{\% \text{Cr}2\text{O}3\text{d}}{\% \text{Cr}2\text{O}3\text{h}} * \frac{\% \text{Nh}}{\% \text{Nd}}$$

%Cr2O3h: Porcentaje de óxido de cromo en heces.

%Cr2O3d: Porcentaje de óxido de cromo en dieta.

%Nh: Porcentaje de un nutriente o energía bruta en las heces.

%Nd: Porcentaje de un nutriente o energía bruta en la dieta.

### **Digestibilidad verdadera**

Las heces están compuestas por alimento no digerido y residuos corporales excretados. Esto quiere decir que independientemente de la dieta consumida, los animales defecan proteínas, lípidos y otros, los cuales representan restos de enzimas digestivas y secreciones del tracto digestivo (Glencross *et al.* 2007). Además, para lograr estimar la digestibilidad es necesario recolectar la totalidad de las heces producidas, por lo que muchas veces es difícil realizarlo (Choubert *et al.* 1979).

La diferencia entre el coeficiente de digestibilidad aparente y el de digestibilidad verdadera es del 5 %, por lo que se considera que el coeficiente de digestibilidad aparente permite obtener un valor confiable. Por este motivo es el más utilizado (Hardy 1997).

### **c. Factores que afectan la digestibilidad de proteínas**

Dentro de los factores que afectan la digestibilidad, algunos de los más importantes son el consumo del alimento, el tamaño de los peces y la temperatura del agua. Además, las

características propias de los insumos utilizados para la formulación de la dieta y el procesamiento de los mismos para la preparación del alimento balanceado, que podrían afectar la digestibilidad (National Research Council (NRC) 2011). Un ejemplo de esto es la presencia de fibra en dieta, lo cual reduce la actividad proteolítica, dando a lugar una menor digestibilidad de proteína (Mc Googan 1996).

Algunos estudios indican que la digestibilidad disminuye a medida que el tamaño del pez aumenta (Blanco 1995). Respecto al consumo del alimento, se menciona que mientras que el consumo del alimento no se encuentre por debajo de los que demandan los organismos para su crecimiento apropiado, la digestibilidad no se verá afectada (NRC 2011). Respecto a la temperatura, existen estudios en donde no se ha encontrado un efecto significativo de los cambios de este parámetro sobre la digestibilidad de salmónidos (Cho & Kaushik 1990), sin embargo, esto depende de la variación de temperaturas en los estudios, ya que existen diferentes evidencias de que un cambio en la temperatura sí podría afectar la digestibilidad. Se ha encontrado un incremento del 1 % en el coeficiente de digestibilidad aparente en un aumento de 6 a 15°C en la trucha arcoiris ( Bureau *et al.* 2008).

La digestibilidad de la proteína guarda relación con la biodisponibilidad de aminoácidos, siendo así que a mayor número de aminoácidos biodisponibles, mayor la digestibilidad de la proteína. Esto a su vez está vinculado con el grado en que pueden hidrolizarse los enlaces entre las cadenas de aminoácidos. Las proteínas provenientes de plumas, cabello y escamas contienen una mayor cantidad de enlaces disulfuro que proteínas como la albúmina, por lo tanto existe una mayor dificultad para digerirlas. Insumos como la harina de pescado o de subproductos de aves contienen proporciones variables de proteínas, que pueden ser fáciles y difíciles de digerir. Es por este motivo que existen diferentes métodos de procesamiento de insumos que mejoran la digestibilidad de proteínas, como el de hidrolizar la proteína (NRC 2011; Rathbone *et al.* 2001).

Además, el aprovechamiento de proteínas significa un gasto energético considerable, el cual debería ser cubierto significativamente por ácidos grasos y así la proteína sea aprovechada para procesos de biosíntesis corporales para la ganancia de peso. Es por ello que la relación PD:ED también es un factor que influye en la digestibilidad de proteínas (Pokniak *et al.* 2004)

Otro factor importante a tomar en cuenta en la determinación del CDA es el uso del marcador. Como se mencionó, uno de los más utilizados es el óxido de cromo (III), sobre el cual se ha estudiado el efecto de los diferentes niveles de inclusión sobre el CDA. Sobre esto Bremer *et al.* (2003) encontraron que no existieron diferencias significativas en el CDA al utilizar concentraciones de 0,01 - 0,02 - 0,05 - 0,1 y 0,2 % de este marcador, por lo que ellos indican que se puede trabajar con cualquiera de los niveles de inclusión mencionados.

#### **d. Estudios de digestibilidad en *G. laevis***

En comparación con especies terrestres, el conocimiento que se tiene sobre la digestibilidad de peces, en especial aquellos que tienen a las macroalgas como parte importante de su dieta, es bastante escaso (Choat & Clements 1998). Esto último debido a que estos suelen presentar mecanismos de aprovechamiento del almidón. Para ello los peces suelen producir carbohidrasas endógenas capaces de degradar enlaces de polisacáridos (Horn 1989). Además, para el aprovechamiento de nutrientes, se han encontrado estrategias como la presencia de microbiota, que permite la fermentación y el cambio en el pH del estómago e intestino (Gordon e Ilius 1994).

Respecto a los cambios ontogénicos de la familia Kyphosidae, se ha encontrado que los peces pequeños son capaces de una digestión endógena de carbohidratos de mayor eficiencia que los peces adultos (Moran & Clements *et al.* 2002).

Al evaluar la digestibilidad de la harina de pescado y torta de soya en alevines de *G. laevis*, se obtuvo una digestibilidad aparente de 82,96 % para la harina de pescado y 62,04 % para la torta de soya, concluyendo que la harina de pescado permitía obtener mejores resultados en cuanto a digestibilidad. Adicionalmente, la producción de heces de los peces alimentados por harina de pescado fue menor a la de aquellos alimentados por torta de soya, siendo 0,080 y 0,120 g heces día<sup>-1</sup>, respectivamente (Vásquez & Córdova 2014),

#### **e. Determinación de energía digestible en dieta**

La energía es un producto terminal de alimentos absorbidos en el intestino, los cuales liberan calor al oxidarse y metabolizarse. La energía que contiene el alimento por unidad de peso es denominada energía bruta. Parte de la energía consumida que es eliminada en las heces, corresponde a la energía fecal, ya que pasa por el proceso digestivo sin ser absorbida. La

diferencia entre la energía bruta del alimento y la contenida en heces es denominada energía digestible (Kamaleddin *et al.* 2007).

Cálculo de la energía digestible (ED):

Para hallar la ED se debe determinar la energía bruta de la dieta mediante bomba calorimétrica, para posteriormente multiplicar este valor por el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca de la dieta.

Para hallar la energía digestible aparente se debe hacer uso de esta fórmula (Virões 2008):

$$ED = CDA^{\circ} \times EB$$

Dónde:

ED = Energía digestible del ingrediente o dieta.

EB = Energía bruta de la dieta (determinada por bomba calorimétrica).

CDA E° = Coeficiente de digestibilidad aparente de la dieta.

### **2.3.2 Relación Proteína: Energía digestible en dietas**

La relación proteína/energía digestible (PD:ED) en dieta es considerada importante dentro de la evaluación de calidad y formulación de alimento balanceado, debido a que existe una interacción entre ambas. La proteína digestible parte del concepto del CDA, en donde se asume que la cantidad del nutriente no excretado fue asimilado por el organismo. La proteína digestible es entonces aquel porcentaje de este nutriente que es asimilado.

Un excesivo nivel de proteína que no se encuentre equilibrado con el nivel de energía, hará que este nutriente sea catabolizado y utilizado como fuente de energía. Lemos *et al.* (2014) mencionan que la cantidad adecuada de proteína en conjunto con la energía en dieta es un factor crítico para obtener un crecimiento óptimo. Además, existen diferentes estudios en los que se ha probado que un incremento en el nivel de energía minimiza la utilización de proteínas, aumentando la eficiencia de este nutriente y reduciendo la excreción de compuestos nitrogenados (Tran-Duy *et al.* 2008).

Existen casos en que se han colocado niveles altos de proteína y la energía ha sido el factor limitante en el crecimiento, mas no la proteína (Gous *et al.* 2018). Esto último debido a que los aminoácidos se empiezan a utilizar como fuente de energía, en lugar de los ácidos grasos y glucosa, de manera que el crecimiento se ve limitado. Además, una ingesta de energía elevada puede dar como resultado una acumulación de energía en forma de lípidos (Cho & Kaushik 1990).

Uno de los factores que se ve afectado por la relación PD:ED es la composición nutricional en el cuerpo. Se ha encontrado que al disminuir la relación PD:ED, el contenido de grasa corporal se ha incrementado. Así mismo, se ha logrado mejorar el FCA (factor de conversión alimenticia) al proporcionar alimento con una menor relación PD:ED, con valores de energía más altos (Ekman *et al.* 2013).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR Y PERIODO EXPERIMENTAL**

El trabajo experimental se desarrolló en el Laboratorio de Larvicultura de la Escuela de Biología Marina de la Universidad Científica del Sur, localizada en el distrito de Villa El Salvador, provincia de Lima (12°13'15"S, 76°58'42"O). El periodo experimental tuvo una duración de cinco meses y se realizó entre los meses de enero y junio de 2019.

#### **3.2 INSTALACIONES Y MANEJO EXPERIMENTAL**

##### **3.2.1 Mantenimiento del sistema estático y unidades experimentales**

Se trabajó en un sistema estático que contó con 12 acuarios de vidrio de 30 L de capacidad (Figura 7). Los acuarios estuvieron implementados con una manguera y piedra difusora de 2,5 cm, conectadas al sistema integrado de aireación del laboratorio, el que era alimentado por un *blower* de ¾ HP. El sistema fue estático para evitar el intercambio de agua y por lo tanto metabolitos entre unidades experimentales. Este aislamiento es una recomendación del National Research Council (2011) para bioensayos que comprenden diferentes dietas.

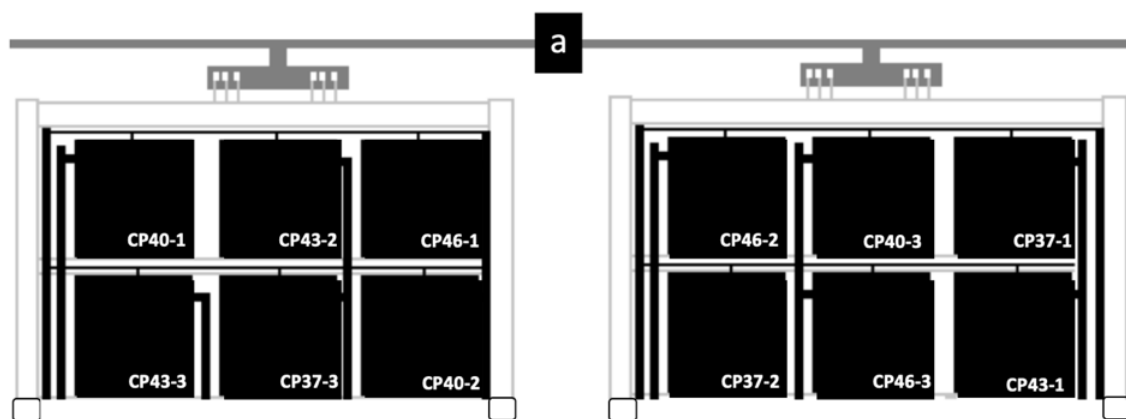
##### **3.2.2 Medición y control de la calidad del agua**

El agua de mar con la que se trabajó fue proveniente del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), extraída del distrito de La Punta, Callao. Fue transportada y recepcionada por el Centro de Experimentación Acuícola (CEA) de Vitapro - Nicovita, ubicado dentro del campus de la Universidad Científica del Sur (UCSUR). En dicho centro, el agua fue previamente esterilizada mediante un sistema de esterilización ultravioleta (UV) marca Pentair. Posteriormente fue trasladada al Laboratorio de Larvicultura de la UCSUR, mediante el sistema interno de tuberías y aireada con ayuda de un *blower* marca Lafert. seguidamente el agua se filtró a través de cartuchos hilados de 10, 5 y 1 micras, respectivamente, e irradiada nuevamente por un sistema de esterilización ultra violeta (UV) de marca Universal. y almacenada en cuatro tanques de polietileno de 2500 L de capacidad,

marca Rotoplast. De aquí fue repartida a cada unidad experimental con ayuda de una manguera y una bomba sumergible marca SOBO.

Diariamente se midieron los parámetros ambientales de cada unidad experimental, con la ayuda de un multiparámetro marca Yellow Spring International (YSI), modelo Professional Plus. Estos parámetros fueron: temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ), oxígeno disuelto ( $\text{mg L}^{-1}$ ), saturación de oxígeno (%), pH, conductividad y salinidad (%). De forma interdiaria se evaluaron los compuestos nitrogenados, con ayuda de un kit de nitrógeno amoniacal total (NAT) marca JBL, el cual tiene un rango de  $<0,05 - 5,0 \text{ mg L}^{-1}$  y los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) – nitratos ( $\text{NO}_3$ ) fueron medidos con tiras reactivas marca Quantofix, que poseen un rango de  $0 - 80$  y  $0 - 500 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente, como se describe en la Tabla 2.

Todos los acuarios se mantuvieron a una temperatura de  $20,43 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , oxígeno disuelto de  $6 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$  y salinidad de  $34 \pm 0,14 \text{ ‰}$  (Anexo 5).



**Figura 7: Diseño del sistema experimental estático. Donde a: sistema de aireación. Los cuadrados negros representan las unidades experimentales con los tratamientos de diferentes niveles de proteína donde: CP37: control con 36,6; CP40: 39,4; CP43: 43,7 y CP46: 46,3 de % de proteína. Los números luego del guión representan las réplicas de cada tratamiento.**

Diariamente (8:00 hrs) se sifonearon las heces y restos de alimento que se encontraban en el fondo de los acuarios, originando un retiro aproximado del 60 % del agua en cada acuario, la cual era descartada y posteriormente reemplazada por agua de mar filtrada proveniente del reservorio de agua de mar del laboratorio. Adicionalmente una vez por semana se hizo el cambio del 90 -100 % de agua en cada acuario y se reemplazó por agua del reservorio, validando que todos tengan los mismos valores de salinidad y temperatura.

Cada quince días, se efectuaron las biometrías, durante este periodo se realizó la limpieza total de los acuarios, mangueras y piedras difusoras haciendo uso de esponjas, para retirar restos de alimento (Anexo 7).

**Tabla 2: Parámetros físico químicos de calidad de agua evaluados en cada acuario, frecuencia de evaluación y equipos utilizados durante periodo experimental.**

Parámetros	Unidad	Frecuencia de toma datos	Valores esperados	Equipos
Temperatura	°C	Diario	20-21	Multiparámetros marca YSI Professional Plus.
Oxígeno disuelto	mg L <sup>-1</sup>	Diario	5-7	
Saturación de oxígeno	%	Diario	70-100	
pH		Diario	7,5-8,5	
Salinidad	‰	Diario	34-35	Refractómetro marca ATAGO
NAT – Nitrógeno amoniacal total	mg L <sup>-1</sup>	cuatro veces por semana	<0,5	Kit de amonio marca JBL
Nitritos	mg L <sup>-1</sup>	Dos veces por semana	<1	Tiras reactivas marca Quantofix
Nitratos			<40	

### 3.2.3 Material biológico

Se capturaron 200 ejemplares de juveniles de *G. laevisfrons*, con un peso promedio  $3,4 \pm 1,3$  g, en la playa San Bernandino, Rincón de los Piños, ubicada geográficamente entre los puntos  $9^{\circ}25'10.74''S$  y  $78^{\circ}24'55.58''O$ ; en el distrito Comandante Noel de la provincia de Casma, departamento de Ancash, utilizando una red anchovetera de  $\frac{1}{2}$  pulgada.

Para el transporte de los peces se emplearon bolsas plásticas que contenían agua de mar extraída directamente de las pozas de marea en donde se encontraron los ejemplares. La bolsa se llenó con agua al 25 % del volumen total y se aplicó una densidad de dos peces L<sup>-1</sup>. Las bolsas fueron cerradas con una liga y colocadas en baldes de 20 L de capacidad. Estas fueron transportadas de forma terrestre al Laboratorio de Larvicultura mencionado, en un periodo de 8 horas. Se realizaron recambios de agua del 30 %, cada tres horas durante el



camino, con agua extraída previamente de las pozas de marea y que fue transportada en recipientes plásticos de 8 L de capacidad.

### **3.2.4 Aclimatación de los juveniles**

Previo al trabajo experimental, los 200 juveniles, con un peso promedio  $3,4 \pm 1,3$  g, fueron colocados en tres tanques de polietileno de 1000L de capacidad marca Rotoplast, manteniéndose a una temperatura de  $20 \pm 0,5$  °C y oxígeno disuelto de  $6 \pm 0,5$  mg L<sup>-1</sup>. Una vez en el laboratorio, se mantuvieron durante 24 horas en ayuno y posteriormente se distribuyó el alimento comercial New Life Spectrum Thera +A con 38 % de proteína, durante 30 días, en tres raciones que fueron proporcionadas a las 9:00, 12:00 y 3:00 hrs, *ad libitum*. Luego de cada alimentación se pesó el alimento sobrante para así establecer la tasa de alimentación, que fue del 3 %. Así fueron mantenidos hasta alcanzar un peso promedio de  $4,9 \pm 1,1$ g, y ser repartidos aleatoriamente a las unidades experimentales.

El alimento utilizado durante el periodo de aclimatación fue seleccionado teniendo como base al trabajo realizado por Huang *et al.* (2019), que tomaron en cuenta el menor nivel de proteína como 35 % para *G. mezinga* y a las experiencias de Cruz (comunicación personal, enero de 2019), quien administró a *G. laevifrons* el alimento comercial mencionado, durante el periodo de aclimatación de sus investigaciones en la especie (Cruz 2019). Dado que el presente trabajo tuvo como objetivo general el determinar el requerimiento de proteína, fue necesario trabajar con niveles crecientes de este nutriente, a partir de un valor mínimo (37 %), obtenido en función a experiencias previas en la especie o especies emparentadas, según sugerencia de Robbins *et al.* (2006), para experimentos de requerimiento de proteína en peces.

### **3.2.5 Controles biométricos**

Cada 15 días se realizaron los muestreos biométricos, manteniendo a los peces en inanición 24 horas previas. Se colocó al total de peces por unidad experimental dentro de baldes plásticos de 20 L de capacidad con aireación proveniente del *blower* de  $\frac{3}{4}$  Hp marca Lafert del laboratorio y se tomó el dato de peso húmedo y la longitud total de todos los peces con una balanza marca OHAUS – Traveler de 0,01 g de precisión y un *vernier* manual, respectivamente.

### 3.3 FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Se formularon las cuatro dietas experimentales utilizando el método del tanteo (Tabla 3) y tomando en cuenta las indicaciones de preparación realizadas por Kim *et al.* (2016a). La formulación se realizó en base a los valores tabulares de la composición proximal de los ingredientes y porcentaje de aminoácidos brindada por la National Research Council (NRC) (2011). Para la selección de niveles de proteína se tomaron en cuenta los resultados de Huang *et al.* (2019), quienes trabajaron con *G. mezzina*, especie del mismo género y con hábitos alimenticios similares. Además, los niveles de proteína tuvieron una diferencia de 3 % entre sí, para mantener constante la razón numérica creciente (Robbins *et al.* 2006). Los valores de aminoácidos se formularon tomando en cuenta los utilizados en el trabajo de Kim *et al.* (2016b).

La preparación del alimento se realizó en el Laboratorio de Larvicultura de la Universidad Científica del Sur. Los ingredientes de las dietas experimentales fueron mezclados en bandejas de acero inoxidable hasta lograr la integración de los mismos. Posteriormente se agregó agua hervida a 70 °C y se amasó hasta alcanzar una textura blanda. La masa obtenida pasó por una máquina moladora marca Porkert de 1 kg de capacidad, adaptada para obtener *pellets* de 1 mm de diámetro. El alimento fue secado a 60°C en un horno marca Thermo Scientific – Heratherm durante ocho horas hasta tener un peso constante. Posteriormente, los *pellets* fueron quebrados con un mortero manual y cernidos en un tamiz metálico hasta alcanzar 0,5 mm de diámetro. Estos se guardaron en refrigeración en bolsas Ziploc a -20°C hasta su posterior utilización.

Posteriormente, se determinó el análisis proximal del alimento balanceado (Tabla 3), con los métodos de Horno de incineración para ceniza, Kjeldahl para proteína y Soxhlet para grasa total, descritos en AOAC (2005), en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Agraria la Molina (Anexo 1).

**Tabla 3: Fórmula y composición química proximal (% materia seca – MS) de las dietas experimentales T37, T40, T43 y T46.**

Insumo (%MS)	Fórmula			
	Dietas experimentales			
	T37	T40	T43	T46
Harina de pescado	50,0	57	64	70
Torta de soya	11,0	8,5	8	6,2
Maíz molido	12,8	9	7	6,0
Moyuelo de trigo	9	8,9	6,2	5
Almidón de maíz	8,4	8,0	6	4
Aceite de pescado	3	3	3	3
Cloruro de colina	0,3	0,3	0,3	0,3
Ácido ascórbico	0,2	0,2	0,2	0,2
Lisina	0,2	0,2	0,2	0,2
Metionina	0,5	0,5	0,5	0,5
Fosfato de calcio	1	1	1	1
Pre-mezcla vit/min	3	3	3	3
Antioxidante	0,3	0,3	0,3	0,3
Anti fúngico	0,3	0,3	0,3	0,3
Composición química proximal				
Proteína cruda	36,6	39,4	43,7	46,3
Lípido crudo	7,63	8,3	9,1	8,9
Ceniza cruda	7,8	8,5	9,2	9,9
Humedad	8,25	11,02	6,60	9,02
Carbohidratos	27,5	23,9	19,3	15,9
Fibra	0,24	0	0,1	0
Energía bruta (kJ g <sup>-1</sup> )	16,99	16,35	17,72	16,89
Relación Pbruta:Ebruta (mg kJ <sup>-1</sup> )	21,54	24,12	24,65	27,4
Aminoácidos				
Lis	2,85	3,12	3,42	3,66
Met	1,20	1,30	1,52	1,51
Met + Cis	1,39	1,51	1,66	1,77
Treo	1,57	1,69	1,85	1,96
Arg	2,16	2,30	2,50	2,63
Fe + Tir	2,72	2,93	3,19	3,38
His	0,91	0,97	1,05	1,11
Iso	1,74	1,87	2,03	2,15
Leu	2,86	3,06	3,33	3,53
Trip	0,45	0,48	0,52	0,54
Val	1,98	2,13	2,32	2,46

**Tabla 4: Fórmula de la premezcla de vitaminas y minerales utilizada en la formulación de dietas.**

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Vitamina A	4666,7	UI
Vitamina B3	666,67	UI
Vitamina E	46,67	UI
Tiamina	6	Mg
Riboflavina (B2)	6,67	Mg
Niacina	50	Mg
Ácido Pantoténico	16,67	Mg
Piridoxina (B6)	5	Mg
Biotina	0,27	Mg
Ácido fólico	1,33	Mg
Ácido ascórbico	200	Mg
Vitamina B12	0,01	Mg
Cloruro de colina	200	Mg
Manganeso	13,33	Mg
Hierro	6,67	Mg
Zinc	6,67	Mg
Cobre	0,5	Mg
Yodo	0,5	Mg
Selenio	0,1	Mg
Cobalto	0,5	Mg
BHT	40	Mg
Exipientes	1000	Mg

\*Composición para un kilogramo de premezcla vitamínica y mineral

Fuente: DMS Nutritional Products Perú S.A. (2011)

### **3.3.1 Preparación de las dietas experimentales para la prueba de digestibilidad**

Para el experimento de digestibilidad aparente se molieron (hasta polvillo) dos kilos de cada dieta experimental utilizada en la etapa 1. Se reemplazó peso a peso 0,04 g de cada dieta experimental, por óxido de cromo. Luego de la adición del marcador, se agregó agua a 70 °C para pelletizar y secar de la misma forma que se realizó en la anterior etapa.

La determinación del óxido de cromo en las dietas y heces fue realizada por el método de absorción atómica (AOAC975.03 - Metals in plants and foods) en el Laboratorio del Centro Experimental de Acuicultura de Vitapro, Trujillo (Anexo 2).

## 3.4 FASE EXPERIMENTAL I: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REQUERIMIENTO PROTÉICO

### 3.4.1 Diseño experimental

Luego del acondicionamiento, 96 juveniles de *G. laevisfrons* fueron seleccionados con un peso y talla promedio de  $4,9 \pm 1,1$  g y  $60,9 \pm 5,2$  mm. Estos fueron distribuidos al azar en 12 acuarios de 30 L de volumen de agua (unidades experimentales) totalizando 8 juveniles en cada acuario.

Se utilizó un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron cuatro dietas, con diferentes porcentajes de proteína: Control 36,6 (T37); 39,4 (T40); 43,7 (T43) y 46,3 % (T46) (Tabla 5), cada dieta contó con tres repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales.

Se seleccionaron cuatro niveles de proteína con una razón numérica de tres. Estos niveles se definieron en base al trabajo realizado anteriormente con una especie del mismo género (*G. mezinga*), que presenta hábitos alimenticios similares (Huang *et al.* 2019).

**Tabla 5: Distribución de tratamientos según contenido de proteína dietaria.**

Tratamiento	Especificación
T37 (control)	Juveniles alimentados con dieta de 36,6 % de proteína
T40	Juveniles alimentados con dieta de 39,4 % de proteína
T43	Juveniles alimentados con dieta de 43,7 % de proteína
T46	Juveniles alimentados con dieta de 46,3 % de proteína

### 3.4.2. Manejo de la alimentación

Se proporcionaron tres raciones a las 9:00, 12:00 y 15:00 hrs a una tasa de alimentación del 3 % (determinado en el periodo de aclimatación). Cada 15 días, después de la biometría, se ajustó la cantidad de alimento a proporcionar respecto al nuevo valor de la biomasa.

### 3.4.3. Cálculo de parámetros productivos

Los datos obtenidos de estas biometrías permitieron la determinación de los siguientes parámetros productivos (Anexo 8-15) (Guillaume 2004):

- Porcentaje de peso ganado:

$$IW(\%) = \frac{100 - (\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}}$$

- Tasa de crecimiento (g día<sup>-1</sup>):

$$TC = \frac{W_f - W_i}{t_2 - t_1}$$

- Tasa de crecimiento específico (% día<sup>-1</sup>):

$$TCS = \frac{(\ln(W_f) - \ln(W_i))}{t_2 - t_1} * 100$$

Donde:

Wi: Peso inicial

Wf: Peso final

t<sub>2</sub> – t<sub>1</sub>: tiempo de duración entre Wf y Wi

- Eficiencia alimenticia:

$$= \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento ingerido (g)}}$$

- Tasa de eficiencia protéica:

$$TEP = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

- Tasa de supervivencia:

$$TS = \frac{\text{Número final de organismos}}{\text{Número inicial de organismos}} * 100$$

- Factor de conversión alimenticia (FCA): En relación con la asimilación del alimento por el pez (Díaz & Lopez, 1995):

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{Incremento de peso}}$$

- Eficiencia de retención de los nutrientes

Previo al periodo experimental se tomaron al azar ocho individuos que no hubiesen sido alimentados con las dietas experimentales, estos fueron sacrificados (shock térmico de Wallace *et al.* 2018) y llevados a laboratorio para análisis de proteína y lípidos corporales. Del mismo modo, al finalizar la primera fase experimental se tomó aleatoriamente ocho peces por tratamiento los cuales fueron sacrificados, bajo la misma técnica de shock térmico. A todos estos individuos se les retiraron los órganos internos y se mantuvieron en congelados hasta su análisis posterior. Todos los análisis de proteína y lípidos fueron realizados en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) aplicando los métodos Kjeldahl y Soxhlet, respectivamente, descritos en el manual de la AOAC (2005) (Anexo 2).

Una vez obtenidos los resultados se determinó la retención y eficiencia de retención de proteína y lípidos siguiendo las fórmulas del National Research Council (NRC) (2011):

$$\% \text{ retención} = \frac{(Pf \times Nf) - (Pi \times Ni) \times 100}{\text{nutriente ingerido}}$$

Y Azevedo *et al.* (2004):

$$PR \text{ (g/pez/día)} = \frac{PCf - PCi}{t}$$

PR: Proteína retenida

PCi: Proteína en el cuerpo al inicio (g pez<sup>-1</sup>)

PCf: Proteína en cuerpo al final (g pez<sup>-1</sup>)

T: tiempo (días)

$$LR \text{ (g/pez/día)} = \frac{LCf - LCi}{t}$$

LR: Lípidos retenidos

LCi: Lípidos en el cuerpo al inicio (g pez<sup>-1</sup>)

LCf: Lípidos en cuerpo al final (g pez<sup>-1</sup>)

T: tiempo (días)

$$EFP (\%) = \frac{PR}{Pi} \times 100$$

EFP (%): Eficiencia de retención de proteína

Pi: Proteína consumida (g/pez/día)

$$EFL (\%) = \frac{LR}{Li} \times 100$$

EFL (%): Eficiencia de retención de lípidos

Pi: Lípidos consumidos (g/pez/día)

### 3.4.5 Determinación del requerimiento de proteína

#### a. Modelo Línea Quebrada

El requerimiento se estableció como la abscisa del punto de inflexión del modelo, la cual se determinó mediante el Software Statistical Analysis System (SAS 1998). Se tomó en cuenta el incremento total de peso, dentro del periodo experimental, como variable respuesta.

Los niveles de proteína tomados en cuenta para la aplicación del modelo fueron cuatro: 36,6 (T37), 39,4 (T40), 43,7 (T43) y 46,3 (T47). Estos fueron seleccionados tomando en cuenta las experiencias previas de Cruz (comunicación personal, enero de 2019) y el trabajo realizado por Huang *et al.* (2019) en *G. mezinga*, especie con hábitos alimenticios similares. La variable respuesta con la que se trabajó fue el incremento de peso, debido a que suele ser utilizada para el requerimiento de proteína en este tipo de trabajos (Robbins *et al.* 2006).

El análisis se realizó con la ayuda del Software Statistical Analysis System (SAS 1998).

#### b. Modelo Polinomial Cuadrático

La variable dependiente (incremento de peso) e independiente (nivel de proteína) fue la misma que en el caso del modelo de línea quebrada.

Para realizar el modelo se tomó en cuenta que: *“El requerimiento se estableció bajo el criterio de la primera derivada que permite obtener los máximos y mínimos relativos, donde la ecuación polinomial cuadrática luego de ser derivada es igualada a cero, obteniendo de esta manera el valor de la variable independiente que permite la máxima respuesta de la variable dependiente”* (Zeitoun *et al.* 1976).



El análisis se realizó con el Software Statistical Analysis System (SAS 1998).

### **3.5 FASE EXPERIMENTAL II: DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE**

#### **3.5.1 Diseño experimental**

Para el presente experimento se hizo uso de las mismas unidades experimentales descritas en la fase uno.

Cada tratamiento contó con dos réplicas, totalizando 8 unidades experimentales. Los tratamientos fueron las cuatro dietas anteriormente descritas en un 99,98 %, más la inclusión del 0,02 % de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) como marcador, según recomendación de Bremer *et al.* (2003), para evitar interferir en el resultado final (Anexo 3).

#### **3.5.2 Manejo de alimentación**

Se les suministró el alimento en el mismo horario en que se realizó en la etapa uno (9:00, 12:00, 15:00 hrs), sin embargo, fue *ad libitum*, según recomendación de Gutiérrez *et al.* (2009).

#### **3.5.3 Cálculo del Coeficiente de Digestibilidad Aparente de Proteína y Energía**

Una hora después de la última comida se extrajeron los restos de alimento no consumido y se vació un tercio del agua para asegurar una limpieza completa en cada acuario. A las 8:30 hrs del día siguiente, las heces sedimentadas fueron cuidadosamente extraídas por el método de sifón para luego ser congeladas y almacenadas hasta su uso (Gutiérrez *et al.* 2009). Este procedimiento se repitió hasta obtener 35 g de heces (peso húmedo) por tratamiento.

Las muestras de heces se analizaron por el método de absorción atómica (AOAC975.03 - Metals in plants and foods), en el Laboratorio del Centro Experimental de Acuicultura de Vitapro, Trujillo, dpto. La Libertad (Anexo 4).

La determinación del coeficiente de digestibilidad aparente de proteína en dieta (CDA) se realizó mediante el método indirecto haciendo uso de la fórmula propuesta por Cho *et al.* (1982):

$$CDAd(\%) = 100 - 100 \frac{\%Cr2O3d}{\%Cr2O3h} * \frac{\%Nh}{\%Nd}$$

$\%Cr_2O_3h$ : Porcentaje de óxido de cromo en heces.

$\%Cr_2O_3d$ : Porcentaje de óxido de cromo en dieta.

$\%Nh$ : Porcentaje de un nutriente o energía bruta en las heces.

$\%Nd$ : Porcentaje de un nutriente o energía bruta en la dieta.

### 3.5.4 Calculo de Proteína y Energía Digestible

Una vez obtenido el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína y energía de cada dieta, se realizó el cálculo de proteína y energía digestible (Virães 2008):

$$ED = CDA E^\circ x EB$$

Dónde:

ED = Energía digestible de la dieta.

EB = Energía bruta de la dieta (determinada por bomba calorimétrica).

CDA E° = Coeficiente de digestibilidad aparente de la energía de la dieta.

$$PD = CDA P^\circ x PB$$

Dónde:

PD = Proteína digestible de la dieta.

PB = Proteína bruta de la dieta.

CDA P° = Coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína de la dieta.

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los parámetros fisicoquímicos del agua que cumplieron con la prueba de normalidad de Shapiro Wilk ( $p \text{ val} > 0,05$ ) y homocedasticidad de Levene ( $p \text{ val} > 0,05$ ) para identificar si se ajustaron a la distribución normal e igualdad de varianzas, respectivamente, pasaron por un análisis de varianza (ANOVA) y cuando existieron diferencias significativas, fueron comparados por la prueba Tukey *post hoc*. En el caso de la temperatura, conductividad y el nitrógeno amoniacal total, dado que no cumplieron con la normalidad ( $p \text{ val} < 0,05$ ), se analizaron con el test de Kruskal Wallis y posteriormente con Mann – Whitney.

Se analizaron cuatro diferentes tratamientos (T37, T40, T43 y T47), tomando en cuenta un diseño completamente al azar. Todos los parámetros productivos obtenidos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ) y homocedasticidad de Levene ( $p > 0,05$ ) para identificar si se ajustaron a la distribución normal e igualdad de varianzas, respectivamente. Dado que todas las variables cumplieron con los supuestos, se aplicó ANOVA y Tukey *post hoc* considerando diferencias significativas cuando  $p < 0,05$ . Se utilizó el *software* R Studio para los análisis mencionados.

Para la determinación del requerimiento de proteína se utilizó el modelo de línea quebrada y polinomial cuadrático, haciendo uso del valor de las variables incremento de peso y nivel de proteína. Este análisis se realizó haciendo uso del Software Statistical Analysis System (SAS 1998).

Los valores de coeficiente de digestibilidad aparente de proteína de los cuatro tratamientos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro Wilk ( $p > 0,05$ ) y Homocedasticidad de Levene ( $p > 0,05$ ) para identificar si se ajustaron a la distribución normal e igualdad de varianzas, respectivamente. Dado que todas las variables cumplieron con los supuestos, se aplicó ANOVA y Tukey *post hoc* considerando diferencias significativas cuando  $p < 0,05$ . Se utilizó el *software* R Studio para los análisis mencionados.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 FASE EXPERIMENTAL I: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REQUERIMIENTO PROTÉICO

#### 4.1.1 Evaluación de los parámetros de calidad de agua

Los parámetros saturación y oxígeno disuelto, pH y salinidad cumplieron con la normalidad de Shapiro Wilk ( $p \text{ val} > 0,05$ ). Sin embargo, la temperatura, conductividad y nitrógeno amoniacal total (NAT) no cumplieron con la normalidad ( $p \text{ val} < 0,05$ ), por lo que se analizaron con el test de Kruskal Wallis.

La temperatura fue similar entre los tratamientos, con un valor promedio de  $20,4 \pm 0,6$  °C durante todo el experimento. Este valor se encuentra dentro del rango de tolerancia establecido para la especie, que es entre 13 y 30 °C (Pulgar *et al.* 2005). Sin embargo, a pesar de la capacidad de la especie para aclimatarse en este amplio rango, existe una selectividad termal, dependiendo de la zona geográfica de la cual provengan (Pulgar *et al.* 2005). La temperatura dentro del experimento, además de encontrarse dentro de este rango, se encuentra dentro de la temperatura superficial del mar promedio de la costa de Chimbote para los últimos años (INEI 2018) y los trabajos realizados en laboratorio con ejemplares de la misma especie, extraídos de la misma área de muestreo (Aguilar & Avilés 2016; Vásquez & Córdova 2014).

Igualmente, los valores absolutos de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno no presentaron diferencias entre tratamientos, obteniéndose valores promedio de  $6,15 \text{ mg L}^{-1}$  y  $83,54 \%$ , respectivamente, durante todo el experimento. Estos valores se encuentran dentro de los esperados para una especie de pez marino (Calderer 2001). El oxígeno disuelto pudo mantenerse en estos valores debido a la aireación constante suministrada mediante el *blower*. No se buscó incrementar la saturación de oxígeno del agua por encima de  $100 \%$ , dado que se observó que al incrementar la aireación dentro de las unidades experimentales se generaba una excesiva turbulencia, afectando el comportamiento natatorio de los peces, pudiendo

causar daños físicos y estrés. Los parámetros físico químicos obtenidos durante los 71 días en esta fase experimental se muestran en la Tabla 6 (Anexo 5).

**Tabla 6: Parámetros de calidad de agua durante la fase experimental I, de *Girella laevis* alimentada con cuatro niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Parámetro	Unidades	Tratamientos			
		T37	T40	T43	T46
Temperatura	°C	20,43 ± 0,54	20,53 ± 0,56	20,55 ± 0,56	20,44 ± 0,58
Oxígeno Disuelto	mg L <sup>-1</sup>	6,18 ± 0,27	6,17 ± 0,26	6,08 ± 0,36	6,17 ± 0,27
Saturación de oxígeno	%	83,76 ± 3,42	83,74 ± 3,36	82,72 ± 4,48	83,95 ± 3,20
pH		8,02 ± 0,10	8,03 ± 0,1	8,00 ± 0,09	8,03 ± 0,11
Salinidad	‰	34,18 ± 0,14	34,18 ± 0,14	34,18 ± 0,14	34,18 ± 0,14
Conductividad	mS cm <sup>-1</sup>	5,30 ± 0,05	5,31 ± 0,06	5,30 ± 0,15	5,31 ± 0,15
Nitrógeno amoniacal total	mg NAT L <sup>-1</sup>	0,059 ± 0,019a	0,064 ± 0,023a	0,075 ± 0,021b	0,096 ± 0,029c

Los datos se expresan en media ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencia significativa dentro de filas (p<0,05).

Respecto al pH, no hubo diferencias entre los tratamientos durante el periodo experimental, teniendo valores promedio de 8,02 ± 0,01. Estos valores se encuentran dentro del rango de tolerancia para peces marinos (Benetti *et al.* 2008). Además, se considera que este parámetro se encuentra dentro de lo adecuado para la especie, ya que variaciones de pH entre 7,5 ± 0,2 y 8,0 ± 0,02 (vinculados a cambios en el CO<sub>2</sub>) no han mostrado diferencias estadísticamente significativas en las respuestas fisiológicas de *G. laevis* (Benitez *et al.* 2017). Posiblemente esto es debido a la capacidad de aclimatación que tiene esta especie a los cambios del medio en el que habita, en donde existen variaciones del CO<sub>2</sub> y pH (Duarte *et al.* 2015).

La salinidad fue la misma para todos los tratamientos, siendo esta 34,18 ± 0,18 ‰ durante los 71 días del experimento, este valor se encuentra en el rango de salinidad presente en el hábitat de donde fueron extraídos los ejemplares. En otras investigaciones en las que se ha

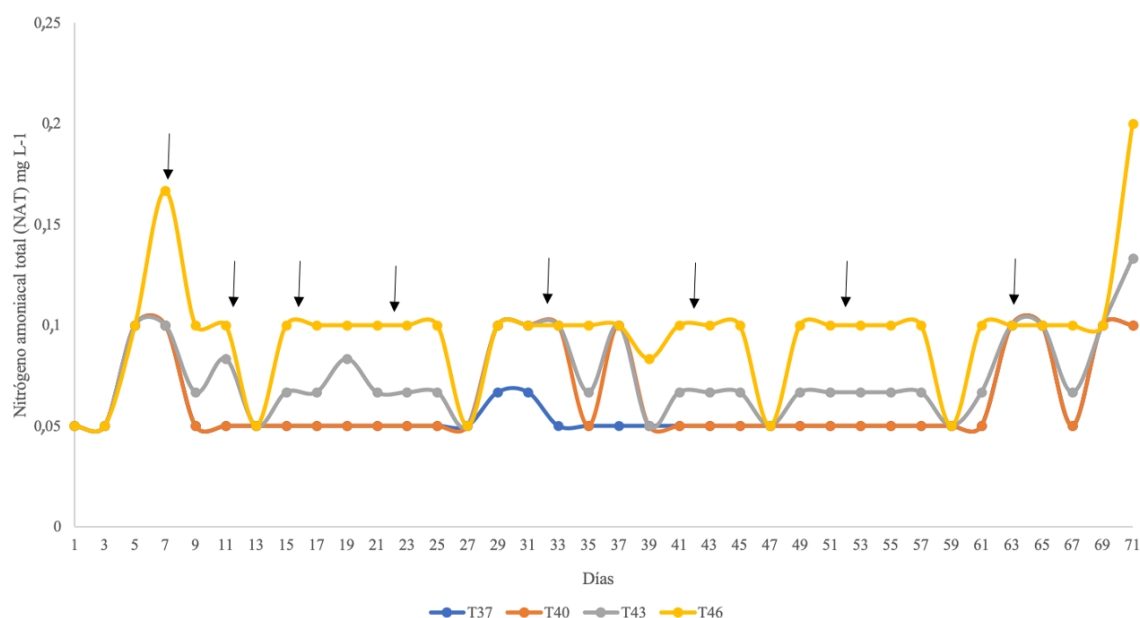
trabajado con la especie en Chile, se mencionan salinidades de 32 ‰ (Benitez *et al.* 2017), sin embargo, en trabajos realizados en Perú con la especie, se trabajó con salinidades de 35 ‰ (Aguilar & Avilés 2017). Al igual que en otros parámetros anteriormente mencionados, la especie tiene un amplio rango de tolerancia a diferentes salinidades, debido a las condiciones propias de su hábitat, en donde la salinidad suele presentar fluctuaciones en el tiempo (Shaw *et al.* 2013).

Durante los 71 días del experimento, existió una clara variación de la concentración del nitrógeno amoniacal total (NAT), dentro de los tratamientos, vinculado a los recambios de agua (Figura 8, Anexo 6). Philminaq (2008) menciona que para los peces marinos el límite crítico de NAT es de 0,1 mg L<sup>-1</sup>, valor al que no se llegó durante el experimento, debido a los recambios constantes de agua que se realizaron (50-60 % diario y 100 % semanal). Sin embargo, cada semana el nitrógeno amoniacal total fue aumentando a partir del segundo día del recambio del 100 %, siempre manteniéndose por debajo del límite. Únicamente el último día del experimento se alcanzó una concentración de 0,2 mg L<sup>-1</sup> debido a que se mantuvo nueve días haciendo recambios diarios del 50 %, pero sin hacer el cambio del 100 %. Esto último debido a la escasa disponibilidad de agua, sin embargo, solo fue un día y para el tratamiento de T46. Este valor se alcanzó el día en que se hizo la biometría y culminó el experimento.

Los tratamientos T37 y T40 no presentaron diferencias en cuanto al valor de NAT, sin embargo, existe un leve incremento para el T43 y T46, respectivamente; justamente los dos niveles de proteína superiores, entre los cuales sí existe diferencia significativa (Tabla 6).

Leung *et al.* (1999) mencionan que más del 50 % del nitrógeno ingerido puede ser aportado al medio acuático como excretas. Entre el 70 y 90 % del nitrógeno excretado por los peces se hace en forma de amonio, el cual se forma en el hígado como producto de la hidrólisis de proteínas y desaminación de aminoácidos (Dosdat *et al.* 1996). Este porcentaje excretado depende de la cantidad de proteínas ingeridas y energía en dieta, en donde si estas son mayores a los requerimientos del organismo o se encuentran en desbalance, pueden excretarse en mayor cantidad (Alam *et al.* 2008), lo cual podría estar relacionado con el hecho de ser las dietas que presentan el mayor nivel de proteína o una inadecuada relación PD:ED en dieta.

La excreción de nitrógeno amoniacal está relacionado directamente con el perfil de aminoácidos dietéticos y la relación PD:ED, los cuales son esenciales para reducir las pérdidas de nitrógeno y mejorar el aprovechamiento de proteína. Se han realizado estudios en salmón en donde, al optimizar las proporciones de PD:ED en dietas extruidas, se logró disminuir la descarga de nitrógeno amoniacal al medio (Kaushik 2000).



**Figura 8:** Concentración de nitrógeno amoniacal total promedio (mg NAT L<sup>-1</sup>) tomado de forma interdiaria durante 71 días de periodo experimental con cuatro tratamientos: T37, T40, T43 y T46. Las fechas negras indican los días en que se realizó el recambio de agua al 100 %.

#### 4.1.2 Determinación de parámetros productivos

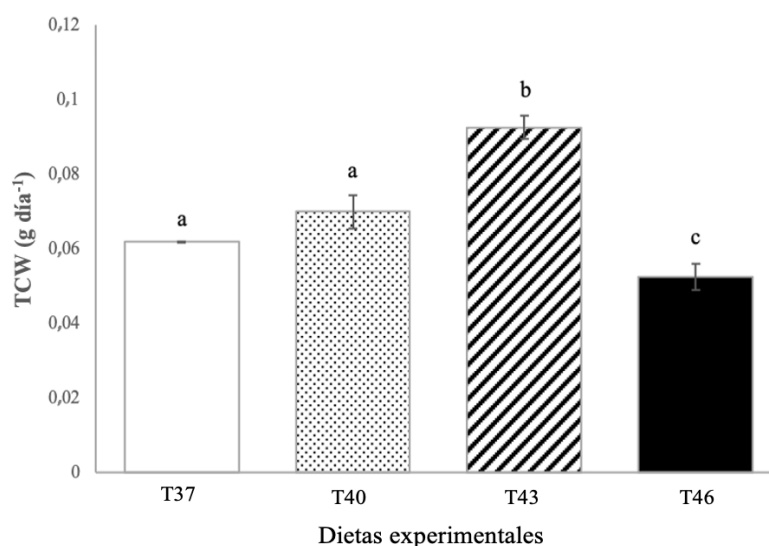
##### a. Crecimiento en peso

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la tasa de crecimiento en peso (TCW g día<sup>-1</sup>) promedio, entre los peces alimentados con diferentes niveles de proteína en dieta (Figura 9, Anexos 7-12). Se registró el valor más alto en los juveniles alimentados con la dieta con nivel de proteína 43,7 (T43), seguido de las dietas con niveles 36,6 (T37) y 39,4 (T40), siendo la dieta con nivel de proteína 46,3 (T46), aquella que presentó la menor tasa de crecimiento (Tabla 7) (Figura 9).

**Tabla 7: Parámetros productivos de juveniles de *Girella laeivifrons* alimentadas con cuatro niveles de proteína durante el periodo experimental de 71 días.**

Parámetros	Dietas experimentales			
	T37	T40	T43	T46
TCW(g día <sup>-1</sup> )	0,062 ± 0,00 a	0,069 ± 0,00 a	0,093 ± 0,00 b	0,052 ± 0,00 c
TCEW(%)	0,883 ± 0,03 ab	0,999 ± 0,10 a	1,202 ± 0,05 c	0,824 ± 0,05 b
TCL(mm día <sup>-1</sup> )	0,271 ± 0,03 a	0,293 ± 0,03 a	0,312 ± 0,01 a	0,261 ± 0,01 a
TCEL (%)	0,384 ± 0,04 a	0,413 ± 0,06 a	0,437 ± 0,01 a	0,377 ± 0,01 a
IW (%)	87,172 ± 3,58 ab	103,571 ± 13,5 a	134,951 ± 8,45 c	79,551 ± 6,52 b
FCA	2,145 ± 0,04 a	1,911 ± 0,17 ab	1,662 ± 0,07 b	2,275 ± 0,12 a
EA	0,466 ± 0,01 a	0,526 ± 0,04 a	0,602 ± 0,02 b	0,440 ± 0,02 a
TEP	1,274 ± 0,02 a	1,334 ± 0,11 a	1,378 ± 0,05 a	0,951 ± 0,05 b

Donde: TCW: Tasa de crecimiento en peso, TCEW: Tasa de crecimiento específico en peso, TCL: Tasa de crecimiento en longitud, TCEL: Tasa de crecimiento específico en longitud, IW: Incremento de peso, FCA: Factor de conversión alimenticia, EA: Eficiencia alimenticia, TEP: Tasa de eficiencia protéica. Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ )

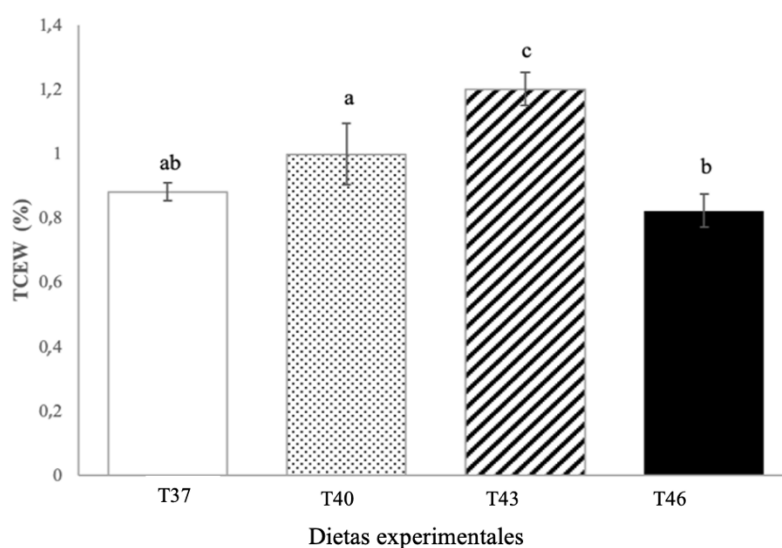


**Figura 9: Tasa de crecimiento en peso (TCW g día<sup>-1</sup>) promedio de *Girella laeivifrons* con cuatro diferentes dietas experimentales, con desviación estándar. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Respecto a la tasa de crecimiento específica en peso (TCEW %), también se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, a pesar de que la dieta T43 presentó el mayor valor, seguido de T40, T37 y T46, respectivamente (Tabla 7), en el caso de este parámetro productivo no existieron diferencias significativas entre T37 y T40, ni entre T37 con T46 (Figura 10).



Al realizar un estudio sobre mecanismos de forrajeo de *G. laevisfrons*, utilizando dietas con niveles de proteína de 5, 10 y 20 %, se alcanzaron tasas de crecimiento negativas para 5 y 10 % y positivas para la dieta con nivel de proteína de 20 % y 30 % de celulosa, siendo esta aproximadamente 0,07 % el valor obtenido de TCEW, valor significativamente menor al encontrado en el presente estudio (Cáceres 2004).



**Figura 10:** Tasa de crecimiento en peso (TCEW %) promedio y desviación estándar de *Girella laevisfrons* alimentada con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.

En otro trabajo con alevines de *G. laevisfrons*, se evaluaron dietas con diferentes niveles de inclusión del alga *Ulva lactuca* y con un nivel de proteína de 29 %, encontrando el mayor valor de TCEW en 2,51 % con la dieta de 30 % de inclusión del alga en 30 días de experimento, valor que duplica al obtenido en el presente trabajo de  $1,202 \pm 0,05$  % para T43 (Cruz 2019). Dos factores a tomar en cuenta en esta diferencia podrían estar en que se trabajó con dos estadios diferentes, siendo el trabajo de Cruz (2019) con alevines, los cuales suelen presentar un crecimiento acelerado en esta primera etapa (Wieser 1994). Por otro lado, este trabajo fue realizado con una temperatura de  $24,92 \pm 0,48$  °C, la cual es aproximadamente tres grados superior a la temperatura promedio del presente experimento ( $20,43 \pm 0,54$ ), lo que probablemente aceleró el metabolismo (Clarke & Fraser 2004), pudiendo influenciar en esta diferencia. En estudios posteriores, se obtuvo mejores resultados en juveniles con una dieta comercial con 38 % de proteína, motivo por el cual se

empleó una dieta de 37 % como el control del presente estudio (Cruz, comunicación personal enero de 2019).

La especie *G. mezina* es de interés comercial en países asiáticos como China, por lo que también se han iniciado estudios en juveniles respecto a su respuesta productiva en relación al nivel de proteína en dieta. Huang *et al.* (2019) incluyeron dietas con 35, 40, 45 y 50 % de proteína, y alcanzaron TCEW de  $1,40 \pm 0,01$ ;  $1,63 \pm 0,02$ ;  $1,65 \pm 0,01$  y  $1,67 \pm 0,03$  %, respectivamente. Estos valores son superiores a los encontrados en el presente estudio; sin embargo, se asemejan al T43, con el cual se obtuvo una tasa de  $1,202 \pm 0,05$  % en promedio. Respecto a los factores que pueden influenciar sobre esta diferencia, uno de ellos podría ser el factor especie, pero también la temperatura aplicada en ese trabajo estuvo en el rango entre 23 – 25 °C, lo cual puede haber acelerado el crecimiento. Además, la dieta aplicada en el trabajo de *G. mezina* fue con harina de pescado como única fuente de proteína, a diferencia del presente estudio. En el mismo estudio, se realizó el reemplazo de harina de pescado por *Spirulina* sp. en porcentajes de 0, 25, 50, 75 y 100 %, alcanzando tasas de  $1,63 \pm 0,01\%$ ,  $1,65 \pm 0,02\%$ ,  $1,62 \pm 0,02\%$  y  $1,39 \pm 0,02\%$ , respectivamente. Todos estos valores continúan siendo superiores a los encontrados en el presente trabajo, siendo similar aquél que se alcanzó con 100 % de reemplazo con *Spirulina* sp.

Se realizó un estudio con juveniles de *Graus nigra*, la cual es una especie de la misma familia; sin embargo, esta es carnívora, en donde se alimentó a los ejemplares por 196 días con una dieta balanceada para *Psetta maxima* (turbot) con 54 % de proteína, con temperaturas que variaron entre 13,6 y 19,7 °C. La mayor TCEW encontrada para esta especie fue de 1,219 %; valor semejante al encontrado en el presente trabajo con la dieta T43 (Flores & Rendic 2011).

En juveniles de la especie *O. fasciatus* se obtuvo una TCEW de 2,39 %, la cual fue superior a la encontrada en el presente trabajo. Algunas de las diferencias a nivel experimental mencionadas anteriormente para justificar una TCEW superior o inferior respecto a la encontrada en el presente trabajo, no aplicarían en este caso, ya que las condiciones fueron bastante semejantes. La temperatura promedio con la que trabajó Yong y Maran (2014) fue de 22 °C, nivel de proteína de 42,5 %, tres raciones al día y peso promedio de 11,6 g, motivo por el cual la diferencia podría estar vinculada con características propias de la especie o el grado de domesticación. En el caso de los ejemplares de *O. fasciatus*, estos provinieron de

un *hatchery* en donde ya existe cierto grado de domesticación y por lo tanto, los ejemplares pueden haber desarrollado la capacidad de metabolizar las dietas balanceadas de una manera más eficiente (Roques *et al.* 2018), mientras que los ejemplares de *G. laevisfrons* fueron extraídos del medio natural, debido a que no existe aún su producción en cautiverio.

Una especie del mismo suborden de *G. laevisfrons*, pero de hábitos carnívoros es *Cynoscion othonopterus* (corvina), con la cual Madrid (2014) obtuvo una TCEW de 0,69%, valor inferior al del presente trabajo. Tomando en cuenta que la dieta que se le proporcionó a los juveniles de corvina contenía 49 % de proteína, este valor de TCEW fue bajo.

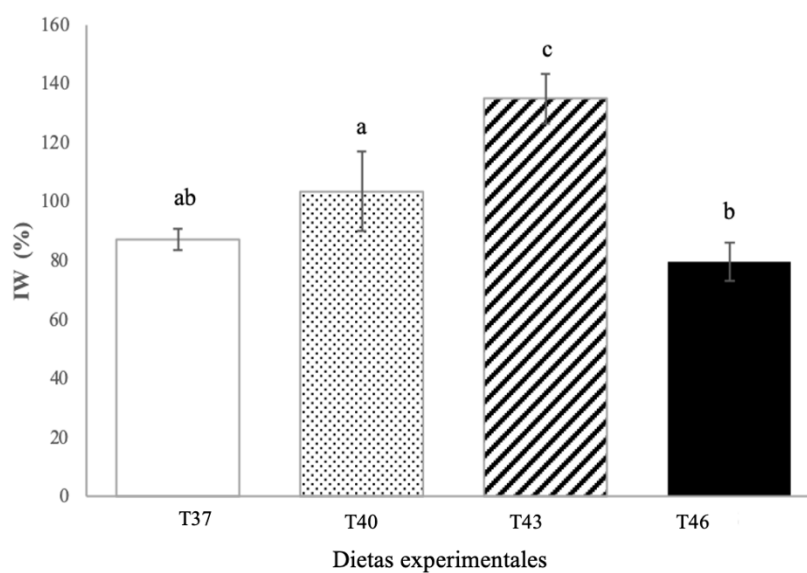
Comparando los resultados de TCEW de *G. laevisfrons* con la especie *Paralichthys adspersus*, la que obtuvo valores de 0,26 % día<sup>-1</sup> con una dieta de 60 % de proteína (Piaget 2011), se observa que esta última fue considerablemente menor. A pesar de ello, esta es la única especie de pez marino cultivada actualmente en el Perú, debido al interés del mercado y elevado precio. Esto podría ser compensado por el menor nivel de proteína que requiere *G. laevisfrons*, abaratando los costos del alimento, reforzando con esta información la posibilidad de proponer a *G. laevisfrons* como especie potencial en la acuicultura peruana.

El incremento de peso (IW%), durante los 71 días de experimento, presenta las mismas diferencias significativas que en el caso de la TCEW, siendo el T43 el que presentó el máximo valor con 134,95 %, seguido de 103,57; 87,17 y 79,55 % para T40, T37 y T46, respectivamente (Figura 11). En este caso, el valor obtenido para el T43 es superior al encontrado por Cruz (2019), quien tuvo 112,66 % en la dieta con 29 % de proteína.

Se ha encontrado que el lugar de origen de *G. laevisfrons* es un factor adicional a considerar dentro de la variación en el incremento de peso, además de la composición en dieta. Al comparar ejemplares provenientes de zonas de surgencia en relación a aquellos que no provenían de estas zonas, se encontró que los primeros tienen una mejor capacidad de destinar la proteína en dieta al crecimiento, gracias a la expresión de genes vinculados (Fuentes *et al.* 2017). En el caso de los ejemplares del presente estudio, estos vienen de una de las zonas de surgencia más importantes del mundo, en Chimbote (Rojas De Mendiola 1981), razón que puede haber influenciado a que en el presente trabajo se obtuviera un mayor incremento de peso en relación al encontrado en el trabajo mencionado, en donde se logró un incremento de menos de 1,5 g en 11 semanas.

Respecto a los resultados en *G. meztina* para este parámetro, se logró alcanzar valores de IW de  $79,90 \pm 4,96$ ;  $97,97 \pm 7,87$ ;  $100,20 \pm 6,71$  % y  $101,88 \pm 5,70$  %, para los niveles de proteína en dieta de 35, 40, 45 y 50 %, respectivamente. En ese trabajo el experimento tuvo una duración de 42 días, por lo que esos valores serían proporcionalmente mayores a los del presente experimento. Los resultados obtenidos para el nivel de proteína de 35 % fueron similares a los de T43 de este trabajo. Respecto a los IW obtenidos con los diferentes niveles de inclusión de *Spirulina* sp. se obtuvo valores de  $98,70 \pm 6,26$ ;  $99,68 \pm 2,41$ ;  $97,52 \pm 129$ ;  $79,36 \pm 6,36$  y  $78,35 \pm 5,75$  %, respectivamente, los cuales son similares a los obtenidos en este trabajo.

El incremento de peso obtenido por Flores & Rendic (2011) para juveniles de *G. nigra* fue de 993,5 %, en 196 días de experimento. Por lo cual, si se hace una comparación proporcional con el presente experimento, el valor para 71 días sería aproximadamente el doble al obtenido para T43.



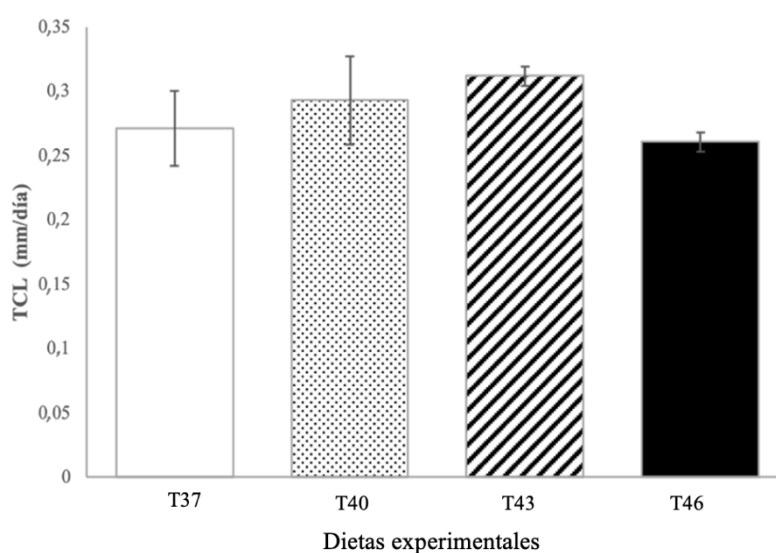
**Figura 11: Incremento de peso promedio (%) y desviación estándar de *Girella laevifrons* alimentadas con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

### **b. Crecimiento en longitud**

Con la dieta T43 se obtuvo el valor promedio más alto, seguido de T40, T37 y T46, respectivamente. Sin embargo la tasa de crecimiento en longitud (TCL) no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Por otro lado, fue en el T37 y T40 en donde la

desviación estándar fue mayor (Figura 12). Flores & Rendic (2011) encontraron TCL de 0,4 mm día<sup>-1</sup> para *G. nigra* que se asemeja al obtenido para la dieta T43, con 0,31 mm día<sup>-1</sup>.

La tasa de crecimiento específica en longitud (TCEL), presentó la misma tendencia que el anterior parámetro productivo, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos ( $p>0,05$ ). La TCEL que encontró Cruz (2019) fue de 0,28 % aproximadamente, valor inferior a los del presente estudio. En el caso del estudio realizado con *G. mezina* obtuvieron una TCEL de 0,26 %, también valor inferior a los 0,44 % encontrados para *G. laevifrons*.



**Figura 12:** Tasa de crecimiento en longitud (TCL mm día<sup>-1</sup>) promedio de *Girella laevifrons* alimentadas con cuatro dietas experimentales. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.

### c. Factor de conversión alimenticia

En relación al factor de conversión alimenticia (FCA), se encontró que el T43 fue numéricamente menor al resto de tratamientos. Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre T37, T40 y T46. (Figura 13). Los mayores valores estuvieron en las dietas T37 (2,15) y T46 (2,28) (Tabla 7, Anexo 13).

Se espera que el valor de factor de conversión alimenticia se encuentre cerca a uno. Si bien un valor elevado de factor de conversión alimenticia puede deberse a características propias de la especie, también puede darse debido a un mal manejo del alimento, por ejemplo, proporcionando las raciones en base a una tasa alimenticia muy alta, sin reajustarla en base

al alimento realmente ingerido por los peces o proporcionando un menor o mayor número de raciones (Xie *et al.* 2011). En el presente estudio se alimentó a los peces durante 15 días previos al experimento, en donde se inició con una tasa de alimentación del 5 %, terminando esta en 3 %, en base al alimento ingerido. Esta tasa se mantuvo durante todo el experimento modificandose la cantidad del alimento cada 15 días, en relación a los nuevos resultados de biomasa obtenida, ya que esta cantidad fue el 3 % de la biomasa.

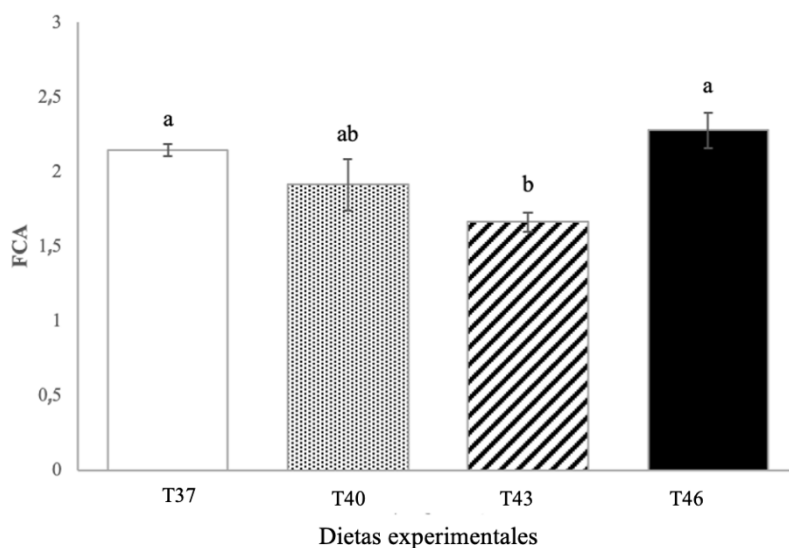
Cáceres (2014) determinó la tasa de ingesta (g alimento ingerido día<sup>-1</sup>) de juveniles de *G. laevisfrons* de aproximadamente 38 g, encontrando que esta fue 0,07 g día<sup>-1</sup>, similar a lo proporcionado de forma diaria en el presente trabajo (0,12 g día<sup>-1</sup>), por lo que al brindarse una cantidad adecuada se evita que el valor de FCA se vea subestimado o sobreestimado.

El valor obtenido por Flores & Rendic (2011) para juveniles de *G. nigra* de peso y talla similares al presente trabajo fue de 2,7, valor mayor a la dieta T43, en donde se obtuvo un FCA promedio de 1,66. A pesar de que en ambos trabajos se brindó una tasa alimenticia del 3 %, Flores & Rendic brindaron dos raciones, mientras que en este trabajo se brindaron tres, lo que podría haber influenciado sobre la conversión del alimento suministrado, que fue mejor en el caso de *G. laevisfrons*.

En un estudio de Yong & Maran (2014) encontraron un FCA de 1,31 para juveniles de la especie *O. fasciatus* alimentado con dieta con 42,5 % de proteína. Este valor es menor al encontrado para la dieta T43, lo cual podría estar relacionado a la tasa de alimentación que se le brindó, la cual fue del 2 %, mientras que en este estudio fue del 3 %. Es así que se contempló que los ejemplares consuman la totalidad del alimento suministrado y en base a eso se determinaba la tasa de alimentación; sin embargo, si se realizara un estudio dedicado a identificar la mejor tasa de alimentación en base al FCA y tasa de crecimiento, podría optimizarse la cantidad de alimento brindado, logrando así un mejor resultado. Se sugiere la tasa de alimentación y factor especie como posibles motivos de la diferencia en este valor, debido a que las condiciones físico químicas, manejo experimental, entre otros fue semejante.

Otro factor que puede influenciar sobre el FCA es la relación proteína digerible: Energía digerible (PD:ED), la cual se ha visto favorecida en dietas con una menor relación, con valores de energía más alta en especies como *S. aurata* y algunos salmónidos (Ekman *et al.* 2013). En el presente estudio, las dietas T40 y T43 fueron aquellas con las que se obtuvo

mejor FCA y en ese caso los valores de relación PD:ED fueron similares en ambos tratamientos (28,6 en ambos casos), siendo el nivel de ED superior en el caso de T43, dieta que presentó un menor valor de FCA. Esto quiere decir que un mayor nivel de energía favoreció al mayor aprovechamiento de la proteína presente en la dieta.



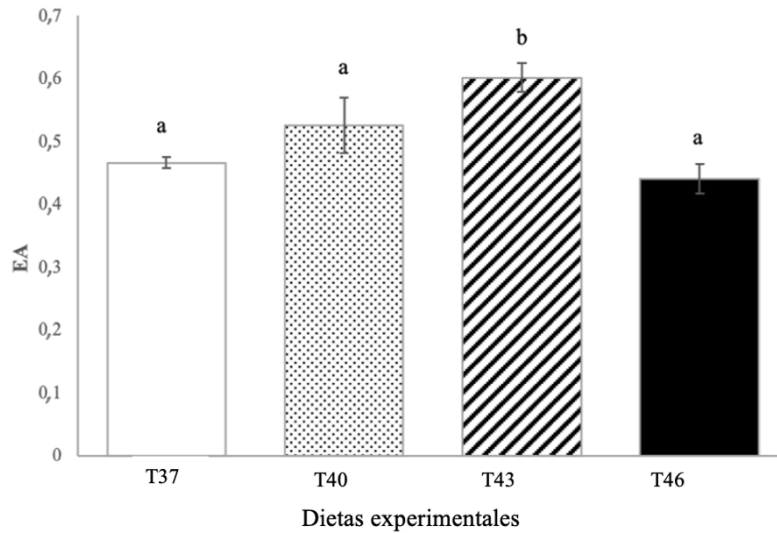
**Figura 13: Factor de conversión alimenticia (FCA) promedio de *Girella laevisfrons* alimentadas con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

#### **d. Eficiencia alimenticia**

La dieta T43 presentó una eficiencia alimenticia numéricamente mayor a todas las otras dietas, con un valor de 0,602 respecto a las demás (Tabla 7). Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las dietas T37, T40 y T46 (Figura 14, Anexo 14).

En juveniles de *O. fasciatus* se obtuvo una EA de 0,645 con una dieta de 40 de proteína y 0,699 con una de 45, obteniendo un máximo valor de 0,71 con 50 % de proteína (Kim *et al.* 2016a).

En el caso de una especie marina de interés en acuicultura como lo es *Salmo salar* (salmón) se encontró una EA de 0,61, con una dieta con 48 de nivel de proteína, siendo mayor la EA con un menor nivel de proteína (alrededor de 0,70 para un nivel de proteína de 43). Vemos que a pesar de ser una especie marina carnívora, presentó una EA similar a la del presente estudio, aunque estos fueron salmones de 137 g (Caro 2013).



**Figura 14:** Eficiencia alimenticia (EA) promedio de *Girella laevifrons* alimentadas con cuatro dietas experimentales. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.

#### e. Tasa de eficiencia proteica

La dieta T43 presentó el mayor valor numérico de la tasa de eficiencia proteica (TEP). Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas con los tratamientos T37 y T40 (Figura 15). La dieta T46 presentó una eficiencia proteica significativamente menor a todas con un valor de 0,951 (Tabla 7, Anexo 15).

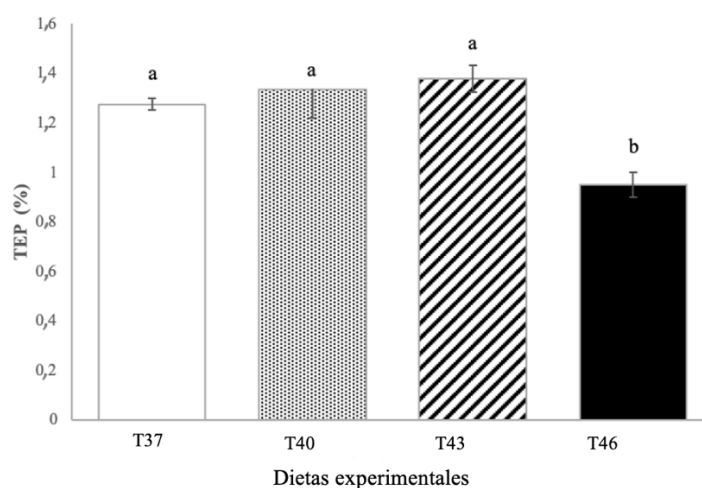
Se sabe que la TEP también se ve afectada con la energía en la dieta, encontrándose TEP superiores cuando el alimento contiene mayor cantidad de energía, lo cual suele suceder en la mayoría de teleósteos (Nankervis *et al.* 2000). Debido a que este experimento se realizó con la finalidad de comparar niveles de proteína y relación de PD:ED, los valores de energía fueron semejantes en todos los tratamientos

En 60 días de experimentación, se encontró que juveniles de *O. fasciatus* tuvieron una TEP de 2,10 para una dieta con 35 % de nivel de proteína (Kim *et al.* 2016a). Además se observó una relación inversa entre el nivel de proteína y la TEP, obteniendo un menor valor 1,22 para la dieta con 60 % de proteína. En el presente estudio, la dieta con nivel de 36,6 % de proteína obtuvo un valor muy por debajo, con 1,27, mientras que con T43 alcanzó el mayor valor de TEP, con 1,38, siendo menor a lo estimado en la especie anteriormente mencionada.



La eficiencia protéica obtenida para ejemplares de *M. cephalus* mostró una relación inversa, al igual que en lo encontrado con juveniles de *O. fasciatus*, en donde el mayor valor fue de 2,93 para 16 % de proteína, mientras que para 28 % fue de 2,09. En el presente estudio no hubo diferencias significativas entre los tres primeros niveles de proteína; sin embargo, el mayor nivel de proteína sí fue aquel que presentó el menor valor de TEP.

Las diferencias entre las especies mencionadas es explicada por Dabrowski (1979), quien menciona que la relación entre la proteína de la dieta y el TEP difiere de una especie a otra y guarda relación con la utilización particular de este nutriente como estrategia fisiológica. En el caso de *O. fasciatus* se trata de un omnívoro con tendencia a carnívoro, mientras que *G. laevisfrons* es un omnívoro con una menor proporción de componentes de proteína animal en dieta. Estas diferencias serían claves en la diferencia de la TEP, ya que el requerimiento de proteína de *O. fasciatus* es superior, mientras que en *G. laevisfrons* el T46 ya presenta valores de TEP, mostrando que hay un menor aprovechamiento de este nutriente, por encontrarse en exceso.



**Figura 15:** Tasa de eficiencia protéica (TPE %) promedio de *Girella laevisfrons* alimentadas con cuatro dietas experimentales Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína.

#### **f. Eficiencia de retención de proteína**

El mayor valor de eficiencia de retención de proteína (EFP) fue el de 27,68 %, perteneciente a la dieta T43, seguido de las dietas T37, T40 y T46, respectivamente (Figura 16). La dieta T46 fue aquella que difirió en mayor medida con T37 y T40 (Tabla 8).

La eficiencia de retención de proteína en teleósteos puede variar entre 25 y 45%, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente trabajo, en donde los valores fluctuaron entre 22% y 30%. Esta variación se puede deber a diversos factores, dentro de ellos las características propias de la especie, estado ontogénico y relación PD:ED en dieta (Kaushik 2000).

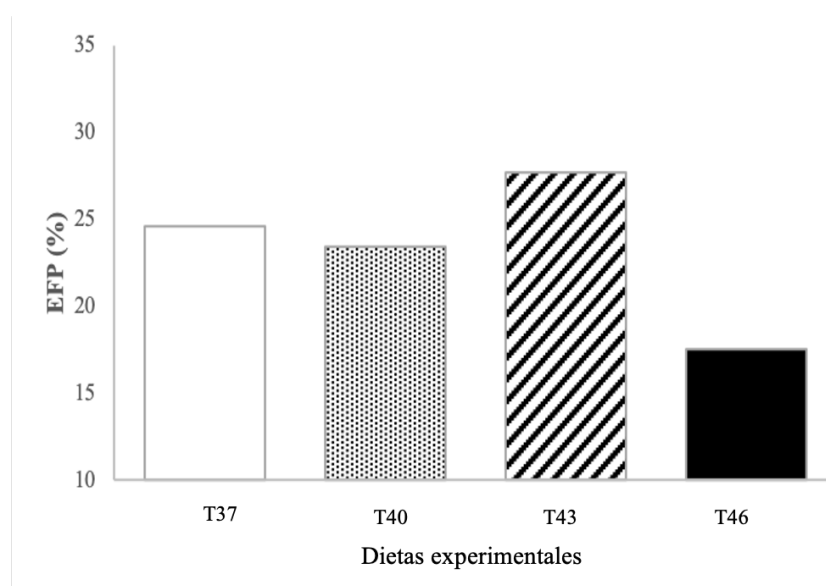
En juveniles de la especie *O. fasciatus* se obtuvo un valor similar en cuanto a retención de proteína para una dieta de 50 %, siendo esta de 29,3 %. Sin embargo, obtuvieron una mayor eficiencia con dietas de 35 %, con valores de 39,1 % de retención (Kim *et al.* 2016a). En el estudio mencionado, la EFP tiende a disminuir con el aumento del nivel de proteína, lo cual guarda relación con el presente trabajo, en donde la dieta con 46 % de proteína presentó el menor valor de retención con 17,51 %.

Si bien existen autores que mencionan que la retención de proteína disminuye conforme aumenta la proteína en dieta (Kim *et al.* 2005; Hossain *et al.* 2010; Zhang *et al.* 2010), un factor que también debe tomarse en cuenta es el nivel de energía en la dieta. Esto debido a que se ha encontrado que la retención de proteína puede variar según la especie y la relación PD:ED (Wang *et al.* 2006).

En el presente estudio el mayor valor de relación de PD:ED lo tuvo la dieta T46 con 31,57 mg kJ<sup>-1</sup>, siendo en este caso aquel tratamiento que presentó el menor valor de retención de proteína. Esto podría deberse a que la cantidad de energía por mg de proteína fue insuficiente, motivo por el cual hubo una baja acumulación de proteína en el cuerpo, lo cual concuerda con lo expresado por Wang *et al.*(2006) . Esta relación eficiente se encontró en un estudio realizado en juveniles de *P. olivaceus*, en donde aquellos ejemplares que fueron alimentados con un mayor nivel de energía y con una adecuada relación PD:ED en dieta, fueron los que acumularon la mayor proteína en el cuerpo (Yigit *et al.* 2001).

Lo mencionado anteriormente también guarda relación con los niveles más altos de nitrógeno amoniacal total en el agua, los cuales fueron observados en el tratamiento T46 (Figura 8), posiblemente vinculado con una deficiencia de energía en la dieta que permita la retención de la misma y por lo tanto, la proteína ha sido catabolizada originando mayor excreción de nitrógeno, según indica Kaushik (2000). De hecho, en salmónidos se ha encontrado que una buena relación PD:ED en dieta, tomando en cuenta un nivel de energía

que pueda ser adecuadamente metabolizado por la especie, permite mejorar la calidad de agua, ya que se da una mayor retención del nitrógeno y menor excreción del mismo (Ballestrazzi *et al.* 1994).



**Figura 16:** Eficiencia de retención de proteína de *Girella laevifrons* alimentadas con cuatro dietas experimentales. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.

#### **g. Eficiencia de retención de lípidos**

El mayor valor de eficiencia de retención de lípidos (EFL) fue el de 30,44 %, el cual se obtuvo en la dieta T37, seguido de las dietas T43, T40 y T46, respectivamente (Figura 17). La diferencia entre las dietas T40 y T43 fue únicamente de 1 %, mientras que la diferencia de estas con la dieta T46 fue de tres unidades (Tabla 8).

El mayor EFL en los ejemplares alimentados con la dieta de T37 podría tener relación con lo mencionado por Haidar (2017a), quien indica que la acumulación de lípidos en el cuerpo de los peces suele ser mayor en una proporción PD:ED menor. Esto concuerda con lo obtenido en la dieta T37, la cual presenta la menor relación PD:ED con 21,5, en relación a las otras dietas (Tabla 4) y es aquella que presenta mayor porcentaje de lípidos en cuerpo (Tabla 8). Esto también es mencionado por Kim *et al.* (2015), quienes indican que alimentar a peces con dietas bajas en proteína, puede generar una mayor acumulación de lípidos en el cuerpo.

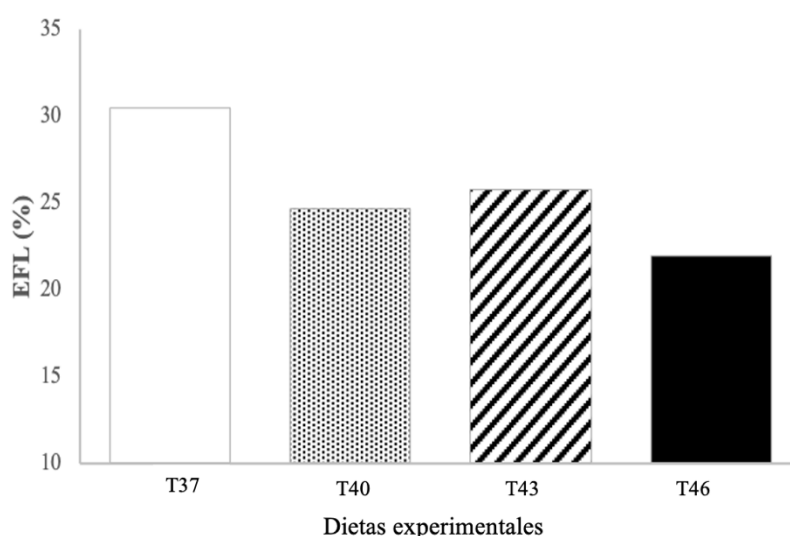
En un experimento realizado con juveniles de la especie *A. scapularis* se encontró una menor concentración de lípidos en el músculo (1,71 %) en los ejemplares que fueron tratados con

la dieta de menor nivel de proteína (40 % y 12 % de lípidos), mientras que el mayor porcentaje de lípidos en músculo (2,39 %) se encontró en la dieta de 48 % de proteína y 14,6 % de lípidos. Todos los valores de lípidos en cuerpo en el presente estudio fueron superiores a los obtenidos por Dionicio *et al.* (2017) para *A. scapularis*, a pesar de que las dietas que emplearon para esta especie contenían una considerable mayor proporción de lípidos que las entregadas a *G. laevifrons*. Otra situación que pudiese haber influenciado en el resultado posiblemente sea la metodología empleada, ya que en el presente trabajo se determinaron los lípidos para todo el cuerpo, mientras que en el trabajo de Dionicio *et al.* (2017) fue únicamente en el músculo.

**Tabla 8: Eficiencia de retención de proteínas y lípidos y composición de proteína y lípidos en cuerpo de juveniles de *Girella laevifrons* en porcentaje de peso seco al final del experimento alimentados con cuatro dietas comerciales (T37, T40, T43, T46).**

	Dietas experimentales			
	T37	T40	T43	T46
EFP (%)	24,60	23,46	27,68	17,51
EFL (%)	30,44	24,61	25,74	21,96
Proteína	15,33	15,06	16,68	14,67
Lípidos	2,9	2,58	2,72	2,55

Donde: EFP: Eficiencia de retención de proteína, EFL: Eficiencia de retención de lípidos.



**Figura 17: Eficiencia de retención de lípidos en *Girella laevifrons* alimentadas con cuatro dietas experimentales. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

## **h. Tasa de supervivencia**

La tasa de supervivencia para todos los tratamientos fue del 100 %. Esto reforzaría lo mencionado por autores como Vásquez & Celis (2014) y Aguilar & Avilés (2016) quienes mencionan que la especie se aclimata con facilidad a las condiciones de cautiverio. La diferencia con los resultados de supervivencia en el caso de Cruz (2019) en donde tuvo valores mínimos de 29 % y máximos de 50 % en los 30 días de experimento podría deberse, según menciona, a una incorrecta manipulación para la toma de peso y talla, en donde se observó un cambio de coloración debido al estrés propio generado por las biometrías, aunado a que trabajó con alevines de la especie, que tienen una menor resistencia a estas condiciones,. En el trabajo realizado por Huang (2019) con *G. mezzina* también obtuvieron un 100 % de supervivencia, al igual que en el presente estudio.

Al trabajar con juveniles de *Graus nigra* se obtuvo 80 % de supervivencia. Sin embargo, mencionan que esto se dio debido a cortes de agua que ocasionaron la mortalidad, por lo que estaría relacionado a inconvenientes en el manejo (Flores & Rendic 2011).

### **4.1.3 Determinación de requerimiento de proteína**

El requerimiento de proteína para juveniles de *G. laevifrons* mantenidos a una temperatura promedio de 20,40 °C, obtenido mediante el modelo de línea quebrada, fue de 40,64 % (Figura 18) y mediante regresión polinomial de segundo orden, fue de 41,61 % (Figura 19). El requerimiento de proteína no había sido estimado mediante este método anteriormente para la especie.

Para asegurar un mayor crecimiento, lo recomendable sería tomar el valor de 41,61 %, obtenido mediante la regresión polinomial de segundo orden. Esto debido a que se ha encontrado que el modelo de línea quebrada puede subestimar el requerimiento, debido a la característica del modelo. El modelo consta de una línea inclinada hacia arriba, seguida de una línea horizontal teniendo un punto de intersección, en base al cual se determina el requerimiento (Robbins 1986). En caso de tener un nivel de nutriente superior, que de a lugar una disminución en el incremento de peso (como se dio en el caso de T46), el modelo podría subestimar el requerimiento de este nutriente (Lafeta *et al.* 2010), motivo por el cual se toma el valor del modelo de regresión polinomial de segundo orden, el cual fue superior.

Este resultado de requerimiento fue obtenido a partir del parámetro productivo incremento de peso (IW), el cual fue mayor al aumentar el nivel de proteína en dieta cuando se trató de las dietas T37, T40 y T43, sin embargo en la dieta T46 este parámetro disminuyó. Esta disminución hace que tanto el modelo de línea quebrada como el de regresión polinomial de segundo orden estimen que existe un nivel de proteína menor al de T43, en el cual se obtendría un mejor resultado, motivo por el cual los valores de requerimiento obtenidos son menores a 43,7 %.

La diferencia en el valor de requerimiento de proteína se debe al método utilizado para ello. Baker (1986) menciona que cuando se compara el modelo de línea quebrada con otro método de ajuste, el requerimiento suele ser menor para el primer modelo, lo cual concuerda con lo observado en el presente trabajo. Es importante hallar el requerimiento con ambos métodos, ya que son los más utilizados para la determinación de requerimiento nutricional, por lo que permite la comparación adecuada con otros trabajos. Sin embargo, la toma de decisión del valor de proteína se seleccionará en función a los costos biológicos y productivos que implica tomar uno y otro valor (Robbins *et al.* 2006).

En un estudio se realizó una estimación del contenido de proteínas y energía que contenía el alimento que consumen de forma natural ejemplares juveniles de *G. laevisfrons*, de pozas del intermareal de Las Cruces - Chile Central. Tomando en cuenta los ítems encontrados en el análisis estomacal, consideraron que sus dietas podían contener 17,41 % y 16,25 kJ g<sup>-1</sup> de proteína y energía, respectivamente. Al contar con esta información, ellos realizaron un experimento por 10 días, probando dietas con harina de macroalgas y una base de agar, celulosa y almidón, con niveles de proteína de 5, 10 y 20 %; sin embargo, encontraron tasas de crecimiento negativas para todos los tratamientos, a excepción de aquella dieta que tuvo 20 % de proteína, aunque con una tasa de crecimiento reducida, por lo que se consideró como el requerimiento mínimo de proteína (Cáceres 2004).

Respecto al estudio realizado para *G. mezzina*, se encontró que con el aumento del contenido de proteína en dieta, existió un incremento de peso, considerando el nivel de proteína óptimo 40 % (Huang 2019). Este resultado fue obtenido mediante el modelo de línea quebrada y el valor que se asemeja al encontrado para *G. laevisfrons*.

A pesar de que las macroalgas son reportadas como uno de los principales alimentos de esta especie, este componente de las dietas de juveniles de *G. laevisfrons* tienen la particularidad de contar con entre 10 y 20 % de proteína (Frikha *et al.* 2011), valor que le confiere a la especie la característica de alimentarse varias veces al día y tener un crecimiento lento, encontrándose incluso tasas de crecimiento negativas al alimentar a juveniles de la especie con dietas de 20 % de proteína. Por este motivo se menciona que las macroalgas podría servirle como mantenimiento, necesitando una fuente de proteína animal para un mayor crecimiento (Cáceres 2004). Además, existen trabajos que evidencian la dependencia de dietas con altos niveles de proteína de parte de la especie, como el trabajo Fuentes *et al.* (2017), en donde dietas de más de 50 % de proteína permitieron alcanzar un mayor incremento de peso en relación a dietas ricas en fibra y carbohidratos, pero en este trabajo no se menciona la fuente de esta proteína.

Dentro de los estudios realizados en peces herbívoros se menciona que, de consumir únicamente dietas en base a macroalgas, podría existir una baja supervivencia o crecimiento limitado, por lo cual al exponerse a periodos de crecimiento o reproducción sería necesario incluir componentes de origen animal en la dieta (Benavides *et al.* 1994). Otra de las pocas especies de peces marinos que han sido catalogados como herbívoros y consumen macroalgas en sus dietas naturales, es *C. violaceus*, con la cual se realizó un estudio con dietas con diferentes niveles de proteína formuladas en base a macroalgas, obteniendo crecimientos mínimos con 10 % de proteína. Es así como Fris & Horn (1993) mencionan que en los sistemas naturales donde las dietas reales pueden ser limitadas en nutrientes, los peces rara vez crecen a tasas máximas, como lo pueden hacer en sistemas acuícolas controlados. Esto explicaría por qué en el presente trabajo la especie *G. laevisfrons* tiene un crecimiento superior al alcanzado con la dieta formulada por Cáceres (2004), quien buscaba imitar a aquella que se encuentra en el medio natural.

Así mismo, Horn *et al.* (1995) realizaron un experimento con *C. violaceus* proporcionando la dieta con 10 % de proteína únicamente proveniente de macroalgas y comparándola con una dieta con 30 y 50 % de proteína, con incorporación de caseína, en donde encontraron que el máximo crecimiento se logró con 30 % de proteína, mientras que con 50 % el crecimiento fue menor, incluso al de 10 % de proteína. Esto coincide con lo registrado en el presente trabajo, en donde se tiene un incremento de peso menor con 46 % de proteína para *G. laevisfrons*. El valor del máximo crecimiento en *C. violaceus* tal vez podría haber sido

superior si se trabajaba con una dieta entre el 30 y 50 %, como en el presente estudio, en donde ha sido determinado con 40,64 % de proteína.

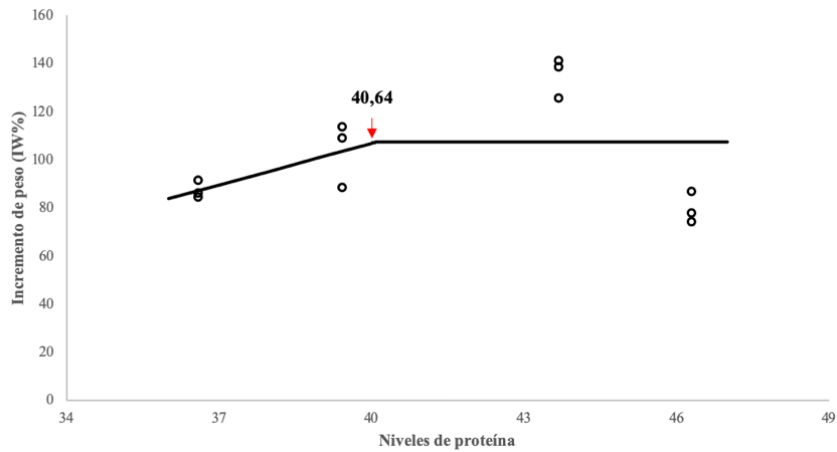
La mayoría de estudios en los que se ha determinado el requerimiento nutricional son especies omnívoras o carnívoras, con niveles tróficos superiores a los de *G. laevisfrons*. En el caso de juveniles de *O. fasciatus*, se evaluaron cuatro niveles de proteína (35, 40, 45 y 50 %) y dos de energía (12,5 y 14,6 kJ g<sup>-1</sup>), determinando que el nivel óptimo fue 45 % y energía de 14,6 kJ g<sup>-1</sup> con una relación P:E de 31,1 mg kJ<sup>-1</sup>, lo cual ha sido anteriormente registrado para especies con similar nivel trófico a esta especie (Alam *et al.* 2008).

Valores similares a los encontrados para *G. laevisfrons* se han dado para especies como la basa blanca *Morones chrysops*, con un valor de 41 %, a pesar de ser carnívoros (Rudacille y Kohler 1998). Valores menores de requerimiento proteico se han encontrado en especies como la lisa *M. cephalus* de aproximadamente un gramo (28 %), sin embargo, este estudio se realizó con el ecotipo de agua dulce (El-Dahhar *et al.* 2011). Esta especie es planctófaga y según estudios de Villanueva (2017) tendría una dieta con preferencia por copépodos (88 %) y diatomeas.

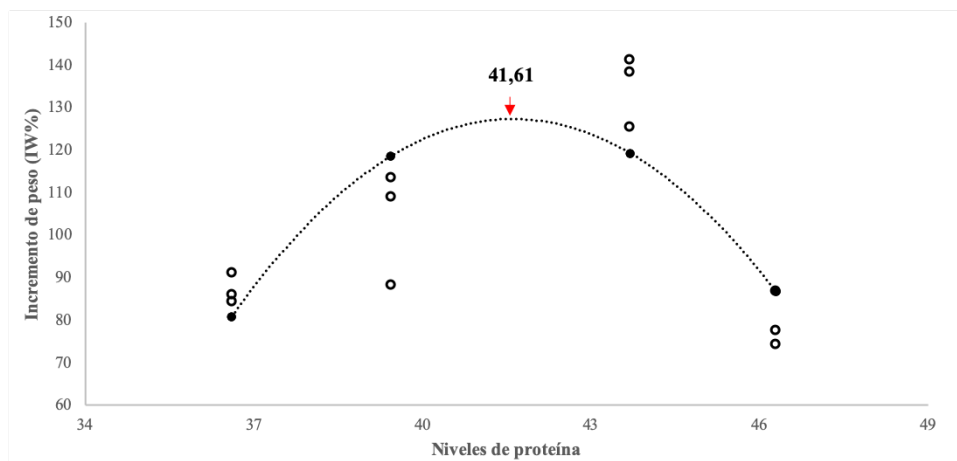
Para juveniles de *P. adspersus* encontraron que el nivel de proteína para alcanzar el mayor incremento en peso fue 54 %, haciendo uso del modelo de línea quebrada y 57 % con el de regresión polinomial. Este valor es bastante superior al del presente trabajo, debido a los hábitos alimenticios de las especies, en el caso del lenguado son ejemplares carnívoros que requieren de un mayor nivel de proteína para su máximo crecimiento, mientras que *G. laevisfrons* es una especie omnívora.

Cuando se realiza la comparación de este tipo de trabajos sobre requerimiento de proteína, es importante tomar en cuenta que este puede variar en función a factores como la talla de pez, la época y sistema de cultivo, la calidad de proteína incluida en dieta, así como parámetros físico químicos y tasa de consumo de alimento (Piaget 2010).





**Figura 18:** Curva de regresión línea quebrada para determinar el requerimiento de proteína de *Girella laevis* utilizando el parámetro productivo incremento de peso (IW%).



**Figura 19:** Curva de regresión polinomial de segundo orden para determinar el requerimiento de proteína de *Girella laevis* utilizando el parámetro productivo incremento de peso (IW%).

## 4.2 FASE EXPERIMENTAL II: DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE

### 4.2.1 Parámetros de calidad de agua

Durante la etapa de determinación del coeficiente de digestibilidad los parámetros de calidad de agua se mantuvieron semejantes a la etapa anterior. Sin embargo, dado que se realizaron dos limpiezas del acuario al día, debido a la recolección de heces por la mañana y tarde, los niveles de amonio que se encontraron fueron aún menores, a pesar de brindar alimentación *ad libitum* (Tabla 9).

Con respecto a la temperatura, se ha encontrado que la selectividad termal depende del tipo de alimento que se les brinde. En el experimento de Pulgar *et al.* (2003) encontraron que los peces alimentados con algas seleccionaron temperaturas bajas (10-13°C), mientras que aquellos alimentados con bivalvos prefirieron temperaturas intermedias (16-19°C). Esta estrategia podría estar siendo adoptada por los peces para conservar energía al tener una dieta de menor calidad (algas) y optimizar procesos digestivos para una dieta de mayor calidad (bivalvos) en una temperatura intermedia. Es importante mencionar que las temperaturas fueron tomadas en cuenta en base a los cambios que se dan en la zona intermareal de Isla Negra (Chile), aguas costeras de menor temperatura que las encontradas en la zona de colecta del presente trabajo.

**Tabla 9: Parámetros de calidad de agua en cuatro tratamientos durante la fase experimental II, de juveniles de *Girella laevis*. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Parámetro	Unidades	Tratamientos			
		T37	T40	T43	T46
Temperatura	°C	20,56 ± 0,55	20,54 ± 0,62	20,57 ± 0,55	20,61 ± 0,57
Oxígeno Disuelto	mg L <sup>-1</sup>	6,18 ± 0,27	6,17 ± 0,26	6,08 ± 0,36	6,17 ± 0,27
Saturación de oxígeno	%	83,75 ± 2,39	83,33 ± 2,32	82,64 ± 2,23	83,85 ± 2,83
pH		8,01 ± 0,07	8,00 ± 0,05	8,04 ± 0,03	8,03 ± 0,02
Conductividad	mS cm <sup>-1</sup>	5,30 ± 0,03	5,29 ± 0,02	5,23 ± 0,02	5,28 ± 0,02
Nitrógeno amoniacal total (NAT)	mg NAT L <sup>-1</sup>	0,054 ± 0,013a	0,054 ± 0,013a	0,064 ± 0,023b	0,088 ± 0,021c
Salinidad	‰	34,14 ± 0,10	34,12 ± 0,11a	34,12 ± 0,11	34,12 ± 0,11

Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ )

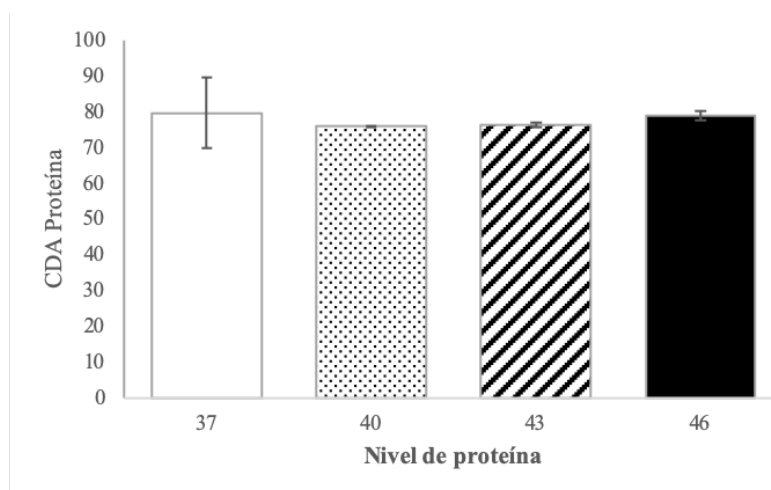
#### 4.2.2 Coeficiente de digestibilidad aparente de proteína

Los valores de digestibilidad fueron similares en los cuatro tratamientos, teniendo un valor mínimo de 75,91 % para el tratamiento T40 y máximo de 79,66 % para el tratamiento T43 (Figura 20). Los resultados del presente estudio demostraron que el CDA de proteína no fue afectado por los niveles de este nutriente en dieta (Tabla 10). Se ha encontrado que el CDA para proteína en especies omnívoras, puede variar entre 70 % en especies como *Cyprinus carpio*, a 90,7 % en *Oreochromis niloticus* (Vasquez-Torres *et al.* 2010). Estas diferencias pueden estar vinculadas con las variaciones en las características del sistema digestivo de cada especie (Pezzato *et al.* 2002).

**Tabla 10: Coeficiente de digestibilidad aparente y desviación estándar en las dietas experimentales de *Girella laevisfrons*.**

Dieta experimental	CDA proteína	CDA lípidos	CDA energía
T37	79,60 ± 9,81a	96,94 ± 0,37a	63,04 ± 17,84a
T40	75,91 ± 0,13a	93,61 ± 0,89ab	63,97 ± 0,91a
T43	79,66 ± 0,61a	96,10 ± 0,23ab	68,49 ± 0,04a
T46	78,96 ± 1,21a	94,24 ± 0,99b	68,54 ± 0,60a

Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ )



**Figura 20: Coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína, en las dietas experimentales, para juveniles de *Girella laevisfrons*.**

Dentro de la mayoría de estudios realizados en teleósteos se ha encontrado que al incrementar los niveles de proteína y aminoácidos disponibles en dieta se favorece a la síntesis de enzimas en el tracto digestivo, facilitando la degradación de moléculas y por lo tanto la digestibilidad (Jobling 1986). En este caso, no se encontraron diferencias entre los niveles de proteína, lo cual podría deberse a que se hizo uso de la misma fuente de proteína principal, que fue la harina de pescado en proporciones que variaron entre 50 y 70 % para el tratamiento de menor y mayor nivel de proteína, respectivamente.

Vásquez & Córdova (2014) trabajaron con alevinos de *G. laevisfrons* probando dietas con 92,12 % de harina de pescado y 92,12 % de torta de soja, obteniendo un CDA promedio de 81,95 y 62,04 %, respectivamente. El valor encontrado para la dieta con harina de pescado es similar y ligeramente mayor al encontrado en este trabajo para la dieta T43 con 79,66 %

de CDA. Esto podría deberse a que el porcentaje de harina de pescado empleado para esta dieta fue de 64 % (Tabla 3), mientras que en el otro trabajo fue de casi un 30 % mayor.

En el estudio de Aguilar & Avilés (2016) se obtuvo un CDA de proteína de 79,90 % para una dieta con 96 % de harina de pescado. En este caso el valor es similar al obtenido para la dieta T43, a pesar de tener una inclusión de insumo bastante superior. La diferencia en los valores de digestibilidad para una misma especie puede deberse a la variación en la calidad de harina de pescado empleada, la cual cambia en función a su origen, procesamiento y almacenamiento (Vásquez – Torres *et al.* 2010).

Se realizó un estudio con dos dietas con ensilado de *Caulerpa flegelliformis* y *Salicornia fruticosa*, obteniendo valores de CDA de proteína de 22,6 y 38,24 %, respectivamente. Ambos valores bastante inferiores a los encontrados en el presente trabajo, en este caso ambas dietas fueron con fuentes proteicas de origen vegetal (Vásquez – Torres *et al.* 2010). Esto está relacionado con lo encontrado por Cáceres (2004) al trabajar con dietas en base a macroalgas, encontrando que *G. laevifrons* presenta bajas tasas de asimilación, debido a una disminución en la acción de enzimas encargadas de la degradación en el tracto digestivo.

Los resultados obtenidos por Calderón (2010) en CDA para la especie carnívora *S. salar* con dietas de 39, 43 y 48 % de proteína fueron de 94,9; 94,5 y 90,5 % respectivamente, valores superiores a los encontrados en el presente trabajo. El contenido de harina de pescado en este caso fue inferior al utilizado, siendo 33; 36,5 y 40,5 %, respectivamente, por lo cual el porcentaje de harina de pescado empleado no sería el motivo de esta diferencia. Es importante mencionar que las dietas empleadas para *S. salar* tuvieron un mayor porcentaje de lípidos, siendo estas entre 22 y 23 %, mientras que en este experimento estuvieron alrededor del 7 %.

Se realizó un estudio con la especie *Oreochromis niloticus*, para determinar el CDA de una dieta con 30 % de harina de pescado (45,9 % de proteína) y otra con 10% (33,8 % de proteína), encontrándose valores de CDA de 71,3 % y 75,9 %, respectivamente, sin diferencias significativas entre ambas (Gutiérrez- Espinosa *et al.* 2011), estos valores se asemejan a los encontrados en este estudio.

Pezzato *et al.* (2002) mencionan que la variación en los valores de CDA pueden darse entre especies debido a la particularidad de su estructura y función digestiva. Otro de los factores que podrían afectar a la digestibilidad de proteínas es el porcentaje de carbohidratos, los cuales se recomiendan estén entre 8 y 12 % en la dieta, sin embargo, las dietas comerciales suelen tener valores superiores a estos (National Research Council (NRC) 2011). Los carbohidratos suelen tener una baja digestibilidad, siendo el almidón el único polisacárido que puede ser aprovechado gracias a enzimas endógenas que poseen los peces marinos y que además puede ser usado como aglutinante (Storebakken *et al.* 2000). En el trabajo de Fuentes *et al.* (2017) se encontró que con una dieta de 50 % carbohidratos y 50 % fibra se obtuvo la menor ganancia de peso, en relación a las dietas ricas en proteína, lo cual, según mencionaron, se debe a la limitada capacidad de digestión de los peces.

En el presente estudio los valores de carbohidratos fueron de 27,5; 23,9; 19,3 y 15,9 % para los tratamientos T37, T40, T43 y T46, respectivamente. Sin embargo, parte del aporte de carbohidratos a la dieta provino de almidón de maíz, el cual estuvo entre 4 – 8 % en la dieta, por lo que la repercusión generada por este nutriente sería menor. Además, según los resultados no existieron diferencias significativas en la CDA de proteína, a pesar de la variación en el nivel de carbohidratos entre tratamientos, por lo que en este caso los valores de este nutriente no habrían influenciado en la CDA de las mismas, pero sí podría haber generado una disminución del CDA para todos los casos, ya que se han encontrado valores superiores en otros estudios (Hussain *et al.* 2011; Rawles & Gatlin 2000).

#### **4.2.3 Coeficiente de digestibilidad aparente de lípidos**

Los resultados obtenidos para los cuatro tratamientos fueron semejantes, teniendo un valor mínimo de 93,6 % para el tratamiento T40 y máximo de 96,94 % para el tratamiento T37, existiendo únicamente diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambos tratamientos (Tabla 9; Figura 21). Estos valores indicarían que existe un buen aprovechamiento de lípidos por parte de la especie, encontrándose promedio de lo que se suele obtener para especies con hábitos omnívoros y carnívoros (Grisdale *et al.* 2007). Se ha encontrado en otros trabajos que suele ser el nutriente con los valores de CDA más altos, posiblemente debido a que existe una dependencia de este para la obtención de energía, ácidos grasos esenciales, metabolismo celular, estructura de membranas y pigmentos (Gillaume 2004).

Con la especie *S. salar* se encontró una relación similar entre el nivel de proteína y el CDA de lípidos, teniendo el mayor valor de CDA en la dieta con menor nivel de proteína, siendo esta de 96,8 % para una dieta con 39 % de este nutriente y de 92,4 % para una dieta con 48 % de proteína. Calderón (2010) encontró que los valores de CDA de lípidos son superiores a los de proteína y energía, lo cual podría adjudicarse a la dependencia de este nutriente para el metabolismo, jugando un rol importante en la obtención de energía, ácidos grasos y generación de estructuras de membrana (Guillaume 2004), esto se dio en el presente estudio, ya que los valores de CDA fueron superiores para lípidos.

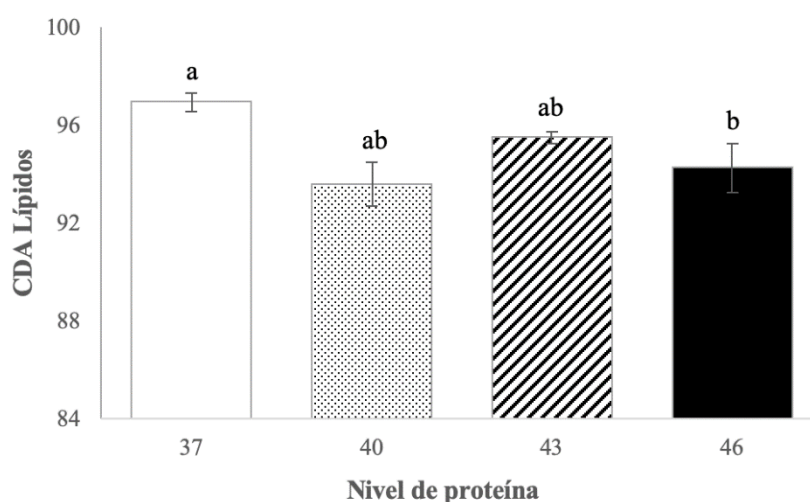
Olsen & Ringo (1997) mencionan que es posible que exista una correlación entre hábitos alimenticios de las especies carnívoras y una mayor actividad de lipasa en el estómago, en comparación con los herbívoros y omnívoros. Sin embargo, es importante tomar en cuenta el origen de los lípidos en dieta. Por ejemplo, en un estudio realizado con la especie *Macullochella peeli peeli* encontraron una mayor digestibilidad de lípidos (95 %) en una dieta en donde la fuente principal de este macronutriente fue aceite de pescado, mientras que en dietas en donde la fuente fue aceite de oliva y girasol, este fue menor (entre 90 y 93 %) (Francis *et al.* 2007). Aun así el valor encontrado para esta especie es menor al reportado en el presente trabajo para *G. laevisfrons*, en el cual las dietas tuvieron como principal fuente de este nutriente al aceite de pescado.

Los altos valores de digestibilidad de lípidos en este trabajo también indicarían que el nivel de carbohidratos en las dietas no afectaron la digestibilidad, ya que la inclusión de este macronutriente suele tener un mayor efecto sobre el CDA de los lípidos, incluso más que de las proteínas (Hillestad *et al.* 2001).

En el presente trabajo los valores de lípidos en dieta fluctuaron entre 7,6 y 9 %, porcentajes que no parecen haber afectado en la diferencia en el CDA entre las dietas evaluadas, debido a que la diferencia significativa estuvo entre el tratamiento T37 (7,6 % de lípidos en dieta) y el T46 (8,9 % de lípidos en dieta), mientras que no hubo diferencias entre el T37 y T43, que presentó un mayor porcentaje de lípidos en dieta. Sin embargo, en un estudio realizado para *Atractosteus tropicus* sí se encontró una diferencia en el CDA en función al porcentaje de lípidos en dieta, pero comparando dietas con porcentajes con un mayor rango de variación de este macronutriente. En este caso el menor CDA se dio con una dieta con cinco por ciento

de lípidos (71,12 %), mientras que no hubo diferencias significativas para dietas con 10, 15 y 20 % de lípidos (Huerta – Ortiz *et al.* 2018).

El conocer el CDA de lípidos para los diferentes niveles de inclusión, permite tener la posibilidad de reducir y ahorrar en la cantidad de proteína que se utiliza, para lograr un incremento en el crecimiento, disminuyendo el costo asociado a los insumos necesarios para el incremento de proteína en dieta (harina de pescado) (Heller 2006).



**Figura 21:** Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) para lípidos, en las dietas experimentales, para juveniles de *Girella laevifrons*. Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre niveles de proteína.

#### 4.2.4 Coeficiente de digestibilidad aparente de energía de la dieta

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 10) ( $p > 0,05$ ), sin embargo los menores valores se encontraron en T37 y T40, mientras que los mayores en T43 y T46 (Figura 22). A pesar de no existir diferencias significativas, uno de los factores que suele influir en la digestibilidad de la energía es el contenido de carbohidratos de la misma, lo cual ha sido encontrado en diferentes trabajos y podría guardar relación con los mayores valores en las dietas T43 y T46 (Chi *et al.* 2017), sin embargo, existen otros factores que podrían influenciar.

Los CDA para la energía estuvieron entre 60 y 68 %, valores que se encuentran por debajo de los valores los que suelen ser encontrados en otras especies de interés comercial. Vásquez

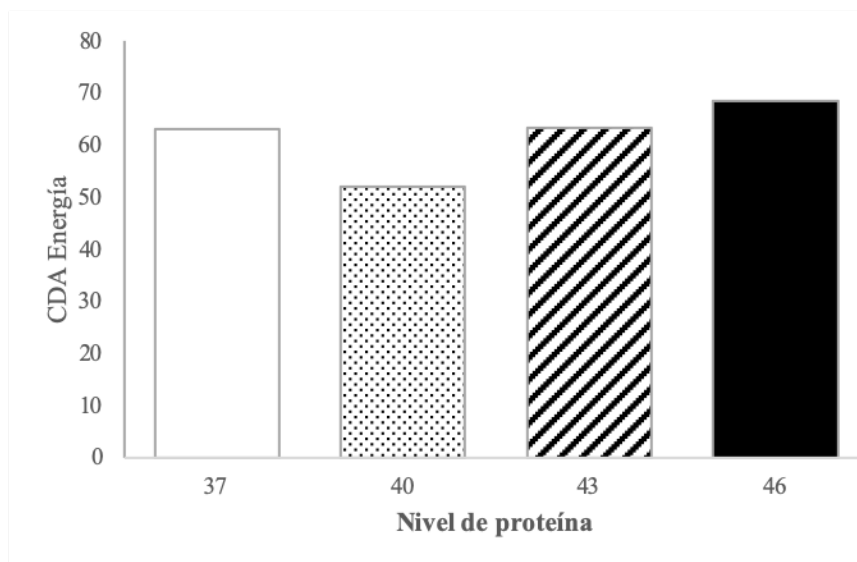
*et al.* (2010) mencionan que los CDA para energía suelen estar por encima del 80% para dietas formuladas con insumos de origen animal y menores a este porcentaje para aquellas con las que se utilizaron ingredientes de origen vegetal.

Resultados similares se encontraron para la especie *Seriola lalandi*, en donde obtuvieron 62,2 % de CDA de energía para una dieta con harina de pescado en un 30 % de inclusión (Dam *et al.* 2019), mientras que en este trabajo se alcanzó un CDA de 68,54 % para una dieta con 70 % de inclusión de harina de pescado.

Utilizando harina de pescado del Perú en la especie *Sparus latus*, se encontró un CDA de la energía bruta de 77,4 % (Wu *et al.* 2006), similar al encontrado en la especie *Cromileptes altivelis* con 77,2 % de CDA (Lainig *et al.* 2003). Al probarse diferentes dietas en la especie de pez marino *Melanogrammus aeglefinus*, se obtuvo un CDA de energía de 92,2 % para un nivel de inclusión del 30 % de harina de pescado, mientras que el valor más bajo fue de 70,4 % para harina de langostino (Tibbetts *et al.* 2004). En el caso de la especie *L. guttatus* se alcanzaron CDA de 89 % utilizando harina de pescado de origen marino, con *G. morhua* fue de 92,8 % haciendo uso de harina de arenque (Tibbetts *et al.* 2006) y *Paralichthys olivaceus* fue de 90,3 % trabajando con harina de anchoveta (Rahman *et al.* 2016).

La mayoría de resultados obtenidos en otros trabajos resultan ser mayores a los que se encontró en el presente trabajo. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que estos trabajos son realizados en especies omnívoras con tendencia a carnívoras, las cuales suelen tener altos CDA para energía con productos de origen animal (Zhou *et al.* 2004) y son pocos los trabajos en especies omnívoras con un importante componente de macroalgas en dieta como en el caso de *G. laevisfrons* (Sugiura *et al.* 2000). Sin embargo, dado los resultados obtenidos respecto a la retención de proteína, se podría deber a la baja energía digestible en dieta, la cual estaría siendo deficiente para retener este nutriente.





**Figura 22:** Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la energía, en las dietas experimentales con diferente nivel de proteína, para juveniles de *Girella laevis*.

#### 4.2.5 Relación Proteína Digestible : Energía Digestible

La relación PD:ED de la dieta T46 mostró un valor superior siendo este 31,57 mg kJ<sup>-1</sup> (Tabla 11). Justamente es en este tratamiento en que se generaron los mayores valores de nitrógeno amoniacal total en el agua, lo cual indicaría que la energía en relación a la cantidad de proteína no fue suficiente para la retención de la proteína, motivo por el cual se catabolizó y excretó. Tran-Duy *et al.* (2008) mencionan que al incrementar el nivel de energía en dieta se minimiza la utilización de proteínas como fuente de energía, aumentando la eficiencia de retención de dicho nutriente y reduciendo así la excreción de compuestos nitrogenados. Sin embargo, en este caso al ser superior la relación PD:ED en dieta, se tuvo una deficiente energía y la excreción fue también mayor (Figura 8).

Además, en diferentes estudios se ha encontrado que un aumento en la ED y por lo tanto, una disminución en la relación PD:ED, da como resultado una mejor retención de proteína y una disminución de la excreción de nitrógeno amoniacal, como se da en el caso de T37 en donde se presentan los menores valores de este compuesto (Tabla 6) y se logra la mayor retención de proteína en el cuerpo (Mustapha *et al.* 2013). En el presente estudio la mayor retención de proteína se dio con la dieta T37, seguidas de las dietas T40 y T43, las cuales habrían podido retener un mayor porcentaje de proteína debido a que esta no tuvo que ser utilizada como fuente de energía, como podría haber sido el caso de la dieta T46, en donde los ejemplares mostraron la menor retención.

Pocas son las especies de peces marinos de importancia comercial con hábitos omnívoros, como es el caso de *G. laevifrons*. En un estudio realizado en el pez omnívoro *G. morhua* se encontraron los mejores resultados en FCA y eficiencia proteica con una dieta de 52 % de proteína y una relación PD:ED de 26,4 mg kJ<sup>-1</sup>. En ese trabajo se menciona que al encontrarse cubiertas las necesidades energéticas, las proteínas pueden ser utilizadas para el crecimiento (Morais *et al.* 2001). Esto mismo se encontró en el pez omnívoro jundiá (*Rhamdia quelen*) en donde menores relaciones PD:ED (25,5 mg kJ<sup>-1</sup>) dieron a lugar la obtención de mejores parámetros productivos como incrementos de peso, tasa de retención de proteínas y factor de conversión alimenticia (Panné 1991).

En el caso de peces de agua dulce con hábitos omnívoros, existe un mayor número de especies comerciales en las cuales se ha estudiado la relación PD:ED. Un ejemplo es la gamitana (*C. macropomum*), en la cual se determinó que a medida que se incrementaba la energía digestible en dieta se lograba a su vez un incremento en la ganancia de peso, eficiencia proteica y conversión alimenticia. Sin embargo, el nivel de energía debe ir acorde con la capacidad metabólica de la especie, ya que de no ser así un elevado nivel de energía puede afectar el crecimiento de forma negativa (Gutiérrez *et al.* 2009). En el caso de *O. niloticus* se encontró que el crecimiento y retención de proteínas disminuyó linealmente con el aumento de la relación PD:ED, lo cual guarda relación con los trabajos mencionados anteriormente. Además, no encontraron una relación PD:ED óptima sino más bien se recomienda trabajar con valores inferiores a 17 mg kJ<sup>-1</sup>, valor inferior al del presente estudio (Haidar *et al.* 2017b).

**Tabla 11: Proteína y Energía Digestible de las dietas experimentales. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

<b>Dietas</b>	<b>PD (%)</b>	<b>ED (kJ g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Relación PD:ED (mg kJ<sup>-1</sup>)</b>
T37	29,17	10,72	27,20
T40	29,93	10,46	28,62
T43	34,80	12,14	28,67
T46	36,55	11,58	31,57

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de laboratorio en que se efectuó el presente experimento se concluye que:

1. El requerimiento de proteína, según el modelo de línea quebrada fue de 40,64 %; mientras que para la regresión polinomial de segundo orden fue de 41,61 %.
2. La eficiencia de retención de proteína fue superior en T43 (27,68 %), seguido de las dietas T37, T40 y T46, respectivamente
3. No existieron diferencias significativas entre los coeficientes de digestibilidad aparente para la proteína, los cuales estuvieron entre los valores de 75,9 y 79,6 %.
4. El nivel de proteína afectó significativamente el crecimiento en peso de *G. laevifrons*, siendo el tratamiento con 43,7 % de proteína aquel que presentó el mayor crecimiento, mientras que valores iguales a 46,3 % disminuyeron el mismo.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda proporcionar dietas con 41,61 % de proteína a juveniles de *G. laevifrons* cultivados a  $20 \pm 0,5$  °C de temperatura en el agua.
2. Realizar estudios con diferentes niveles de energía y proteína digestible (relación PD:ED), de manera que se pueda establecer los requerimientos de energía digestible
3. Hacer uso de más niveles de proteína para mejorar el ajuste de los modelos de regresión.
4. Realizar experimentos multifactoriales que incluyan el requerimiento nutricional a mayores temperaturas, para conocer si existe una mejora en los parámetros productivos.
5. Investigar acerca de las frecuencias y tasas de alimentación para identificar aquellas con las que se pueden obtener mejores respuestas productivas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, G., Pirzada, J.A., Siddiqui & Khalid, J. 2011. The optimal protein requirements of juvenile mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* fed isoenergetic diets. *Pakistan J. Zool.* 44 (2), 469-480.
- Abboudi, T., Mambrini, M., Ooghe, W., Larondelle, Y., Rollin, X. 2006. Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Aquaculture.* 261: 369–383.
- Aguilar, B.K y Avilés, S.C. 2016. Digestibilidad aparente de la proteína de harina del ensilado biológico de *Caulerpa flagelliformis* (Caulerpaceae) y *Salicornia fruticosa* L. (Amaranthaceae) en juveniles de *Girella laevis* (Pisces). [Tesis pre grado]. Universidad Nacional del Santa, Perú. 44 p.
- Alam, M.S., Watanabe, W.O. & Carroll, P.M. 2008. Dietary protein requirements of juvenile black sea bass, *Centropristis striata*. *Journal of the World Aquaculture Society.* 39: 656–663
- Ali, M.Z. & Jauncey, K. 2005. Approaches to optimizing dietary protein to energy ratio for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquac. Nutr.* 11: 95–101. doi:10.1111/j.1365-2095.2004.00325.x
- Anderson, T.A. 1991. Mechanism of digestion in marine herbivore, the luderick, *Girella tricuspidata* (Quoy and Gaimard). *Journal Fish Biology.* 39: 535 – 547.
- AOAC (Analysis of Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 18th Edition, Washington, DC

Araya, M., Azocar, C., Claramut, G., Medina, M., Moreno, P., San Juan, R., Olivares, F., Oliva, M., Vargas, A., Canales, R., Fuentealba, S., Pepe, R. 2015. Diagnóstico y propuesta de manejo sustentable de pesquerías costeras de peces litorales en la XV, I y II Regiones. Informe final, proyecto FIP N° 2013-2. 244 p.

Arzel, J., Mctailleur, R., Kerleguer, C., Delliou, H.L., Guillaume, J. 1995. The protein requirement of brown trout (*Salmo trutta*) fry. *Aquaculture* 130: 67-78.

Au, N. & Bidart, J. 1992. Manual de harina de pescado. Compañía pesquera San Pedro S.A.C.I. Coronel, CHL. 56 p

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

Azevedo, P., Leeson, A.S., Cho, C.Y. & Bureau, D.P. 2004. Growth, nitrogen and energy utilization of juveniles from four salmonid species: Diet, species and size effects. *Aquaculture*. 234: 393-414.

Barreto-Curiel, F., Durazo, E., Viana, M.T. y Harris, C. 2015. Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. *Ciencias marinas*, 41(3), 247-254. doi:10.7773/cm.v41i3.2526

Baker, D.H. 1986. Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients. *J Nutr* 116:2339–2349.

Benetti, D., Orhun, M., Sardenberg, B., O' Hanlon, B., Welch, A., Hoenig, R., Zink, I., Rivera, J., Denlinger, B., Bacoat, D., Palmer, K., Cavalin, F. 2008. Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture Research*. 37(7): 701-711.

Benítez, S., Duarte, C., Opitz, T., Lagos, N. A., Pulgar, J. M., Vargas, C. A., & Lardies, M. A. 2017. Intertidal pool fish *Girella laevisfrons* (Kyphosidae) shown strong physiological

homeostasis but shy personality: The cost of living in hypercapnic habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1-2), 57-63. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.02.011

Berge, G.M. & T. Storebakken. 1991. Effect of dietary fat level on weight gain, digestibility, and fillet composition of Atlantic halibut. *Aquaculture*, 99: 331- 338.

Berger, C. 2020. La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1): 1-11. doi: 10.21142/ss-0101-2020-003

Berrios, V. y Vargas, M. 2004. Estructura Trófica de la Asociación de Peces Intermareales de la Costa Roca del Norte de Chile. *Rev. Biol. Trop.* 52(1):201-212.

Blanco, C. 1995. La trucha: Cría Industrial. Madrid – España. Editorial Mundi Prensa. 475 p.

Bondi, A.A. 1989. Nutrición Animal. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p.

Chirichigno, N. y Vélez, J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú, Callao, Publ. Esp. 502 p.

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

Brinkman, S.F. 2009. Chronic Toxicity of Ammonia to Early Life Stage Rainbow Trout. *Transactions of the American Fisheries Society*. 138:433–440.

Bureau, D.R. & K. Hua. 2008. Models of nutrient utilization by fish and potential applications for fish culture operations. Pp. 442-461 in *Mathematical Modelling in Animal Nutrition*, J. France, and E. Kebreab, eds. Wallingford, UK: CAB International.

Cáceres, W. 2004. Mecanismos de forrajeo y digestión en dos especies de peces herbívoros: *Girella Laevifrons* y *Scartichthys Viridis*. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/ucsur/87367?page=27>.

Calderer, R.A. 2001. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). [Tesis Doctoral]. Universidad de Barcelona, 85.

Calderón, R. 2010. Evaluación de la digestibilidad y desempeño en salmón del Atlántico (*Salmo salar*), utilizando dietas con diferentes niveles de proteínas. [Tesis de maestría]. Universidad Austral de Chile, Sede de Puerto Montt.

Cao, X., Sun, M., Zhu, L., Zhang, D., Xu, S. 2018. Morphology and histology of the digestive system in *Girella leonine*. *Journal of Tropical Oceanography*. 37(1): 20-26.

Caro, R. 2013. Efecto de tres niveles de proteína en el desempeño fisiológico y ambiental de *Salmo salar*. Tesis para optar por el título de Ingeniero en acuicultura. Universidad Austral de Chile, Sede de Puerto Montt, Escuela de Pesquerías y Oceanografía.

Chen, S., Ling, J., Blancheton, J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*. 34(3): 179-197.

Chi, S., Wang, W., Tan, B., Dong, X., Yang, Q., Liu, H., Zhang, S. 2017. The apparent digestibility coefficients of 13 selected animal feedstuff for Cobia, *Rachycentron canadum*. *J. World Aquacult. Soc.* 48: 280–289.

Chili, V., Choqueapaza, J., Ticona, F., Rodríguez, L., Ilasaca, L. 2015. Manual para el cultivo de Lenguado. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Lima, Perú. 73 p.

Cho, C.Y. & Kaushik, S.J. 1990. Nutritional energetics in fish: Energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Pp. 132-172 in Aspects of Food Production, Consumption and Energy Value. *World Rev. Nutr. Diet.* 61:132- 172.

Cho, C.Y., Slinger, S.J., Bayler, H. 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.* 73: 25-41.



Choubert, G., De la noüe, J., Luquet, P. 1979. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *The Progressive Fish-Culturist*, 41: 64–67.

Clarke, A. & Fraser, K.P.P. 2004. Why does metabolism scale with temperature?. *Funct. Ecol.* 18: 243-251. doi:10.1111/j.0269-8463.2004.00841.x

Colt, J., Armstrong, D.A. 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans, fish, and mollusks. In: Allen, L.J., Kinney, E.C. (Eds.), *Proceedings of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture*. American Fisheries Society. pp. 34–47.

Concha-Frías, B., Álvarez-González., Gaxiola, C.A., Chiappa, G., Sánchez-Zamora, X., Martínez-García, A., Camarillo-Coop, R., Peña, S., Jiménez-Martínez, E. & Cruz-Alvarado, F.J. 2018. Dietary protein requirement in common snook (*Centropomus undecimalis*) juveniles reared in marine and brackish water. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 5(13): 45-54. doi: 10.19136/era.a5n13.1393

Cruz, C. 2019a, enero. Entrevista. Alimentación de *Girella laevisfrons*. Lima, Perú

Cruz, C.A. 2019b. Una dieta a base de harina de *Ulva lactuca* mejora el crecimiento de alevines de baucos *Girella laevisfrons* (Pisces: Kyphosidae). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 191-197. doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.02.04

Dabrowski, K. 1979. Feeding requirement of fish with particular attention to common carp: a review. *Polish Arch Hydrobiol.* 26:135–158

Dam, C.T., Elizur, A., Ventura, T., Salini, M., Smullen, R., Pirozzic, I., Booth, M. 2019. Apparent digestibility of raw materials by yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture* 511: 734233.

Díaz, F.J & López, R.A. 1995. El cultivo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y de la cachama negra (*Colossoma macropomum*): Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Rodríguez, Polo y Salazar Eds. Santafé de Bogotá. 207 – 221.

Dionicio-Acedo, J., Rosado-Salazar, M., Flores-Mego, J., Flores-Ramos, L. & Aguirre-Velarde, A. 2017. Evaluación de dietas comerciales en el crecimiento y su efecto en la composición bioquímica muscular de juveniles de chita, *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846) (Familia: Haemulidae). *Latin american journal of aquatic research*. 45(2): 410-420.

D Moran & Clements, K.D. 2002. Diet and endogenous carbohydrases in the temperate marine herbivorous fish *Kyphosus sydneyanus*: *Journal of Fish Biology*. 60 (5): 1190-1203.

Dosdat, A., Servais, F., Métailler, R., Huelvan, C., Desbruyères, E. 1996. Comparison of nitrogenous losses in five teleost fish species. *Aquaculture*, 141: 107-127.

Duarte, C., Navarro, J., Acuña, K., Torres, R., Manríquez, P., Lardies, M.A., Vargas, C.A., Lagos, N.A., Aguilera, V. 2015. Intraspecific variability in the response of the edible mussel *Mytilus chilensis* (Hupe) to ocean acidification. *Estuar. Coasts*. 38: 590–598.

Dumas, A.A.A., De Lange, C.F.M., France, J., Bureau, D.P. 2007. Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 273: 165–181. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.09.026

Einen, O. & Roem, J. 1997. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. *Aquac. Nutr.* 3: 115–126. doi:10.1046/j.1365-2095.1997.00084.

Ekman, K.S., Dalsgaard, A.J.T., Holm, J., Campbell, P.J. & Skov, P.V. 2013. Effects of dietary energy density and digestible protein: energy ratio on de novo lipid synthesis from dietary protein in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) quantified with stable isotopes. *British Journal of Nutrition*. 110: 1771-1781.

El-Dahhar, A. 2000. Protein and energy requirements of striped mullet *Mugil cephalus* larvae. *J. Aric. Sci. Mansoura Univ*. 25(8): 4923 – 4937.

Elsayed, A., Elsayed, L., Yau, C. 2006. Maintenance of continuously monitored degrading systems. pp. 3–7.

European Commission. 2017. Food from the Oceans - How can more food and biomass be obtained from the oceans in a way that does not deprive future generations of their benefits? Consultado 1 ene. 2018. Recuperado de [https://ec.europa.eu/research/sam/pdf/sam\\_food-from-oceans\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/research/sam/pdf/sam_food-from-oceans_report.pdf)

Espinoza, L., Contreras, Z. 2018. Captura y acondicionamiento de reproductores de corvina *Cilus gilberti* en el centro de acuicultura Morro Sama - Tacna, Perú. *Ciencia & Desarrollo*. 22 (1): 43 – 49

FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. Doi: 0.4060/ca9229es

Fox, J.M & Lawrence, A.L. 2004. Revisión de la metodología utilizada para determinar la digestibilidad aparente de nutrientes en camarones peneidos marinos. *In: Cruz Suarez L. et al. (Eds.). Manual de Metodologías de Digestibilidad in vivo e in vitro para Ingredientes y Dietas para camarón*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey., N.L., México. pp. 108-121.

Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L. & De Silva, S.S. 2007. Effects of fish oil substitution with a mix blend vegetable oil on nutrient digestibility in Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. *Aquaculture*. 269: 447–455.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Curso Regional de Capacitación del Proyecto GCP/RLA/102/IT (1, 1994, Santiago, CHL). 1994. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. Santiago, CHL.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Ferouz, Y., Ayadi, K., Muthukumarappan, K. 2012. Alternative protein sources for aquaculture feeds. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, vol: 4, p. 1-26.

Flores, H., Rendic, J. 2011. Conducta alimenticia, supervivencia y crecimiento de juveniles silvestres de *Graus nigra* Philippi, 1887 en cautiverio (Perciformes: Kyphosidae). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*

Francoise, M. & Sadasivam, K. 2009. Protein sources in feed for farmed fish. *Cahiers Agricultures*, 18(2), 103-111. Consultado 04 abr. 2018. Recuperado de: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/6556/>

Ferreira, P.M.F., J.M. Barbosa, E.L. Santos, M.R. Lima & J.A.L. Cabral. 2009. Efeito da temperatura sobre a taxa metabólica da carpa-comum *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Rev. Bras. Eng. Pesca.* 4(2): 1-10.

Fuentes, S., Cancino, J.M. 1990. Cambios morfométricos en el tubo digestivo de juveniles de *Girella laevis* (Kyphosidae) en función de la dieta y del nivel de repleción. *Revista de Biología Marina y Oceanografía.* 25(2):19-26.

Fuentes, E.N., Zuloaga, R., Almarza O., Mendez K., Valdés J.A., Molina, A., Pulgar, J. 2017. Upwelling-derived oceanographic conditions impact growth performance and growth-related gene expression in intertidal fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*

Frikha, F., Kammoun, M., Hammami, N., Mchirgui, R.A., Belbahri, L., Gargouri, Y., Miled, N. y Ben-Rebah, F. 2011. Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez. *Ciencias marinas*, 37(2), 113-124.

Fris, M.B., & Horn, M.H. 1993. Effects of diets of different protein content on food consumption, gut retention, protein conversion, and growth of *Cebidichthys violaceus* (Girard), an herbivorous fish of temperate zone marine waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 166:185–202.

García, C. 2010. Influencia del alimento extruido en el crecimiento de alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) utilizando diferentes tasas de alimentación, bajo sistema de cultivo en jaulas flotantes. [Tesis pre grado], Perú. UNSM. 83 p

Garland, D. 1990. Determinación de la edad y crecimiento en *Doydixon levifrons* (Tschudi, 1846) (Pisces: Kyphosidae), utilizando incrementos diarios en sus otolitos sagitales. Invest. Cient. Y Tec., Serie: Ciencias del Mar. 1: 97-110.

Geurden, I., Gondouin, E., Rimbach, M., Koppe, W., Kaushik, S., Boujard, T. 2006. The evaluation of energy intake adjustments and preferences in juvenile rainbow trout fed increasing amounts of lipid. *Physiol. Behav.* 88: 325–332. doi:10.1016/j.physbeh.2006.03.033

Glencross, B., Hien, T., Phuong, NT., Cam Tu, TL. 2010. A factorial approach to defining the energy and protein requirements of Tra catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquacult. Nutr.*

Godoy, N., Gelcich, S., Vásquez, JA., Castilla, JC. 2010. Spearfishing to depletion: evidence from temperate reef fishes in Chile. *Ecol. Appl.* 20: 1504-1511.

Gordon, I.J. & Illius, A.W. 1994. The functional significance of the browser-grazer dichotomy in African ruminants. *Ecologia.* 98, 167–175.

Gous, R.M., Faulkner, A.S. & Swatson, H.K. 2018. The effect of dietary energy: protein ratio, protein quality and food allocation on the efficiency of utilization of protein by broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 59(1): 100-109.

Grisdale - Helland, B., Shearer, K.D., Helland, S.J. 2007. Energy and nutrient utilization of Atlantic cod, Atlantic salmon and rainbow trout fed diets differing in energy content. *Aquaculture Nutrition.* 13: 321–334.

Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Mètailler, R. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 475 p.

Gutiérrez, F., Zaldivar, J., Contreras, G. 2009. Coeficiente de digestibilidad aparente de harina de pescado peruana y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomun* (Actinopterygil, Characidae). *Revista Peruana de Biología.* 15:111-115

- Haidar, MN. 2017a. The evaluation of energy in fish fed. Doctoral Thesis, Wageningen University. 166 pp.
- Haidar, MN., Van den Herik, W., Berkers, F., Hout, K., Verreth, JAJ., Schrama, JW. 2017b. The effect of DP/DE ratios on energy and protein balances in Nile tilapia.
- Hardy, R. 1997. Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition. *Aquaculture Magazine* May/June p. 84-89.
- Harmon, D. 2007. Experimental approaches to study the nutritional value of foods ingredients for dogs and cats. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36: 251-262.
- Heller, G.H. 2006. The effect of dietary lecithin and lipase, as a function of age, on n 9 fatty acid incorporation in the tissue lipids of *Sparus aurata*. *Fish Physiol. Biochem*. 10: 357-364
- Hillestad, M., Johnsen, F., Aasgaard, T. 2001. Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquac. Res*. 32: 517 – 529.
- Horn, M.H. 1989. Biology of marine herbivorous Fishes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev*. 27:167-272.
- Horn, M.H., Mailhiot, K.F., Fris, M.B., McClanahan, L.L. 1995. Growth, consumption, assimilation and excretion in the marine herbivorous fish *Cebidichthys violaceus* (Girard) fed natural and high protein diets. *J Exp Mar Biol Ecol*. 190:97–108
- Hossain, M.A., Almatar, S.M., James, C.M. 2010. Optimum dietary protein level for juvenile silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen). *J World Aqua Soc*. 41: 710–720.
- Huang, Y., Liao, WL., Ho, YS. 2019. Effects of dietary protein levels and replacement of fish meal with spirulina powder on the growth performance of girella (*Girella mezina*). *Journal of Taiwan Fisheries Research*. 27(1): 33-45.
- Huerta-Ortiz, M., Álvarez-González, C.A., Civera-Cerecedo, R., Martínez-García, R., Camarillo-Coop, S., Goytortúa-Bores, E., Peña, E & Pérez-Morales, A. 2018. Optimum

level of dietary lipids for growth, chemical composition and apparent digestibility of lipids for *Atractosteus tropicus*. *Latin american journal of aquatic research*, 46(5), 1073-1082.

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

INEI. 2018. Anuario de estadísticas ambientales. 717 p.

Jara, E. 2012. Determinación de la Digestibilidad y Energía Digestible de la torta de sachu inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) extruida en Trucha arco iris. [Tesis pre grado]. Universidad Agraria La Molina. 10 p.

Jobling, M. 2016. Fish nutrition research: past, present and future. *Aquacult Int*. 24:767-786.

Kamaleddin S., Mahboobi N & Pourreza, J. 2007. Determination of Digestible and Metabolizable Energy of Fishmeal and Soybean Meal in Rainbow Trout with Two Different Sizes (*Oncorhynchus mykiss*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10(20): 3722-3725. doi: 10.3923/pjbs.2007.3722.3725.

Kang-Woong, K., Kyoung-Duck, K., Hyon-Sob, H., Seonghun, W., Mohammad, M., Jin-Hyeok, L., Youn Hee, C., Sungchul, C. 2017. Evaluation of the Dietary Protein Requirement of a Selectively Bred (F-5 Generation) Strain of Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 17:1009-1016

Kanda, M., & Yamaoka, K. 1994. Tooth and Gut Morphology in Relation To Feeding in Three Girellid Species (Perciformes, Girellidae) From Southern Japan. doi:10.1163/156854295X00438

Kim, H.H., Koppe, W.M., Meyer-Burgdorff, H., Rosenow, H & Günther, K. 1995. The effect of dietary energy and protein concentration and feeding level on feed utilization and body composition of carp (*Cyprinus carpio* L.), *Archiv für Tierernaehrung*, 48:1-2, 221-229, doi: 10.1080/17450399509381842

- Kim, K.W; Kang, Y.J; Choi, S.M; Wang, X.J; Choi, Y.H; Bai, S.C; Lee, J.Y; Jo, J.Y. 2005. Optimum dietary protein levels and protein to energy ratios in Olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *J World Aqua Soc.* 36: 165–178
- Kim, K.W., Moniruzzaman, M., Kim, K.D., Han, H.S., Yun, H., Lee, S., Bai, S. 2016a. Effects of dietary protein levels on growth performance and body composition of juvenile parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. *Int. Aquat Res.* 8: 239-245.
- Kim, K., Moniruzzaman, M., Kim, K. et al. 2016b. Re-evaluation of the optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile barred knifejaw *Oplegnathus fasciatus* reared in cages. *Fish Aquatic Sci* 19, 24. doi: 10.1186/s41240-016-0025-9
- Kaushik, S.J. 2000. Factores que Afectan la Excreción Nitrogenada en Teleósteos y Crustáceos. pp 237-250 En: Civera Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
- Lafeta, Y., Vergara, V., Camacho, R. 2010. Determinación de los requerimientos de proteína cruda y energía digestible en Pacos (*Piaractus brachypomus*), Reporte LINAPC.
- Laining, A., Ahmad, R.T & Williams, K. 2003. Apparent digestibility of selected feed ingredients for humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture* 218:529–538.
- Lall, S.P. & Bishop, F.J. 1977. Studies on mineral and protein utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar*) grown in seawater. Technical Report No. 688, Fisheries and Marine Service, Environment Canada.
- Lazo, J.P., Allen D, Arnold C.A. 1998. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*). *Aquaculture*, 169: 225-232.
- Lee, S.M., Cho, S.H., Kim, K.D. 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J World Aqua Soc.* 36:165–178



Lee S.M., Jeon, I. G. & Lee, J.Y. 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*. 211:227–239.

Le Francois, N., Jobling, M., Carter, C., Blier, P. 2010. Finfish: Aquaculture Diversification. CABI (Center for Agriculture and Biosciences International), Oxfordshire the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

Lemos, M.V.A., Arantes, T.Q., Souto, C.N., Martins, G. P., Araújo, J.G. & Guimarães, I.G. 2014. Effects of digestible protein to energy ratios on growth and carcass chemical composition of Siamese fighting fish (*Betta splendens*). *Ciencia e Agrotecnologia*. 38(1): 76-84.

Lupatsch, I., Kissil, G.W., Sklan, D., Pfeffer, E. 2001. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquac. Nutr.* 7: 71–80.

Lupatsch, I., Kissil, G.W., Sklan, D. 2003. Defining energy and protein requirements of gilthead seabream (*Sparus aurata*) to optimize feeds and feeding regimes. *The Israeli J of Aquac.* 55: 243-257.

Madrid, J. 2014. Efecto de la sustitución en dieta de harina de pescado con harina de productos de origen animal, en juveniles de corvina golfina, *Cynoscion othonopterus*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Centro de investigación científica y de educación superior de ensenada, Baja California. 61 pp.

McGoogan, B. & Reigh, R. 1996. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture* 141: 233-244

Mejías, R. 2002. El género *Girella* Gray, 1835 en Chile (Osteichthyes: Kyphosidae). [Tesis pre grado]. Univ. Austral de Chile, 55 p.

- Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hosseini, MR., Hassani, M.H.S., Bai, SC. 2013. Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). *Aquacult Res.* 44: 378–387
- Mustapha, A., Driss, B., Khadija, E., Mohammed, B. 2013. Optimization and efficiency in rainbow trout fed diets for reduce the environment Impact in Morocco. *Universal Journal of Environmental Research and Technology.* 3(2):318-325.
- Nankervis, L., Matthews, S.J. & Appleford, P. 2000. Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insulin-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. *Aquaculture.* 191: 323-335.
- Ng, W.K., Abdullah, N., De Silva, S.S. 2008. The dietary protein requirement of the *Malaysian mahseer*, *Tor tambroides* (Bleeker), and the lack of protein-sparing action by dietary lipid. *Aquaculture.* 284:201–206.
- Northland-Leppe, I., Véjar, D., Jara-Seguel, P., Fuente, N., Núñez, C. 2010. Chromosomes of *Girella laevisfrons* (Tschudi 1846) (Osteichthyes: Kyphosidae). *Gayana (Concepts).* 74 (2): 136-138.
- NRC (National Research Council). 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academy Press, Washington.
- Olsen, R.E & Ringo, E. 1997. Lipid digestibility in fish: a review. *Recent Research Developments in Lipid Research.* 1: 199-264.
- Parra, J., Gómez, A. 2009. Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. Córdoba, Arg. Consultado 10 jun. 2019. doi: 10.21897/rmvz.
- Pequeño, G. & Saez, S. 2008. El estatus taxonómico de *Doydixodon laevisfrons* (Tschudi, 1846) (Osteichthyes: Kyphosidae). Instituto de Zoología “Ernst F. Kilian”, Universidad Austral de Chile.

Pesti, G., Vedenov, D., Cason, J. & Billard, L. 2009. A comparison of methods to estimate nutritional requirements from experimental data. *British Poultry Science*. 50 (1): 16-32

Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Barros, M.M., Pinto, L.G.Q., Furuya, W.M & Pezzato, A.C. 2002. Digestibilidad aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec*. 31:1595-1604

Philminaq (Mitigating Impact from Aquaculture in the Philippines). 2008. Water Quality Criteria and Standards for Freshwater and Marine Aquaculture. Annex 2. 34 p.

Pirozzi, I., Booth, M.A., Allan, G.L. 2010. Protein and energy utilization and the requirements for maintenance in juvenile mullet (*Argyrosomus japonicus*). *Fish Physiol. Biochem*. 36: 109–121. doi:10.1007/s10695-008-9296-0

Piaget, N. 2010. Determinación del nivel óptimo de proteína dietaria en juveniles del lenguado, *Paralichthys adspersus* (Pisces, Pleuronectiformes: Paralichthyidae). [Tesis de Magíster]. Universidad Católica del Norte, Coquimbo, 101 pp.

Pokniak, J., S. Muñoz, N. Diaz, C. Gonzalez, and I. Diaz. 2004. The effect of diets with different protein/lipid ratios on productive performance and carcass characteristics of the Pacific salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Universidad de Chile. Arch. Med. Vet. XXXVI, N° 2.

PRODUCE (Ministerio de Producción). 2010. Plan nacional de desarrollo acuícola. Perú. p. 35.

PRODUCE (Ministerio de Producción). 2017. Anuario estadístico pesquero y acuícola 2017. Ministerio de la producción. Perú. p.205.

Pulgar, J.M., Aldana, M., Bozinovic, F., Ojeda, F.P. 2003. Does food quality influence thermoregulatory behavior in the intertidal fish *Girella laevifrons*? *J. Therm. Biol*. 28: 539-544.

Pulgar, J.M., Bozinovic, F., Ojeda, F.P. 2005. Local distribution and thermal ecology of two intertidal fishes. *Ecophysiology*.142: 511 – 520.

Pulgar, J., Waldisperg, M., Galbán-Malagón, C., Maturana, D., Pulgar, V.M., Aldana, M., 2016. UV radiation impacts bodyweight, oxygen consumption, and shelter selection in the intertidal vertebrate *Girella laevis*. *Sci. Total Environ.*

Rawles, S. & Gatlin, D. 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

Rebolledo, M., Landaeta, M., Muñoz, G. 2014. Efecto del endoparásito *Proserhynchoides* sp. (Trematoda: Bucephalidae) en la capacidad de nado sostenido del baunco *Girella laevis* (Osteichthyes: Kyphosidae). *Rev. biol. mar. oceanogr.*, 49: 625-630.

Robbins, L. 1986. A method, SAS program, and example for fitting the broken-line to growth data. Tennessee: University of Tennessee, Agricultural Experiment Station, 1986. 8p.

Robbins, K.R., Saxton, A.M., Southern, L.L. 2014. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. *J. Anim. Sci.* 84: 155-165.

Rodehutsord, M. & Pfeffer, E. 1999. Maintenance requirement for digestible energy and efficiency of utilisation of digestible energy for retention in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 179: 95-107

Rodrigues, C.P. 2012. Apparent digestibility coefficient of feed ingredients for juvenile meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801). Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos Porto. Consultado 03 de marzo. 2019. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/9692/717d513f6c296ed806364e51c15ff39fb17f.pdf>

Rojas De Mendiola, B. 1981. Seasonal phytoplankton distribution along the peruvian coast. En F. A. Richards [ed.], Coastal Upwelling. Coastal and estuarine Science 1. American Geophysical Union. Washington. p. 348-356.

- Rollin, X., Mambrini, M., Abboudi, T., Larondelle, Y., Kaushik, S. (2003). The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing *Atlantic salmon (Salmo salar L.)* fry. *British Journal of Nutrition*. 90: 865–876
- Roques, S., Deborde, C., Richard, N., Skiba-Cassy S., Moing A., Fauconneau, B. 2018. Metabolomics and fish nutrition: A review in the context of sustainable feed development. *Rev. Aquac.* 12: 261–282
- Rudacille, J. B. & Kohler, C.C. 1998. Dietary protein requirement of juvenile white bass, *Morone chrysops* (book of abstract). *Aquaculture*. 98:457–458.
- Sanz, A., Morales, A., De la Higuera, M., Cardenote, G. 1994. Sunflower meal compared with soybean meal as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: protein and energy utilization. *Aquaculture*. 128: 287-300.
- Schinkel, A. P. & De Lange, C. F. M. 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Anim. Sci.* 74:2021-2036.
- Sanz, A., Garcia, M. & De La Higuera, M. 2000. Protein nutrition in fish: protein/energy ratio and alternative protein sources to fish meal (minireview). *J. PhysioBiochem.* 56 (3): 275-282.
- Seminario internacional acuicultura y medio ambiente (1993, Santiago, CH). 1993. Esfuerzos desarrollados en Chile para disminuir el impacto ecológico de la alimentación en centros de cultivo de peces. Manríquez, J. Santiago, Ch. Fundación Chile. 189 p.
- SERNAPESCA (Servicio Nacional de Pesca). 2011. Anuario Estadístico de Pesca. Series Cronológica. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Chile. Consultado 02 jun. 2019. Recuperado de: <http://www.sernapesca.cl>.
- Shaw, E.C., Munday, P.L., McNeil, B.I. 2013. The role of CO<sub>2</sub> variability and exposure time for biological impacts of ocean acidification. *Geophys. Res. Lett.* 40: 4685–4688.
- Shearer, K.D. 2000. Experimental design, statistical analysis and modelling of dietary nutrient requirement studies for fish: a critical review. *Aquaculture nutrition*. 6: 91-102.

Shipton, T.A., Britz, P.J. 2001. An assessment of the use of chromic oxide as a marker in protein digestibility studies with Halotiidae. L. *Aquaculture*. 203: 69-83.

Stein, H.H., Fuller, M.F., Moughan, P.J. 2007. Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock science*. 109: 282-285.

Storebakken, T., Shearer, K., Baeverfjord, G., Nielsen, B., Åsgård, T., Scott, T., De Laporte, A. 2000. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis of Atlantic salmon, *Salmon salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture*. 184: 115-132.

Sugiura, S.H., Babbitt, J.K., Dong, F.M. et al. 2000. Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Waulbaum). *Aquaculture Research*. 31: 585-593.

Thomson, D.A., Findley, L.T., Kerstitch, A.N. 2000. Reef fishes of the Sea of Cortez. Rev. Edition. University of Texas Press, Austin, 353 p.

Tibbetts, S.M, Lall, S.P, Milley, J.E. 2004. Apparent digestibility of common feed ingredients by juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. *Aquaculture Research*.

Tibbetts, S.M., Milley, J.E., Lall, S.P. 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*. 261: 1314–1327.

Tran-Duy, A., Smit, B., Van Dam, A.A., Schrama, J.W. 2008. Effects of dietary starch and energy levels on maximum feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 277: 213–219.

Ullah-Khan, K., Tellechea-Rodrigues, A., Menegasso-Mansano, C.F., Monge de Almeida, D., Kazue-Sakomura, N., De Souza, R., Torres do-Nascimento, T.M. & Kochenborger. 2019. Dietary protein quality and proper protein to energy ratios: a bioeconomic approach

in aquaculture feeding practices. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 47(2): 232-239. doi: 10.3856/vol47-issue2-fulltext-3.

Fernandes, B.J. 2019. Dietary protein quality and proper protein to energy ratios: a bioeconomic approach in aquaculture feeding practices. *Latin american journal of aquatic research.* 47(2): 232-239.

Varas, E., Ojeda, F.P. 1990. Intertidal fish assemblages of the central Chilean coast: diversity, abundance and trophic patterns. *Rev. Biol. Mar.* 25: 59-70.

Vásquez, J.A., Córdova, J.D. 2014. 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”. [Tesis pre grado]. Universidad del Santa, Perú. 44 p.

Vásquez-Torres, W., Yossa, M.I., Hernández, G., Gutiérrez, M.C. 2010. Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp.). *Rev Colomb Cienc Pecu;* 207-216.

Vial, C.I., Ojeda, F.P. 1990. Cephalic anatomy of the herbivorous fish *Girella laevis* (Osteichthyes: Kyphosidae): mechanical considerations of its trophic function. *Rev. Chilena de Historia Natural.* 63: 247-260.

Villanueva, B.O. 2017. Alimento y hábitos alimentarios de *Mugil cephalus* “lisa” en la Región La Libertad durante el año. [Tesis pre grado]. La Libertad, Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo.

Virões, M. 2008. Digestibilidade aparente da proteína e energia e o tempo de passagem de alimentos para acará-bandeira (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823). [Tesis para optar el título Mg. Sc. Producción Animal con especialización acuicultura]. Universidad del Estado de Río de Janeiro norte Darcy Brook. Brasil.

Wallace, C.K., Bright, L.A., Marx, J.O., Andersen, R.P., Mullins, M.C., Carty, A.J. 2018. Effectiveness of rapid cooling as a method of euthanasia for young zebrafish (*Danio rerio*). *J Am Assoc Lab Anim Sci.* 57 (1): 58 – 63.

Wang, Y., Guo, J., Li, K., Bureau, D.P. 2006. Effects of dietary protein and energy levels on growth, feed utilization and body composition of cuneate drum, *Nibea miichthioides*. *Aquaculture*. 252: 421–428

Wilson, R. 2002. Amino Acids and Proteins. In: Halver, J., Hardy, R. (eds), Fish Nutrition. (pp.143-179). Elsevier, Amsterdam.

Wilson, R.P. & El Naggar, G. 1992. Potassium requirement of fingerling channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*. 108:169-175.

Wieser, W. 1994. Cost of growth in cells and organisms: general rules and comparative aspects. *Biol. Rev.* 68: 1–33.

Wu X.Y., Y.J. Liu, & L.X. Tian. 2006. Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for yellow seabream, *Sparus latus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 37 (3): 237-245.

Xie, F., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Ma, H. 2011. The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena croeca*, Richardson) larvae. *Aquaculture*. 311:162–167

Zeitoun, I.H., Ulhey, D.E., Magee, W.T. 1976. Quantifying nutrient requirement of fish. *J Fish Res Board Can.* 33:167–172

Zhang, J; Zhou, F; Wang, LL; Shao, Q; Xu, Z; Xu, J. 2010. Dietary protein requirement of juvenile black sea bream, *Sparus macrocephalus*. *J World Aqua Soc.* 41: 151–164.

Zhou, Q.C., Tan, B.P., Mai, K.S., Liu, Y.J. 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*. 241:441–51.



## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Análisis proximal del alimento balanceado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION  
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0223/2019

CLIENTE : MARIE ANNE GALVEZ ESCUDERO  
NOMBRE DEL PRODUCTO : 04 dietas para peces  
(Denominación responsabilidad del cliente)  
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
FECHA DE RECEPCIÓN : 22-02-2019  
FECHA DE ANÁLISIS : Del 22/02/19 al 27/02/19  
CANTIDAD DE MUESTRA : Indicado en tabla  
PRESENTACION : Muestras en harina, en bolsa plástica  
IDENTIFICACION : AQ19-0223/01-02

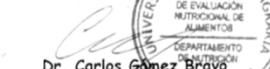
RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-0223/01	AQ19-0223/02	AQ19-0223/03	AQ19-0223/04
MUESTRA	CP38 Girella	Dieta CP42	Dieta CP46	CP50 14-02-19
Peso (gramos)	579	658	325	322
PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	36.60	39.43	43.69	46.29

Métodos utilizados:

AOAC (2005), 984.13

La Molina, 27 de Febrero del 2019

  
Dr. Carlos Gómez Bravo  
Jefe del Laboratorio de Evaluación  
Nutricional de Alimentos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION  
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 0732/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-0732/05	AQ19-0732/06	AQ19-0732/07	AQ19-0732/08
MUESTRA	CP46	CP40	CP43	CP37
Peso (gramos)	218	258	205	204
a.- HUMEDAD, %	9.02	11.02	6.60	8.25
b.- GRASA, %	8.90	8.33	9.11	7.63
c.- FIBRA CRUDA, %	0.0	0.03	0.06	0.24
d.- ENERGÍA TOTAL, (Kcal/Kg)	4034.8	3904.4	4232.7	4061.9

Métodos utilizados:

a.- AOAC (2005), 950.46

b.- AOAC (2005), 2003.05

c.- AOAC (2005), 962.09

d.- ENERGÍA TOTAL POR BOMBA CALORIMÉTRICA

## Anexo 2: Análisis de proteína y lípido corporal inicial y final de *G. laevifrons*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION**  
**LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

### INFORME DE ENSAYO LENA N° 0961/2019

CLIENTE : MARIE ANNE GALVEZ ESCUDERO  
 NOMBRE DEL PRODUCTO : 01 muestra de pescado  
 (Denominación responsabilidad del cliente)  
 MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 30-09-2019  
 FECHA DE ANÁLISIS : Del 30/09/19 al 14/10/19  
 CANTIDAD DE MUESTRA : Peso inicial: 40.6 gramos; peso final: 8.1 gramos  
 PRESENTACION : Muestra en bolsa plástica  
 IDENTIFICACION : AQ19-0961


### RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-0961
MUESTRA	PESCADO
a.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	11.95
b.- GRASA, %	1.11

#### Métodos utilizados:

a.- AOAC (2005), 984.13  
 b.- AOAC (2005), 2003.05

Atentamente,

  
**Ing. Jorge Gamarra Bojorquez**  
 Jefe(e) del Laboratorio de Evaluación  
 Nutricional de Alimentos



La Molina, 14 de Octubre del 2019

### INFORME DE ENSAYO LENA N° 0732/2019

### RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-0732/01	AQ19-0732/02	AQ19-0732/03	AQ19-0732/04
MUESTRA	CP37	CP40	CP43	CP46
Peso inicial (gramos)	80.8	82.7	67.8	74
Peso final (gramos)	21.4	21.7	19	18.4
a.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	15.33	15.06	16.68	14.67
b.- GRASA, %	2.90	2.58	2.72	2.55

#### Métodos utilizados:

a.- AOAC (2005), 984.13  
 b.- AOAC (2005), 2003.05



**Anexo 3: Porcentaje de cromo en dietas para ensayo de digestibilidad. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

<b>Tratamiento</b>	<b>% Cromo</b>	<b>% Óxido de cromo</b>
T37	0,01	0,01
T40	0,01	0,02
T43	0,01	0,02
T46	0,02	0,02

**Anexo 4: Porcentaje de cromo y análisis proximal en heces de *G. laevifrons*, luego del experimento de digestibilidad. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Cromo</b>	<b>Oxído de Cromo</b>	<b>Proteína</b>	<b>Humedad</b>	<b>Grasa</b>	<b>Energía (Kcal Kg<sup>-1</sup>)</b>
T37	0,02	0,03	14,69	11,70	0,76	2966
T37	0,02	0,03	14,96	12,08	0,32	3021
T40	0,02	0,03	19,07	12,39	0,96	2763
T40	0,02	0,03	18,93	12,10	1,17	2864
T43	0,02	0,03	17,39	11,52	0,68	2665
T43	0,03	0,04	18,16	11,62	0,74	2670
T46	0,03	0,04	20,27	12,26	1,15	2573
T46	0,03	0,04	18,69	11,45	0,90	2505

\* Resultados brindados por el Laboratorio del Centro Experimental de Acuicultura de Vitapro, Trujillo.  
AOAC975.03 - Metals in plants and foo

**Anexo 5: Valores promedio de parámetros físico – químicos, en las unidades experimentales durante los 71 días del experimento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína, T: Temperatura, OD: Oxígeno disuelto y SO: Saturación de oxígeno.**

Tratamientos - réplicas	T (°C)	OD(mg L <sup>-1</sup> )	SO(%)	pH	Conductividad (mS cm <sup>-1</sup> )	Salinidad (‰)
T37-1	20,38	6,180	83,77	8,03	52859,86	34,18
T37-2	20,38	6,168	83,30	8,03	52919,65	34,18
T37-3	20,53	6,195	84,23	8,02	53196,85	34,18
T40-1	20,65	6,144	83,56	8,04	53200,55	34,18
T40-2	20,55	6,212	84,48	8,03	53242,05	34,18
T40-3	20,38	6,166	83,19	8,02	52955,12	34,18
T43-1	20,49	6,123	82,93	8,01	52927,45	34,18
T43-2	20,59	6,073	82,66	8,03	52676,03	34,18
T43-3	20,58	6,058	82,57	7,98	53253,63	34,18
T46-1	20,52	6,148	84,08	8,04	53607,10	34,18
T46-2	20,50	6,202	84,05	8,06	52795,19	34,18
T46-3	20,30	6,167	83,73	8,01	53036,90	34,18

**Anexo 6: Valores promedio de nitrógeno amoniacal total (NAT) promedio, en las unidades experimentales durante los 71 días del experimento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamientos - réplicas	NAT (mg L <sup>-1</sup> )
T37-1	0,059
T37-2	0,052
T37-3	0,068
T40-1	0,059
T40-2	0,065
T40-3	0,067
T43-1	0,071
T43-2	0,076
T43-3	0,077
T46-1	0,090
T46-2	0,094
T46-3	0,104

**Anexo 7: Biomosas promedio (g) por día de muestreo, tratamiento y repeticiones, durante los 71 días del experimento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamientos	Réplicas	Biomasa (g)				
		Día 0	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
Dieta control (T37)	1	40,83	49,74	57,96	66,88	75,93
	2	41,61	50,55	59,87	68,87	76,71
	3	38,61	49,25	58,14	66,48	73,82
T40	1	41,79	51,19	60,15	68,84	78,65
	2	36,62	47,3	57	67,85	78,22
	3	37,37	47,43	55,22	66,33	78,07
T43	1	40,35	54,33	67,48	79,71	90,92
	2	37,71	50,39	65,18	78,46	90,93
	3	38,91	53,72	67,09	81,8	92,76
T46	1	37,77	44,27	51,54	58,84	67,1
	2	36,83	45,95	53,41	61,74	68,8
	3	37,9	45,46	53,31	60,12	66,02

**Anexo 8: Tasa de Crecimiento en Peso (TCW g día<sup>-1</sup> ) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	TCP(g día <sup>-1</sup> )			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	0,06	0,05	0,05	0,09
T37-2	0,06	0,06	0,05	0,08
T37-3	0,07	0,06	0,05	0,07
T40-1	0,07	0,06	0,05	0,09
T40-2	0,07	0,06	0,06	0,10
T40-3	0,07	0,05	0,07	0,11
T43-1	0,10	0,09	0,07	0,11
T43-2	0,09	0,10	0,08	0,12
T43-3	0,10	0,09	0,09	0,11
T46-1	0,05	0,05	0,04	0,08
T46-2	0,06	0,05	0,05	0,07
T46-3	0,05	0,05	0,04	0,06



**Anexo 9: Tasa de Crecimiento Especifica en Peso (TCWP% $\text{día}^{-1}$ ) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	TCEW(%)			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	1,10	0,80	0,64	1,05
T37-2	1,08	0,89	0,67	0,83
T37-3	1,35	0,87	0,64	0,81
T40-1	1,13	0,85	0,64	1,02
T40-2	1,42	0,98	0,83	1,09
T40-3	1,32	0,80	0,87	1,25
T43-1	1,65	1,14	0,79	1,01
T43-2	1,61	1,35	0,88	1,13
T43-3	1,79	1,17	0,94	0,97
T46-1	0,88	0,80	0,63	1,01
T46-2	1,23	0,79	0,69	0,83
T46-3	1,01	0,84	0,57	0,72

**Anexo 10: Tasa de Crecimiento en Longitud (TCL mm día<sup>-1</sup> ) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	TCL(mm día <sup>-1</sup> )			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	0,33	0,24	0,22	0,17
T37-2	0,44	0,26	0,26	0,23
T37-3	0,35	0,26	0,24	0,22
T40-1	0,22	0,34	0,25	0,18
T40-2	0,36	0,32	0,23	0,37
T40-3	0,34	0,24	0,24	0,49
T43-1	0,47	0,46	0,13	0,14
T43-2	0,40	0,50	0,25	0,07
T43-3	0,51	0,54	0,14	0,04
T46-1	0,28	0,25	0,21	0,28
T46-2	0,33	0,18	0,28	0,27
T46-3	0,24	0,27	0,23	0,37

**Anexo 11: Tasa de Crecimiento Especifica en Longitud (TCLE % dia<sup>-1</sup>) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	TCL(%)			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	0,52	0,34	0,29	0,21
T37-2	0,67	0,37	0,34	0,28
T37-3	0,55	0,37	0,32	0,28
T40-1	0,34	0,47	0,32	0,23
T40-2	0,58	0,47	0,31	0,46
T40-3	0,54	0,34	0,33	0,62
T43-1	0,72	0,62	0,16	0,17
T43-2	0,62	0,69	0,31	0,08
T43-3	0,79	0,72	0,17	0,05
T46-1	0,44	0,37	0,29	0,36
T46-2	0,53	0,26	0,39	0,35
T46-3	0,38	0,40	0,31	0,48

**Anexo 12: Incremento de Peso (IW %) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	IW(%)			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	21,82	16,53	14,29	14,63
T37-2	21,49	18,44	15,03	11,38
T37-3	27,56	18,05	14,34	11,04
T40-1	22,49	17,50	14,45	14,25
T40-2	29,16	20,51	19,04	15,28
T40-3	26,92	16,42	20,12	17,70
T43-1	34,65	24,20	18,12	14,06
T43-2	33,63	29,35	20,37	15,89
T43-3	38,06	24,89	21,93	13,40
T46-1	17,21	16,42	14,16	14,04
T46-2	24,76	16,24	15,60	11,44
T46-3	19,95	17,27	12,77	9,81

**Anexo 13: Factor de Conversión Alimenticia (FCA) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	FCA			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	1,67	2,12	2,40	2,35
T37-2	1,70	1,93	2,30	2,94
T37-3	1,39	1,96	2,39	3,02
T40-1	1,63	2,01	2,38	2,41
T40-2	1,33	1,76	1,88	2,26
T40-3	1,41	2,13	1,79	1,99
T43-1	1,17	1,54	1,96	2,43
T43-2	1,19	1,32	1,77	2,19
T43-3	1,09	1,51	1,67	2,54
T46-1	2,04	2,13	2,42	2,44
T46-2	1,51	2,15	2,22	2,92
T46-3	1,80	2,04	2,65	3,36

**Anexo 14: Eficiencia Alimenticia (EA) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	EA			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	0,60	0,47	0,42	0,43
T37-2	0,59	0,52	0,44	0,34
T37-3	0,72	0,51	0,42	0,33
T40-1	0,61	0,50	0,42	0,42
T40-2	0,75	0,57	0,53	0,44
T40-3	0,71	0,47	0,56	0,50
T43-1	0,86	0,65	0,51	0,41
T43-2	0,84	0,76	0,56	0,46
T43-3	0,92	0,66	0,60	0,39
T46-1	0,49	0,47	0,41	0,41
T46-2	0,66	0,47	0,45	0,34
T46-3	0,55	0,49	0,38	0,30

**Anexo 15: Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) promedio por día de muestreo, tratamiento y repeticiones. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamiento - réplica	TEP			
	Día 18	Día 37	Día 58	Día 71
T37-1	1,63	1,29	1,14	1,16
T37-2	1,61	1,42	1,19	0,93
T37-3	1,97	1,39	1,14	0,91
T40-1	1,55	1,26	1,07	1,05
T40-2	1,91	1,44	1,35	1,12
T40-3	1,79	1,19	1,42	1,27
T43-1	1,96	1,49	1,17	0,94
T43-2	1,92	1,73	1,29	1,05
T43-3	2,10	1,52	1,37	0,90
T46-1	1,06	1,02	0,89	0,89
T46-2	1,43	1,01	0,97	0,74
T46-3	1,20	1,06	0,82	0,64

**Anexo 16: Resultados de pruebas post hoc de Tukey para parámetros productivos. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

**Valores de p para Tasa de Crecimiento en Peso (TCW)**

	diff	lwr	upr	p adj
T37-T46	0.009383803	0.0010065384	0.01776107	0.0292249
T40-T46	0.017453052	0.0090757870	0.02583032	0.0007145
T43-T46	0.040035211	0.0316579464	0.04841248	0.0000016
T40-T37	0.008069249	-0.0003080163	0.01644651	0.0590243
T43-T37	0.030651408	0.0222741430	0.03902867	0.0000121
T43-T40	0.022582159	0.0142048944	0.03095942	0.0001164

**Valores de p para Tasa de Crecimiento Específico en Peso (TCEW)**

	diff	lwr	upr	p adj
T37-T46	0.05898505	-0.10097099	0.2189411	0.6543455
T40-T46	0.17532980	0.01537375	0.3352858	0.0325126
T43-T46	0.37875632	0.21880027	0.5387124	0.0002942
T40-T37	0.11634474	-0.04361130	0.2763008	0.1701603
T43-T37	0.31977127	0.15981522	0.4797273	0.0009449
T43-T40	0.20342652	0.04347048	0.3633826	0.0151124

**Valores de p para Tasa de Crecimiento en Longitud (TCL)**

	diff	lwr	upr	p adj
T37-T46	0.01056338	-0.04969203	0.07081879	0.9407664
T40-T46	0.03227700	-0.02797841	0.09253240	0.3761271
T43-T46	0.05105634	-0.00919907	0.11131175	0.0996770
T40-T37	0.02171362	-0.03854179	0.08196902	0.6693977
T43-T37	0.04049296	-0.01976245	0.10074837	0.2162275
T43-T40	0.01877934	-0.04147607	0.07903475	0.7548769

**Valores de p para Tasa de Crecimiento Específico en Longitud (TCEL)**

	diff	lwr	upr	p adj
T37-T46	0.007316884	-0.08309660	0.09773036	0.9934131
T40-T46	0.036203231	-0.05421025	0.12661671	0.5975922
T43-T46	0.059964653	-0.03044883	0.15037813	0.2244823
T40-T37	0.028886347	-0.06152713	0.11929983	0.7414626
T43-T37	0.052647769	-0.03776571	0.14306125	0.3135868
T43-T40	0.023761422	-0.06665206	0.11417490	0.8335927



**Valores de p para Incremento de peso (IW)**

	diff	lwr	upr	p adj
T37-T46	7.620402	-15.367402	30.60821	0.7205936
T40-T46	24.019742	1.031939	47.00755	0.0408649
T43-T46	55.400213	32.412410	78.38802	0.0002597
T40-T37	16.399341	-6.588463	39.38714	0.1808670
T43-T37	47.779812	24.792008	70.76762	0.0007261
T43-T40	31.380471	8.392667	54.36827	0.0102000

**Valores de p para Factor de Conversión Alimenticia (FCA)**

	diff	lwr	upr	p adj
T40-T43	0.2488205	-0.04157169	0.5392127	0.0954911
T37-T43	0.4824596	0.19206739	0.7728517	0.0031495
T46-T43	0.6127552	0.32236307	0.9031474	0.0006550
T37-T40	0.2336391	-0.05675310	0.5240312	0.1208076
T46-T40	0.3639348	0.07354258	0.6543269	0.0163581
T46-T37	0.1302957	-0.16009649	0.4206879	0.5131400

**Valores de p para Eficiencia Alimenticia (EA)**

	diff	lwr	upr	p adj
T37-T46	0.02597956	-0.047354328	0.09931345	0.6802939
T40-T46	0.08550426	0.012170370	0.15883815	0.0238862
T43-T46	0.16182979	0.088495899	0.23516367	0.0004813
T40-T37	0.05952470	-0.013809190	0.13285859	0.1170072
T43-T37	0.13585023	0.062516339	0.20918411	0.0015667
T43-T40	0.07632553	0.002991641	0.14965942	0.0416222

**Valores de p para Eficiencia Proteica (EP)**

	diff	lwr	upr	p adj
T37-T46	0.32286409	0.14415164	0.5015765	0.0018450
T40-T46	0.38237106	0.20365860	0.5610835	0.0005956
T43-T46	0.42702142	0.24830897	0.6057339	0.0002760
T40-T37	0.05950697	-0.11920549	0.2382194	0.7180021
T43-T37	0.10415733	-0.07455512	0.2828698	0.3129349
T43-T40	0.04465037	-0.13406209	0.2233628	0.8526022

**Anexo 17: Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) por réplica y tratamiento. Donde: T37 (control: 36,6 %), T40 (39,4 %), T43 (43,7 %) y T46 (46,3%), valores entre paréntesis representan el nivel de proteína.**

Tratamientos - réplicas	CDA proteína	CDA lípidos	CDA energía
T37 - 1	82,94	95,77	68,97
T37 - 2	76,25	97,56	56,78
T40 - 1	64,98	91,66	48,77
T40 - 2	64,42	89,59	45,63
T43 - 1	71,95	94,74	55,63
T43 - 2	76,89	95,48	64,93
T46 - 1	77,77	93,44	67,63
T46 - 2	79,81	94,94	68,96