Universidad Autónoma de Sinaloa

Colegio en Ciencias Agropecuarias

Facultad de Ciencias del Mar

Maestría en Ciencias Agropecuarias

TESIS:

Evaluación de diferentes niveles de proteína y lípidos dietéticos en índices productivos de juveniles de robalo blanco *Centropomus viridis*

Que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

María Isabel Zatarain Alvarado

DIRECTORES:

Dr. Gustavo Alejandro Rodríguez Montes de Oca

Dra. María Isabel Abdo de la Parra

ASESORES:

M. en C. Luz Estela Rodríguez Ibarra

Dr. Emyr Saúl Peña Marín

Dr. Asahel Benitez Hernández

Mazatlán, Sinaloa, México, a diciembre de 2023

Universidad Autónoma de Sinaloa

Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International

Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C.P. 80010 Culiacán Sin. Méx.
Tel (667) 713 78 32 y (667) 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad Autónoma de Sinaloa y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado para la realización del presente estudio.

Mi agradecimiento al personal de la planta piloto de producción de peces marinos del CIAD, por proporcionar los organismos para la elaboración del bioensayo.

Mi gran profundo agradecimiento a todas aquellas personas que estuvieron apoyándome en este proceso de aprendizaje.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS ..... **vi**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **vii**
RESUMEN ..... **viii**
ABSTRACT ..... **ix**
I. INTRODUCCIÓN **1**
II.ANTECEDENTES **4**
2.1. Ciclo de Vida y Ecología 4
2.2. Descripción Taxonómica 4
2.3. Requerimientos Nutricionales 6
2.3.1. Proteína 7
2.3.2. Lípidos 11
2.4. Cultivo de robalo blanco *C. viridis* 13
III.JUSTIFICACIÓN **15**
IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN **16**
V.HIPÓTESIS **17**
VI. OBJETIVOS **18**
6.1. Objetivo general 18
6.2. Objetivos específicos 18
VII. MATERIAL Y MÉTODOS **19**
7.1. Localización del área de trabajo 19
7.2. Descripción de la sala experimental 19
7.3. Diseño experimental 20
7.4. Elaboración de dietas experimentales 22
7.5. Análisis de los ingredientes y dietas 23

7.6. Origen de los organismos 24
7.7. Selección de los organismos 24
7.8. Alimentación 24
7.9. Evaluación biológica 24
7.10. Análisis estadístico 26
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28
8.1. Peso ganado (incremento) 28
8.2. Tasa de crecimiento 29
8.3. Tasa de Crecimiento Específico 31
8.4. Tasa de Conversión Alimenticia 32
8.5. Tasa de Eficiencia Alimenticia 33
8.6. Índice de Eficiencia Proteica 33
8.7. Índice hepatosomático 35
8.8. Grasa peritoneal 36
8.9. Factor de condición 37
8.10. Supervivencia 38
IX. CONCLUSIÓN 40
X. LITERATURA CITADA 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación (g kg) y composición proximal de las dietas experimentales para juveniles de robalo blanco *C. viridis*..... **23**

Tabla 2. Parámetros de crecimiento de juveniles de robalo blanco *C. viridis* alimentados con las dietas experimentales. **29**

Tabla 3. Eficiencia alimenticia de juveniles de robalo blanco *C. viridis* alimentados con dietas experimentales. **35**

Tabla 4. Parámetros biométricos de juveniles de robalo blanco *C. viridis* alimentados con dietas experimentales. **38**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), unidad Mazatlán A.C. **19**

Figura 2. Sala de bioensayos donde se realizó el experimento..... **20**

Figura 3. Diagrama de distribución de la sala experimental con la distribución de las dietas al azar (tres réplicas por tratamiento). Donde T significa tina y D significa dieta. **21**

Figura 4. Estimación del porcentaje de inclusión de proteína ideal para obtener los mayores valores de tasa de crecimiento para juveniles de robalo blanco *C. viridis* en dietas con A) 10 L y B) 13 L..... **31**

RESUMEN

Evaluación de diferentes niveles de proteína y lípidos dietéticos en índices productivos de juveniles de robalo blanco *Centropomus viridis*
María Isabel Zatarain Alvarado

El robalo blanco *Centropomus viridis* es una especie de valor comercial en el mercado mexicano y con potencial para su cultivo. Por esto, es necesario desarrollar dietas que cubran los requerimientos nutricionales para el desarrollo de esta especie. En el presente estudio se evaluó el efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos en la dieta sobre índices productivos de juveniles de robalo blanco *C. viridis* (peso promedio =18±1g) producidos en laboratorio. Se formularon 8 dietas con 4 niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y dos niveles de lípidos (10 y 13%), con las cuales se alimentaron a los juveniles durante 56 días. Una vez terminado el experimento, se determinó los índices productivos: incremento en peso, tasa de crecimiento, tasa de crecimiento específico, supervivencia, tasa de conversión alimenticia, tasa de eficiencia alimenticia, índice de eficiencia proteica, índice hepatosomático, grasa peritoneal y factor de condición. Los peces alimentados con las dietas de 38% de proteína y 13% de lípidos obtuvieron mayor incremento en peso corporal, mejores tasas de crecimiento, supervivencia y mejores tasas de eficiencia alimenticia que los organismos alimentados con las dietas de 30 y 34% de proteína y sus dos niveles de lípidos, siendo estos resultados relevantes para la formulación de dietas específicas en el cultivo de robalo blanco *C. viridis*.

Palabras clave: Requerimientos nutricionales, índices productivos, robalo blanco.

ABSTRACT

Evaluation of different levels of dietary protein and lipids on productive indices of juvenile white snook *Centropomus viridis*

María Isabel Zatarain Alvarado

The white snook, *Centropomus viridis*, is a commercially valuable species in the Mexican market with potential for aquaculture. Therefore, it is necessary to develop diets that meet the nutritional requirements for the development of this species. In this study, the effect of different levels of protein and lipids in the diet on productive indices of juvenile white snook *C. viridis* (average weight = 18±1g) produced in a laboratory setting was evaluated. Eight diets were formulated with four levels of protein (30, 34, 38, and 42%) and two levels of lipids (10 and 13%), which were used to feed the juvenile for a duration of 56 days. Once the experiment was completed, the following productive indices were determined: body weight gain, growth rate, specific growth rate, survival rate, feed conversion rate, feed efficiency rate, protein efficiency ratio, hepatosomatic index, peritoneal fat, and condition factor. Fish fed diets containing 38% protein and 13% lipids showed higher body weight gain, better growth rates, survival rates, and better feed efficiency rates compared to organisms fed diets with 30% and 34% protein and the two lipid levels. These results are relevant for the formulation of specific diets in the cultivation of white snook *C. viridis.*

Keywords: Nutritional requirements, productive indices, white snook.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una importante actividad económica de producción de alimentos que engloba a todo un conjunto de actividades, técnicas y conocimientos del cultivo de especies acuáticas, vegetales y animales (INES, 2018). La FAO en 2020 la define como el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, crustáceos, moluscos y plantas acuáticas e implica la intervención del hombre en el proceso de cría en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección frente a depredadores, etc. y aplica en cultivos de organismos, tanto en zonas costeras, como en aguas al interior del territorio (Rueda-González, 2011; FAO, 2020).

Esta actividad es probablemente el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa ahora el 50% del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial (FAO, 2020). Aunque esta actividad se ha diversificado más hacia peces dulce acuícolas también se lleva a cabo en especies marinas, ya que la maricultura en México, como en otros países, es una alternativa tecnológicamente viable para la producción de alimento con alto contenido proteico (SEMARNAT, 2000).

Los peces de la familia Centropomidae son especies carnívoras, que habitan en áreas costeras y estuarinas tropicales. Tienen potencial para la acuicultura ya que se adaptan al cautiverio, aceptan alimento balanceado, presentan rápido crecimiento, una elevada eficiencia de conversión alimenticia y utilización de

energía, así como un alto potencial de rendimiento en biomasa en sistemas de producción (Vanacor *et al.*, 2002; Álvarez-Lajonchère y Tsuzuki, 2008). En general, todas las especies de robalo son consideradas de alto valor económico, debido al sabor, blancura de su carne y al tamaño que alcanzan en la etapa adulta; *Centropomus viridis* llega a medir hasta dos metros de longitud, aunque su talla comercial es de 60 cm (Labastida-Che *et al.,* 2013, Perera-García *et al.,* 2008).

Los robalos (*Centropomus* spp) por su volumen de captura se encuentran ubicados en el lugar 21 de la producción pesquera en México; mientras que, por su valor comercial, lo encontramos en el décimo lugar. En el año 2020 se registraron volúmenes de captura de 9,391 toneladas, con valor de 814,374 mil pesos (SAGARPA, 2020).

Las poblaciones silvestres de robalo blanco *C. viridis*, se han visto afectadas por diversas presiones antropogénicas como la pesca comercial y la deportiva; lo cual, ha llevado a la disminución natural de las mismas (Labastida-Che *et al.*, 2013). La disminución de las poblaciones ha aumentado la demanda y sus precios en el mercado, por ello existe un creciente interés por desarrollar sistemas de producción controlados de robalo blanco (Ibarra-Castro *et al.,* 2017). Sus hábitos carnívoros (Macal-López *et al.*, 2013), sus altos requerimientos proteicos (Concha-Frías *et al.,* 2018) y la limitada capacidad de los peces centropomidos para digerir proteínas vegetales (Lemus *et al.,* 2018), plantean desafíos para el diseño de alimentos específicos para *C. viridis*; por lo que es necesario conocer todos los

aspectos biotecnológicos en cada etapa de su ciclo biológico; para lo cual; determinar los requerimientos nutricionales de juveniles en cultivo es un primer paso para garantizar su supervivencia y desarrollo; en ese sentido, la nutrición acuícola tiene un papel muy importante en el crecimiento, en la función del sistema inmune de los organismos y en su resistencia a enfermedades (Webster y Lim, 2002).

La proteína es el nutriente más importante que afecta el crecimiento de los peces y el costo de los alimentos (Arredondo-Figueroa *et al.,* 2012) y los lípidos son fuente de energía, de componentes estructurales de membranas celulares y de ácidos grasos esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de los peces (Kim *et al.,* 2012). El presente trabajo está enfocado en evaluar diferentes niveles de proteína y lípidos en la dieta para determinar los niveles adecuados para el crecimiento, eficiencia alimenticia, y supervivencia e índices morfológicos de *C. viridis*.

II.ANTECEDENTES

2.1. Ciclo de Vida y Ecología

El robalo blanco *C. viridis* se encuentra distribuido en el Pacífico centro-oriental: desde Baja California, México y Golfo de California hasta Perú, incluidas las islas Galápagos (FishBase, 2022). Son organismos diádromos, eurihalinos, estrechamente relacionados con zonas estuarinas y de condiciones salobres (Rivas, 1986; Muhlia-Melo *et al.,* 1995; Taylor *et al.,* 2000; Vergara-Chen, 2014). Las especies de robalo americano maduran en el mar, sus huevos se desovan y fertilizan cerca de la costa. Huevos y larvas entran a estuarios donde crecen por algunos meses aprovechando los nutrientes presentes en estos cuerpos de agua. Posteriormente, migran a cuerpos de agua dulce donde los juveniles crecen hasta alcanzar la madurez sexual para después regresar a aguas marinas para desovar y completar su ciclo de vida (D.O.F. 2022). Las condiciones ambientales para barramundi (*Lates calcarifer*) y robalo común son muy similares (Álvarez-Lajonchère y Tsuzuki, 2008). Schipp *et al.* (2007) reportaron temperatura de 28-32 °C y salinidad de 0 – 36 ppt como óptimas para el crecimiento de barramundi. El oxígeno disuelto para el crecimiento saludable de juveniles de barramundi y robalo común debe ser de 4 mg L^{-1} (aunque pueden tolerar 3 mg L^{-1}) y los adultos pueden tolerar 0.5-1.0 mg L^{-1} durante varias horas (Tucker, 2005).

2.2. Descripción Taxonómica

El robalo blanco C. viridis pertenece al género *Centropomus*, el cual está compuesto por 12 especies que se distribuyen en el continente americano, de las

cuales en el Océano Pacífico se localizan *C. viridis*, *C. nigrescens* , *C. medius*, *C. robalito* y *C. armatus*, extendiéndose desde Baja California Sur (México) hasta Perú; mientras que en el Mar Caribe (*C. undecimalis, C. mexicanus, C. pectinatus , C. poeyi ,C. ensiferus y C. parallelus*) se distribuyen desde Florida (EE.UU.) hasta Brasil (Álvarez-Lajonchère y Tsuzuki, 2008; Muhlia-Melo *et al*., 1994).

Clasificación taxonómica de *C. viridis* según (Nelson *et al*., 2004):

- Reino: Animalia
- Phylum: Chordata
- Subphylum: Vertebrata
- Superclase: Osteichthyes
- Clase: Actinopterygii
- Subclase: Neoterygii
- Infraclase: Teleostei
- Superorden: Acanthopterygii
- Orden: Perciformes
- Suborden: Percoidei
- Familia: Centropomidae
- Subfamilia: Centropominae
- Género: *Centropomus*
- Especie: *viridis*

2.3. Requerimientos Nutricionales

Un requerimiento nutricional, de acuerdo con Corbalán *et al.* (2010), se define como la cantidad mínima de energía, proteínas, hidratos de carbono y lípidos, agua, vitaminas y oligoelementos necesarios para el desarrollo y funcionamiento normal del organismo. En el caso de los peces, la nutrición es uno de los factores más importantes que influyen en el crecimiento y reproducción (De Silva y Anderson, 1995), además, el estado nutricional es considerado uno de los factores que determinan la capacidad de los peces para resistir enfermedades (Lall, 2000). Si el alimento no es consumido por los peces o sí los peces no son capaces de utilizarlo por deficiencia de nutrientes no habrá crecimiento. Un animal desnutrido no puede mantenerse sano y ser productivo, independientemente de la calidad de su ambiente (Bureau *et al.*, 1999). Por lo tanto, es importante contar con dietas balanceadas que cubran los requerimientos nutricionales del organismo que se esté cultivando.

Para el caso del robalo blanco *C. viridis*, Ortiz (2006) realizó un ensayo con robalo blanco *C. viridis* capturados del medio silvestre para evaluar su adaptación a condiciones de cultivo y crecimiento alimentándose con alevines de tilapia, cubos de filete de tilapia o alimento para tilapia al 10% de la biomasa por tanque por día durante 30 días. Los robalos alimentados con alevines de tilapia tuvieron un incremento en peso promedio, en cambio los alimentados con los otros tratamientos antes mencionados perdieron peso durante el ensayo. Así mismo se adaptaron a las condiciones de cultivo y se observó una mortalidad del 2.6%.

Abdo-de la Parra *et al*. (2023) llevaron a cabo un bioensayo para determinar los requerimientos nutricionales de esta especie, donde se probaron niveles de proteína (40%, 46%, 52% y 58%) y lípidos (10% y 13%) en la dieta. Teniendo como resultado que, en el crecimiento de los juveniles, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Concluyendo, que los juveniles de *C. viridis* pueden ser alimentados con dietas con 40% de proteína,10% de lípidos y una relación de 20.69 $mg \cdot Kj^{-1}$ proteína/energía para obtener un crecimiento y eficiencia alimenticia adecuados sin afectar la supervivencia ni sus índices biométricos y hematológicos, bajo las condiciones de dicho estudio. Sirviendo esta información como base para definir los niveles de estos macronutrientes para la formulación de las dietas a probar en el presente trabajo.

2.3.1. Proteína

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en las células, las cuales están compuestas por aminoácidos, que llevan a cabo diferentes funciones fisiológicas en los organismos; En peces carnívoros, los requerimientos de aminoácidos y proteínas como fuente de energía son altos, ya que tienen una baja capacidad para digerir y metabolizar los carbohidratos como fuente de energía, por lo tanto, esta fuente de energía necesaria para su adecuado crecimiento es tomada de las proteínas (Navas, 1977; Koppe y Roem, 1998; Guzmán, 2003). En cambio, sí los peces carnívoros son alimentados con niveles de proteína cruda inferiores a los necesarios para alcanzar su máximo crecimiento, esto puede ser una limitante debido a una menor disponibilidad de algunos aminoácidos, inclusive

puede existir pérdida de peso, ya que el uso de las proteínas será para mantener funciones de los tejidos vitales (Wilson, 2002; Schuchardt *et al*., 2008).

El requerimiento de proteína varía de acuerdo la especie, calidad de la proteína (digestibilidad, perfil de aminoácidos, procesado), relación proteína/energía, estado fisiológico del pez (tamaño, edad, reproducción), parámetros ambientales (temperatura del agua, época del año, etc.), diferencias genéticas y nivel de ingesta de alimento (Sanz, 2009).

La proteína dietética es el principal componente de las sustancias metabólicas en el cuerpo (Yadata *et al.,* 2019; Wu *et al*., 2020). El crecimiento de los peces puede verse afectado por una dieta insuficiente en proteínas (Arslan, *et al*., 2012; Jin *et al.,* 2015), esto debido a la utilización de proteína de tejidos menos vitales para el mantenimiento de aquellos más vitales (Wilson y Halver, 1986), mientras que si se administra exceso de proteína en la dieta aumentará la excreción de nitrógeno amoniacal y el costo del alimento (Barreto-Curiel *et al.,* 2019); sin embargo, si se administran los niveles adecuados de proteínas y lípidos en la dieta se obtendrá un mejor rendimiento del crecimiento (Ma *et al.,* 2020).

El consumo de alimentos, el índice hepatosomático y la composición corporal pueden verse afectados por el nivel de proteínas en la dieta (Huang *et al.,* 2017). La proteína afecta las respuestas fisiológicas de los peces y es el nutriente más costoso de la dieta (Liu *et al.,* 2013; NRC, 1993). Por lo tanto, es importante optimizar el nivel de proteína en la dieta satisfaciendo las necesidades

nutricionales del organismo en cultivo, esto a su vez reduciría el costo de la producción.

Diversos estudios se han llevado a cabo con juveniles de peces marinos para determinar el requerimiento mínimo de proteína en la dieta para el máximo incremento en peso (Gatlin, 2000). Se han registrado algunos estudios sobre especies de robalo de la familia Centropomidae, cuyos resultados han sido importantes logros para conocer los requerimientos nutricionales de *C. undecimalis* y coadyuvar a desarrollar dietas prácticas para las mismas. Gracia-López *et al.* (2003), probaron diferentes niveles de proteína (28.8%, 40.4%, 53.4% y 65.8%) y tres alimentos comerciales en *C. undecimalis* para evaluar su efecto sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia; reportando mayor crecimiento con 53.4% de proteína; sin embargo, no hubo diferencias significativas entre 40.4%, 53.4% y 65.8%; el factor de conversión alimenticia fue mayor para 40.4% y 53.4% de proteína. En otras especies de peces marinos se han reportado algunos resultados con diferentes niveles de inclusión de proteína. Pérez-Velázquez *et al.*(2015), probaron tres niveles de proteína (40, 45 y 50%) y tres niveles de grasa (8, 12 y 16%) en juveniles de corvina del Golfo *Cynoscion othonopterus*, encontrando que 40% de proteína fue suficiente para promover un crecimiento adecuado para esta especie, también almacenó significativamente más grasa en el tejido muscular con el aumento de los lípidos en la dieta, mostrando que un incremento por arriba de sus requerimientos en el aporte energético los peces marinos los almacenan como grasa visceral.

Abdo de la Parra *et al.* (2010) reportaron que juveniles de pargo lunarejo (*L. guttatus*), pueden ser alimentados con dietas que contengan 45 a 50% de proteína y 9 a 12% de lípidos para obtener buen rendimiento de crecimiento, supervivencia, factor de condición y tasa de conversión alimenticia. Jiang *et al*. (2015) evaluaron en juveniles de mero híbrido (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀) dietas que contenían 40%, 45%, 50% o 55% de proteína cruda, y con 7%, 10% o 14% de lípidos crudos, y se obtuvo con la inclusión de 40% de proteína menor ganancia de peso y un factor de conversión alimenticia significativamente más alto; sin embargo, en los otros niveles de proteína no se observó diferencia, con la inclusión del 7% de lípidos se obtuvo un índice de eficiencia proteica significativamente mayor. Rueda-López *et al.* (2011) evaluaron el efecto de la relación proteína/energía sobre el crecimiento de la totoaba (*T. macdonaldi*); utilizaron dietas experimentales con tres niveles de proteína cruda (43, 48 y 52%) y dos niveles de lípidos crudos (8.5 y 18%). Los peces alimentados con una dieta alta en proteína y baja en lípidos tuvieron un peso significativamente mayor en comparación con los otros tratamientos.

Del mismo modo Chai *et al.* (2013) llevaron a cabo un bioensayo con corvina gigante *Nibea japónica*, donde evaluaron dietas, con niveles de proteína cruda (36, 40, 48 y 52%) y niveles de lípidos crudos (9 y 15%), además de una dieta de pescado crudo como referencia. Los resultados sugieren un nivel adecuado de proteína cruda de 48% y 9% de lípidos crudos para corvinas gigantes criadas en corrales. Mientras que en juveniles de pez roca *S. schlegeli* (Cho *et al*., 2015) determinaron los niveles de proteína y lípidos crudos óptimos en la dieta,

utilizando dietas con tres niveles de proteína (45, 50 y 55%) y tres niveles de lípidos (11, 15 y 19%). No encontraron diferencias significativas en cuanto a supervivencia, el incremento en peso e índice de eficiencia proteica fue más alto con la dieta de 50% de proteína y 15% de lípidos.

Bulut *et al.* (2014) llevaron a cabo un estudio para investigar los efectos de diferentes niveles de proteína y lípidos en la dieta, para juveniles de dorada *Diplodus vulgaris*; con niveles de proteína (35, 40, 45 y 50%) y niveles de lípidos (10 y 15%), recomendando niveles de inclusión de 35% de proteína y 15% de lípidos en la dieta para un óptimo crecimiento de esta especie.

2.3.2. Lípidos

Los lípidos proporcionan vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales y fosfolípidos a los peces; los cuales se utilizan para el funcionamiento de procesos reproductivos, fisiológicos y del desarrollo (Kumar *et al.,* 2018), así como para la maduración de huevos de las hembras (Hernández-Abad *et al*., 2018). La utilización de lípidos en la dieta de los peces carnívoros puede mejorar el crecimiento (Meng *et al.,* 2019; Guo *et al.,* 2019). Sin embargo, se debe considerar que una cantidad escasa o excesiva de lípidos en la dieta será dañina para el crecimiento (Chatzifotis *et al*., 2010) y la resistencia a las enfermedades de los peces (Bonvini *et al*., 2015). Los lípidos son considerados como fuente de energía no proteica, por lo que diversos estudios indican que las fuentes de energía no proteicas promueven la utilización de proteínas para el crecimiento corporal en lugar del consumo de energía en los peces (Ma *et al.,* 2020; Mock *et al.,* 2018).

Los niveles de lípidos en la dieta sobre el crecimiento de los peces varían considerablemente según la especie, el tamaño, la edad, la formulación y composición de la dieta y las condiciones de crianza. Un efecto de ahorro de proteínas mediante la suplementación de lípidos ha sido bien demostrado para *Centropomus undecimalis* (Arenas *et al*., 2021), *Acanthopagrus schlegeli* (Wang *et al*.,2019), *Nibea diacanthus* (Li *et al*., 2017), salmónidos y lubinas (Torstensen *et al*., 2001). Mediante la suplementación de nutrientes no proteicos como los lípidos, se evita la oxidación de proteínas, de esta manera los peces pueden utilizar las proteínas para el crecimiento del músculo y a su vez utilizar una fuente de energía de bajo costo, cubriendo sus requerimientos energéticos (Ozorio *et al*., 2006) para formar un efecto ahorrador de proteínas.

En algunas especies marinas en cultivo se ha estudiado el efecto de los lípidos en la dieta; Chatzifotis *et al*. (2010) probaron dietas isoproteicas 43%, con 13, 17 y 21% niveles de lípidos, para evaluar su efecto sobre el crecimiento de perca regia *Argyrosomus regius*, recomendando una inclusión de 17% de lípidos en la dieta es suficiente para obtener un incremento en peso, longitud y tasa de crecimiento específica. En otro estudio, Hauville *et al.* (2015) compararon el contenido de lípidos y ácidos grasos en tejido muscular, hígado y huevos de reproductores de *C. undecimalis* mantenidos en cautiverio y reproductores del medio silvestre, encontrando mayor incorporación de lípidos en los organismos mantenidos en cautiverio en comparación con los del medio silvestre.

González-Félix *et al*. (2016) evaluaron el efecto de varios niveles de lípidos en la dieta para corvina aleta corta *Cynoscion parvipinnis*, utilizando niveles de lípidos (8, 12 y 16%) y niveles de inclusión de aceite de pescado (100% aceite pescado, 75% aceite pescado-25% aceite soya y 50% aceite pescado-50% aceite de soya) un aumento en el contenido de grasa en el músculo 1.88% en los peces alimentados con 50% aceite pescado-50% aceite de soya-50%. Desde una perspectiva económica, sería deseable limitar la inclusión de aceite de pescado y mantener un 8% de lípidos dietéticos totales, además se puede reemplazar hasta un 50% por aceite de soya sin efectos adversos sobre el crecimiento.

Sankian *et al*. (2017) diseñaron un ensayo para evaluar los efectos del contenido de proteínas y lípidos en la dieta sobre el crecimiento, utilización de alimento y composición muscular en juveniles de agua dulce de pez mandarín *Siniperca scherzeri*, formulando dietas con 35, 45 y 55% niveles de proteína y niveles de lípidos (7 y 14%); los resultados mostraron que el incremento en peso y tasa de crecimiento específico aumentó significativamente con las dietas que contenían 55% de proteína, no importando el nivel de lípidos en la dieta (7 al 14%).

2.4. Cultivo de robalo blanco *C. viridis*

Actualmente a nivel mundial diferentes instituciones están trabajando en el desarrollo de biotecnología para el cultivo de especies marinas de interés comercial, entre ellas las especies de robalo de la familia Centropomidae (INAPESCA, 2018).

Se ha logrado la producción de robalo *C. viridis* en la planta piloto de producción de peces de CIAD Mazatlán (Ibarra-Castro *et al*., 2017), lo que ha permitido la ejecución de bioensayos a escala piloto sobre la optimización de la tasa de crecimiento de esta especie. También, se han realizado estudios sobre estrategias de alimentación (Abdo de la Parra *et al*., 2020), reemplazo de harina de pescado (Arriaga-Hernández *et al*., 2021), y enfermedades que arrojan luz adicional sobre el cultivo potencial de *C. viridis* (Soto-Rodríguez *et al*., 2019; Lozano-Olvera *et al*., 2020, Morales-Serna *et al*., 2020a; Morales- Serna *et al*., 2020b). Asimismo, Baldini Giovanni et al., 2022 evaluaron la viabilidad técnica y económica del cultivo del robalo blanco en jaulas flotantes y/o estanques, lo cual permite elaborar técnicas de cultivo en ambos sistemas, así como evaluar los factores biológicos (tasa de crecimiento y tasa de conversión alimenticia), supervivencia; factores financieros (precio de venta final, costo de alimentación y precio) del juvenil relacionados con la viabilidad del cultivo de robalo blanco.

III.JUSTIFICACIÓN

C. viridis, al igual que otras especies de robalos, se encuentra entre las especies más apreciados por la calidad de su carne. Sin embargo, las poblaciones silvestres de robalo han disminuido considerablemente, reduciendo su presencia en el mercado nacional; por lo tanto, es importante impulsar el desarrollo en la biotecnología de cultivo de esta especie, y de esa manera contribuir a la demanda alimentaria de nuestro país. A la fecha se ha desarrollado una tecnología exitosa para la producción de juveniles en cautiverio para *C. viridis* en México; Abdo-de la Parra *et al*. (2023) recomiendan futuras investigaciones para evaluar si las necesidades de proteína dietética en los juveniles de esta especie están por debajo del 40%, así como evaluar diferentes niveles de lípidos en la dieta, para determinar si existe un efecto ahorrador de proteínas por parte de los lípidos dietéticos. Esto permitirá realizar estudios a escala piloto donde puedan evaluarse los requerimientos nutricionales de la especie en lo que corresponde a los niveles de proteína y lípidos en la dieta de juveniles que generen los mejores rendimientos en eficiencia alimenticia, supervivencia y que a su vez se traduzcan en un crecimiento óptimo de la especie y disminuir los costos de cultivo al contar con una dieta balanceada específica para la especie.

IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los niveles necesarios de proteína y lípidos en alimento balanceado para maximizar el crecimiento y supervivencia de juveniles de robalo blanco *C. viridis* en cautiverio?

V.HIPÓTESIS

Ho: Si juveniles de robalo blanco *C. viridis* son alimentados con dietas que contienen cuatro niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y dos niveles de lípidos (10 y 13%), estos no presentarán diferencias en ganancia de peso, eficiencia alimenticia y supervivencia.

Ha: Si juveniles de robalo blanco *C. viridis* son alimentados con dietas que contienen cuatro niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y dos niveles de lípidos (10 y 13%), entonces, por lo menos un tratamiento mostrará diferencias en ganancia de peso, eficiencia alimenticia y supervivencia.

VI. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y dos niveles de lípidos (10 y 13%) en la dieta sobre el crecimiento, eficiencia alimenticia, supervivencia e índices somáticos de juveniles de robalo blanco *C. viridis.*

6.2. Objetivos específicos

1. Determinar el nivel adecuado de proteína en la dieta para el crecimiento, supervivencia de juveniles de robalo blanco *C. viridis*, alimentados con dietas que contienen niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y niveles de lípidos (10 y 13%).

2. Determinar el nivel adecuado de lípidos en la dieta para el crecimiento y supervivencia de juveniles de robalo blanco *C. viridis*, alimentados con dietas que contienen niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y niveles de lípidos (10 y 13%).

3. Evaluar el efecto de la interacción de diferentes niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y lípidos (10 y 13%) en la dieta en la eficiencia alimenticia de juveniles de robalo blanco *C. viridis*.

4. Evaluar el efecto de la interacción de diferentes niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y lípidos (10 y 13%) en la dieta en índice somático (índices hepatosomático, índice de grasa intraperitoneal) de juveniles de robalo blanco *C. viridis*.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. Localización del área de trabajo

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) (Fig. 1), unidad Mazatlán A. C.

Figura 1. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), unidad Mazatlán A.C.

7.2. Descripción de la sala experimental

En el área donde se llevó a cabo el experimento se utilizaron 24 tanques cilíndricos de fibra de vidrio color negro con una capacidad de 600 litros, cada uno con un drenaje central de 50 mm, cubierto con malla de 0.51 cm. para evitar la salida de los peces y a la vez permitir la limpieza de los tanques (Fig.

2). Cada tanque contó con aireación y flujo de agua continuo (6 L min $^{-1}$ aproximadamente), con regulación individual, según sea necesario. El agua de mar se bombeo desde playa brujas, Mazatlán y fue filtrada a través de filtros de arena y de cartuchos de 16 micrómetros de retención relativa.

Figura 2. Sala de bioensayos donde se realizó el experimento.

7.3. Diseño experimental

Se llevó a cabo un experimento, donde se formularon 8 dietas con cuatro niveles de proteína (30, 34, 38 y 42%) y dos niveles de lípidos cada una (10 y 13%) nombradas como P30/L10, P30/L13, P34/L10, P34/L13, P38/L10, P38/L13, P42/L10, P42/L13, respectivamente, con tres réplicas por cada dieta. En cada tanque se colocaron 20 juveniles de robalo blanco *C. viridis* con un peso promedio aproximado de 18.0±1.0 g. La distribución de los tratamientos se realizó al azar, los tanques se marcaron para su identificación (Fig. 3) y se alimentaron con las dietas experimentales tres veces al día ofreciendo a saciedad aparente durante ocho semanas.

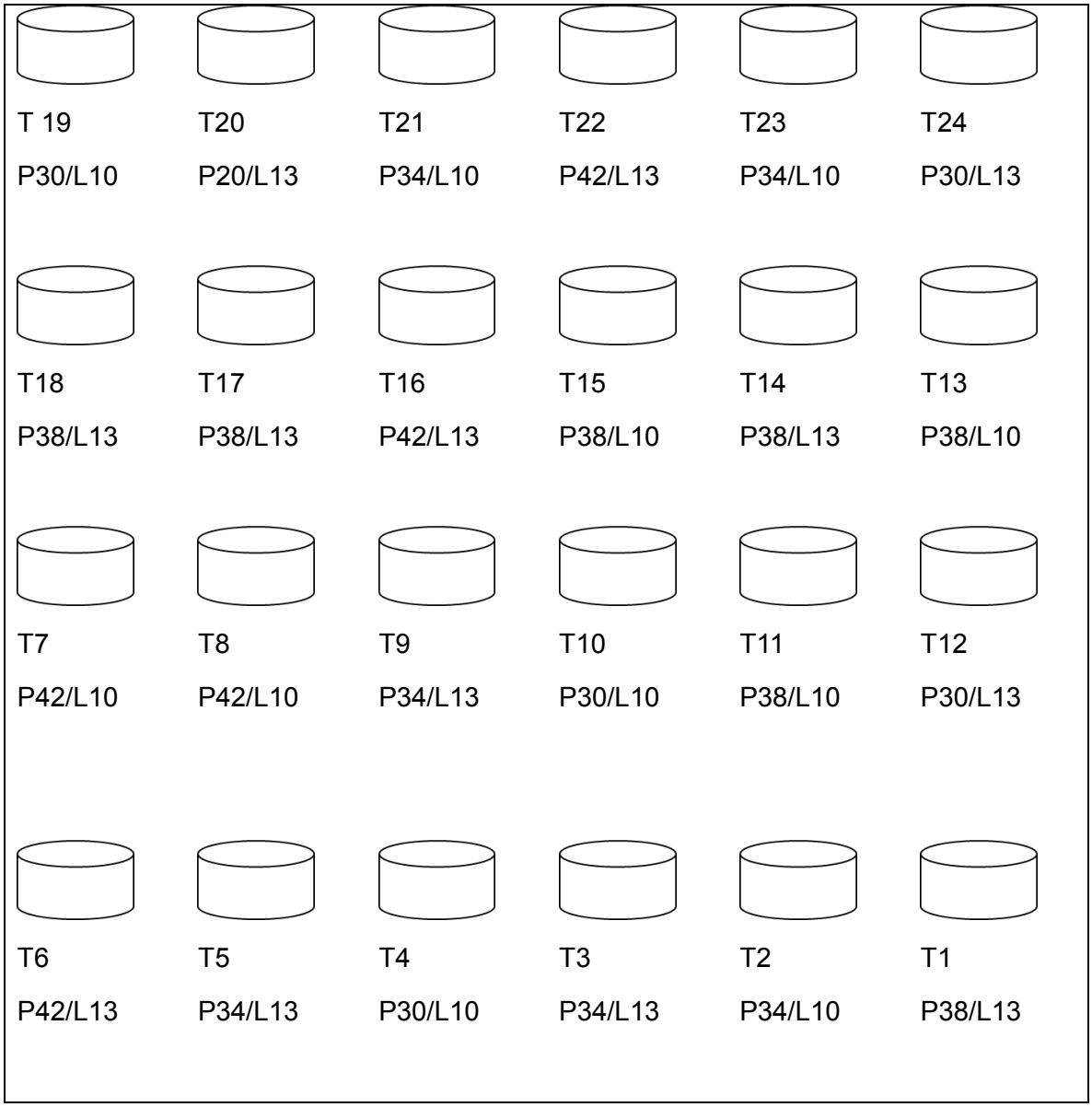

Figura 3. Diagrama de distribución de la sala experimental con la distribución de las dietas al azar (tres réplicas por tratamiento). Donde T significa tina y dieta es nombrada P30/L10, P30/L13, P34/L10, P34/L13, P38/L10, P38/L13, P42/L10, P42/L13.

7.4. Elaboración de dietas experimentales

Como fuente proteica se utilizó harina de pescado, harina de krill, de ave y cerdo y como fuente de lípidos se utilizó aceite de pescado. Las premezclas de minerales y vitaminas se mantuvieron constantes en las dietas al igual que el alginato. Las dietas experimentales se elaboraron en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los ingredientes se molieron finamente mediante un molino de martillos de marca Micron. Se pesaron de acuerdo con la formulación (Tabla 1) y se mezclaron en una batidora Kitchen Aid de 5 litros. Primeramente, se mezclaron las harinas y posteriormente se tomó una porción de esta mezcla para adicionar las premezclas de vitaminas y minerales y el alginato, el resto de la mezcla se añadió lentamente hasta homogeneizar la mezcla, después se añadió el aceite de pescado y finalmente se agregó 20% de agua. Posteriormente, se peletizó por medio de un molino de carne Torrey utilizando un dado de 3/8; los pellets se distribuyeron en charolas para ponerlos en el secador a 40° C durante 12 horas. Una vez secos, los pellets fueron colocados en recipientes herméticos previamente etiquetados y se refrigeraron hasta su utilización en el experimento.

Tabla 1. Formulación (g kg) y composición proximal de las dietas experimentales para juveniles de robalo blanco *C. viridis.*

	DIETAS							
	P42/ L10	**P42/ L13**	**P38/ L10**	**P38/ L13**	**P34/L10**	**P34/L13**	**P30/L10**	**P30/ L13**
H. pescado	448.4	448.5	405.6	405.6	363	363	320.3	320.3
Krill ProAqua	26.8	26.6	24.3	24.3	21.6	21.6	19.3	19.3
H. Ave prime	91.5	91.5	82.8	82.8	74.1	74.1	65.2	65.2
H. Cerdo	98.8	98.8	89.4	89.4	80	80	70.5	70.5
Aceite pecado	25.9	55.9	32	62	38.1	68.1	44.2	74.2
Almidón	260.3	230.4	317.6	287.6	374.9	344.9	433.2	403.2
Alginato	25	25	25	25	25	25	25	25
Premix* minerales	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Premix vitamínico**	6	6	6	6	6	6	6	6
Carotenoides	1	1	1	1	1	1	0	0
Lecitina de Soya	10	10	10	10	10	10	10	10
Vit C.	1	1	1	1	1	1	1	1
Colina	2	2	2	2	2	2	2	2
Antioxidante	1	1	1	1	1	1	1	1
Proteína %	42.1	42.63	37.84	37.84	34.58	34.36	29.97	29.96
Lípidos %	10.03	13.09	9.97	13.22	10-01	13.08	10.04	13.05
Ceniza %	13.22	13.41	11.9	12	10.39	10.63	9.22	9.32
KJ g^{-1}	19.6	20.2	19.5	20.2	19.5	20.2	19.5	20.2

*ROVIMIX R C-EC (Roche) agente activo de 35 %.vitamin premix composition g, mg or International Units per kg of diet: **vitamin A, 10,000,000 IU;** vitamin D3, 2,000,000 IU; **vitamin E, 100,000 IU; **vitamin K3, 4.0 g; **thiamine B1, 8.0 g; **riboflavin B2, 8.7 g; **pyridoxine B6, 7.3 g;** vitamin B12, 20.0 mg; **niacin, 50.0 g; **pantothenic acid, 22.2 g;** inositol, 0.15 mg; nicotinic acid, 0.16 mg; **folic acid, 4.0 g; biotin, 500 mg; **vitamin C, 10.0 g; choline 0.3 mg, excipient q.s. 2 g; *manganese, 10 g;* magnesium, 4.5 g; *zinc, 1.6 g; *iron, 0.2 g; *copper, 0.2 g; *iodine, 0.5 g; *selenium, 40 mg; *cobalt 60 mg. Excipient q.s. 1.5 g.

7.5. Análisis de los ingredientes y dietas

Cada una de los ingredientes y dietas se analizaron mediante el método de análisis proximal, incluye determinación del contenido de humedad 4.1.06, cenizas 32.1.05, lípidos 4.5.05 y proteína 12.1.07 descrito por la AOAC (2000).

7.6. Origen de los organismos

Para realizar este bioensayo se utilizaron juveniles de robalo blanco *C. viridis* de tres meses de edad procedentes de la planta piloto de producción de juveniles de peces marinos de las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Mazatlán.

7.7. Selección de los organismos

Para conocer la frecuencia de talla, se realizó la separación por tamaño tomando el peso individual de un lote de juveniles, para distribuirlos homogéneamente y poder obtener un peso promedio igual (18±1g) en cada tanque.

7.8. Alimentación

El alimento se suministró a los organismos de cada tanque de forma manual tres veces al día (8:00, 12:00 y 16:00 h), ofreciendo poco a poco hasta saciedad aparente. Diariamente se limpió el fondo de los tanques para eliminar restos de alimento y desechos orgánicos de los peces y se registró el consumo de alimento de los peces.

7.9. Evaluación biológica

El muestreo de los peces se realizó al inicio del experimento y posteriormente cada 14 días, los organismos fueron anestesiados con esencia de clavo, posteriormente se pesaron individualmente en una balanza digital (precisión de ± 0.05 g); se determinó su longitud total (LT) con un ictiómetro, para determinar peso

ganado (PG), tasa de crecimiento (TC), tasa de crecimiento específica (TCE), tasa de supervivencia (S), tasa de conversión alimenticia (TCA), tasa de eficiencia alimenticia (TEA), índice de eficiencia proteica (IEP), factor de condición (FC); posteriormente, fueron seleccionados 3 peces al azar por cada tanque para determinar índice hepatosomático (IHS) e índice de grasa intraperitoneal (IGP), donde se aplicaron las fórmulas que se describen a continuación.

Peso ganado (incremento)

$$PG = peso\ promedio\ final(g) - peso\ promedio\ inicial(g)$$

Tasa de Crecimiento

$$TC(\%) = \frac{peso\ promedio\ ganado(g)}{peso\ \ promedio\ inicial(g)} \times 100$$

Tasa de Crecimiento Específica

$$TCE(\%) = \frac{ln\ peso\ final - \ ln\ peso\ inicial}{tiempo\ días} \times 100$$

Supervivencia

$$\%S = \frac{No.final\ de\ organismos}{No.inicial\ de\ organismos} \times 100$$

Tasa de Conversión Alimenticia

$$TCA = \frac{alimento\ consumido(g)}{peso\ ganado(g)}$$

Tasa de Eficiencia Alimenticia

$$TEA = \frac{peso\ ganado(g)}{alimento\ consumido(g)}$$

Índice de Eficiencia Proteica

$$IEP = \frac{incremento\ en\ peso(g)}{consumo\ de\ proteína\ (g)}$$

Índice Hepatosomático

$$IHS(\%) = \frac{peso\ del\ hígado(g)}{peso\ total\ del\ \ organismo(g)} \times 100$$

Grasa peritoneal

$$IGP(\%) = \frac{peso\ de\ grasa\ peritoneal\ (g)}{peso\ total(g)} \times 100$$

Factor de condición

$$K = \frac{peso\ final\ (g)}{(largo\ total\ (cm))^3} \times 100$$

7.10. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de broken-line mediante el programa R Studio versión 4.1.2, comparando la ganancia de peso contra el nivel de proteína de las diferentes dietas. Los datos en porcentaje se transformaron a arcoseno. Antes de

realizar el análisis estadístico se verificó la normalidad y homogeneidad de la varianza, al ser datos paramétricos se sometieron a un análisis de varianza factorial ($p<0.05$), ANOVA de una vía mediante el programa Statgraphics Centurion XVI v.16.204. Al encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó una prueba de comparación múltiple rangos de Tukey ($p<0.05$).

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Peso ganado (incremento)

Al analizar el peso ganado al término de las ocho semanas de bioensayo se observaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre dietas con P34/L13 y P38/L13 (Tabla 2). Es posible identificar que las dietas correspondientes a 30 y 34% de proteína en cualquiera de los dos niveles de lípidos (10 y 13%) generaron bajas ganancias en peso (PG) con respecto a las dietas con 38 y 42% de proteína en ambos niveles de lípidos; mostrando el mayor PG la dieta P38P/L13.

Por lo general, los peces carnívoros presentan requerimientos altos de proteína (40- 60%) y lípidos (6-15%) con un perfil específico de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, estos son nutrientes fundamentales para la formación de tejido corporal, del crecimiento y de la ganancia en peso (Gracia-López *et al*., 2003; Fragoso Machado, 2011). El problema radica que, al tener comportamientos y requerimientos diferentes entre especies, es complicado generalizar las dietas, por lo que es necesario realizar investigaciones particulares para cada especie (Ma *et al*., 2020), otros autores como Mirabent y Toledo (2018) encontraron que los robalos (*C. undecimalis*) requieren de dietas con altos niveles proteicos (>40%), lo que puede explicar la eficiencia de nuestras dietas con porcentajes altos de proteína.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento de juveniles de robalo blanco *C. viridis* alimentados con las dietas experimentales.

PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

DIETAS(P/L)	PPI(g)	PPF(g)	PG(g)	TC (%)	TCE (%)
P30/L10	18.11±0.1	35.74 ±6.77^{ab}	17.62 ±6.7^{ab}	97.2 ±39.22^{ab}	1.38 ±0.43^{ab}
P30/L13	18.03 ±0.4	37.54 ±3.04^{ab}	19.5 ±3.0^{abc}	108.1 ±18.11^{ab}	1.49 ±0.17^{abc}
P34/L10	18.04 ±0.2	37.95 ±8.59^{ab}	19.9 ±8.5^{abc}	110.3 ±50.97^{ab}	1.51 ±0.47^{abc}
P34/L13	17.98 ±0.3	32.66 ±4.48^{a}	14.68 ±4.4^{a}	81.6 ±21.9^{a}	1.21 ±0.24^{a}
P38/L10	18.36 ±0.1	51.15 ±4.64^{ab}	32.79 ±4.6^{cd}	178.6 ±22.33^{bc}	2.09 ±0.16^{cd}
P38/L13	18.08 ±0.3	54.58 ±7.12^{b}	36.48 ±7.1^{d}	201.7 ±43.02^{c}	2.25 ±0.30^{d}
P42/L10	17.89 ±0.2	48.06 ±9.67^{ab}	30.16±9.6^{bcd}	168.5 ±55.69^{bc}	2.01 ±0.40^{bcd}
P42/L13	17.99 ±0.3	53.05±7.86^{ab}	30.2±10.0^{bcd}	167.8 ±60.64^{bc}	2.01 ±0.45^{bcd}

Los valores son la media ± DE(n=3) P: % de proteína, L: % de lípidos, PPI: peso promedio inicial (g), PPF: peso promedio final (g), PG: peso ganado (g), TC: tasa de crecimiento (%), TCE: tasa de crecimiento específico (%). Superíndices distintos entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

8.2. Tasa de crecimiento

Al analizar la tasa de crecimiento se identificaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre dietas; como se puede observar en la tabla 2, la dieta P38 /L13 obtuvo la mayor tasa de crecimiento ($p<0.05$) en comparación con las dietas de 30 y 34% de proteína y ambos niveles de lípidos; sin embargo, no fue significativamente diferente ($p> 0.05$) al resto de las dietas.

Posteriormente, estimada la tasa de crecimiento, se utilizó esta información para alimentar un modelo cuadrático que permitió estimar para las dietas con inclusión de 10% y 13% de lípidos, el porcentaje de inclusión de proteína que generaría la mayor tasa de crecimiento (Fig. 4); como resultado se identificó que para las dietas con 10 lípidos el requerimiento ideal es de 38 de proteína para

obtener una TC de 180%, mientras que para las dietas con 13 L, el requerimiento ideal de proteína es de 38 P para obtener una TC de 210%.

En el medio natural, la tasa de crecimiento está influenciada por diversos factores interrelacionados como la especie, calidad y frecuencia de alimentación, la calidad del agua, la densidad de siembra y factores fisicoquímicos; siendo uno de los más importantes la temperatura, cuando se incrementan los valores de esta última, también se incrementa la tasa metabólica de los peces, provocando una mayor demanda energética (Clark y Seymour, 2006).

A pesar de que las dietas con 10 y 13% de lípidos y un nivel de proteína del 38% generaron las mejores tasas de crecimiento con valores entre 180 y 210 %, (ganancias diarias de peso entre 0.58 g día $^{-1}$ y 0.65 g día $^{-1}$), se necesita realizar una mayor cantidad de estudios donde se consideren múltiples factores que alteren el crecimiento (Mensah y Attipoe, 2013), así como es necesario evaluar si el crecimiento es sostenido y los costos que implicaría para llevarlo a una viabilidad comercial (Føre *et al*., 2018). Los resultados obtenidos de los modelos cuadráticos calculados son un avance importante para futuros estudios donde se podrían utilizar como límites máximos para los niveles de proteínas en la formulación de dietas para especies de la familia Centropomidae.

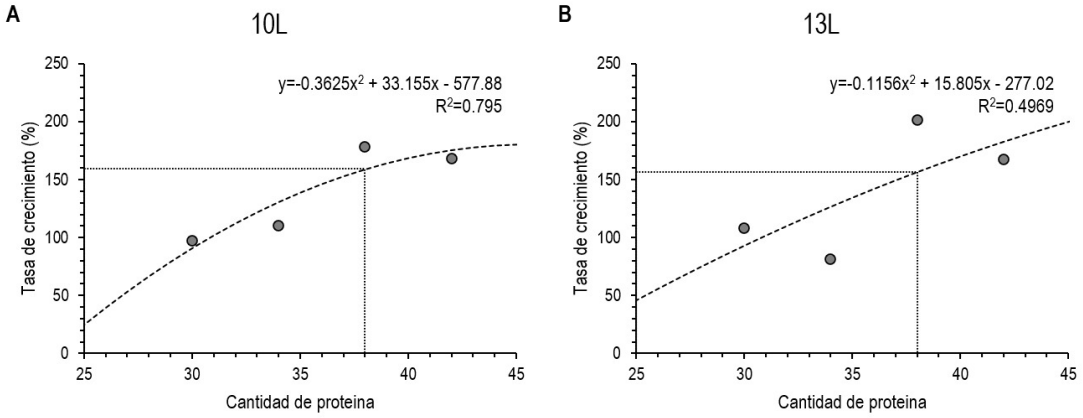

Figura 4. Estimación del porcentaje de inclusión de proteína ideal para obtener los mayores valores de tasa de crecimiento para juveniles de robalo blanco *C. viridis* en dietas con A) 10 L y B) 13 L.

8.3. Tasa de Crecimiento Específico

El valor más alto de TCE (Tabla 2) se obtuvo con la dieta P38/L13 siendo significativamente diferente ($p<0.05$) a la TCE obtenida en las dietas con 30% y 34% de proteína y ambos niveles de lípidos y entre el resto de las dietas, no se observaron diferencias significativas ($p>0.05$).

En este contexto, Abbas *et al*. (2005) y Abbas y Siddiqui (2009) reportaron valores similares de TCE cercanas a 2.5% para juveniles de *Lutjanus argentimaculatus* con pesos promedio de 8 y 27.1 g, alimentando a los peces con dietas con 40% de proteína. De la misma manera Catacutan *et al*. (2001) reportaron TCE aproximados de 1,8% alimentando a juveniles de 21,0 g con dietas que contenían 44% de proteína y 10% de lípidos. Mientras que, para *C. undecimalis* Silvão y Nunes (2017) reportaron que los peces alcanzaron una TCE

que osciló entre los 1.24 y 1.57 % día-1. Para *C. viridis* Abdo de la Parra, *et al*., 2023 reportaron que la TCE no fue afectada por el nivel del proteína o lípidos en la dieta; por su parte *Arriaga*-Hernández *et al*., 2021 reportaron que la TCE no se vio afectada por el uso de harina de soya y concentrado de proteína de soya, reemplazando la harina de pescado en las dietas, pudiendo lograr una sustitución del 15% al 45% de harina de pescado por harina de soya.

En relación con los lípidos, estos parecen no afectar el crecimiento cuando se utilizaron las proporciones de 10 y 13 % con niveles en la dieta de 38 y 42 % de proteína. Coincidiendo con los estudios de Flores (1997) y Castelló (1997) que señalan que en peces marinos los requerimientos lipídicos están entre 10-20%.

8.4. Tasa de Conversión Alimenticia

La menor TCA (Tabla 3) fueron registradas en los tratamientos que contienen P38/10L, P38/L13, P42/L10 y P42/L13, por el contrario, la mayor TCA correspondió a los tratamientos con porcentaje de proteína más bajo (30 y 34 %), independientemente del nivel de lípidos.

La TCA es indispensable para la viabilidad de los proyectos acuícolas, debido a que está directamente relacionada con los costos de alimentación y el impacto ambiental. Por lo que valores bajos de TCA indican una mejor utilización del alimento y una mayor eficiencia en la producción acuícola, lo cual se vio reflejado en los resultados obtenidos con la dieta P38/L13 (TCA = 1.21) y explicando que es necesario 1.21 kg de alimento balanceado para conseguir 1 kg de peso en el

robalo blanco. Sin embargo, la TCA puede verse afectada por varios factores, como la calidad del alimento, la composición de la dieta, las condiciones de cultivo, la salud de los peces y el manejo adecuado del alimento (Steffens, 1997).

8.5. Tasa de Eficiencia Alimenticia

La eficiencia alimenticia en las cuatro dietas con niveles de proteína entre 38-42% fue significativamente mayor ($p<0.05$) que el resto de las dietas, lo cual puede indicar que los peces están utilizando el alimento de manera eficiente para su crecimiento, por lo tanto, los futuros costos de producción de la dieta se mantendrían bajos.

Como podemos observar se registró un agrupamiento de la tasa de eficiencia alimenticia (Tabla 3) en función de la cantidad de proteína presente, resultando que las dietas con niveles de inclusión de 38 y 42 % de proteína con niveles de 10 y 13 % de lípidos, presentan el mayor aumento de peso corporal en relación al alimento consumido, donde no se observan diferencias significativas entre sí, pero si son diferentes significativamente ($p<0.05$) al resto de los tratamientos que contienen 30 y 34% de proteína , independientemente del nivel de lípidos (10 a 13%), los cuales presentan una menor tasa de eficiencia alimenticia.

8.6. Índice de Eficiencia Proteica

El índice de eficiencia proteica (Tabla 3) fue significativamente diferente ($p<0.05$) entre la dieta con P34/L13 y P38/L13 y no se encontraron diferencias entre el resto de los tratamientos. La dieta con P34/L13 mostró el IEP más baja entre todos los tratamientos evaluados, por lo cual se puede inferir que la dieta no

proporcionó los niveles óptimos de proteínas necesarios para un crecimiento eficiente de los peces. Es posible que la proporción de proteínas en relación con los lípidos en esta dieta no haya sido adecuada, lo que pudo haber afectado la capacidad de los peces para utilizar y aprovechar eficientemente las proteínas disponibles (Teles *et al*., 2020).

Diversos autores afirman que la cantidad de alimento consumido depende de la proporción de proteína y energía de la dieta, indicando que a una mayor concentración de energía reduce la ingestión del alimento y viceversa (Poniak *et al*., 2004; Escobar *et al*., 2006; Abdo-de la Parra *et al*., 2010). Por lo tanto, dietas elaboradas a partir de un 38% de proteína y 13% de lípidos serían un punto de partida para conseguir una buena eficiencia proteica y ganancia de peso en juveniles de esta especie de robalo, siempre considerando con factor primordial, los costos de producción (Agupugo *et al*., 2022).

En el presente estudio se demostró que los mejores rendimientos en peso y El índice de eficiencia alimenticia para el robalo blanco *C. viridis* fueron obtenidos con la dieta que contiene 38%P/13%L, lo que coincide con otros autores que han demostrado que un incremento en el nivel de lípidos en las dietas de peces, sobre todo en carnívoros, tiene un efecto ahorrador de proteínas, y que en dosis balanceadas pueden generar rendimientos óptimos en el crecimiento y el factor de conversión alimenticia, probado para el robalo común *C. undecimalis* (Arenas *et al.,* 2021), para *Channa argus* (Sagada *et al.,* 2017), *Pseudobagrus fulvidraco* (Kim y Lee, 2005) y *Sebastes schlegeli* (Lee *et al.,* 2002).

Tabla 3. Eficiencia alimenticia de juveniles de robalo blanco *C. viridis* alimentados con dietas experimentales

Dietas P/L	TCA	TEA	EP (g)
P30/L10	2.18±0.53 [c]	47.44±10.14 [a]	0.58±0.23 [ab]
P30/ L13	2.01±0.09 [bc]	49.68±2.47 [a]	0.65±0.10 [ab]
P34/ L10	2.06±0.43 [c]	50.03±11.54 [a]	0.58±0.26 [ab]
P34/ L13	2.18±0.42 [c]	46.71±8.19 [a]	0.43±0.12 [a]
P38/ L10	1.34±0.06 [a]	74.54±3.42 [b]	0.86±0.11 [ab]
P38/ L13	1.21±0.07 [a]	82.39±5.05 [b]	0.96±0.19 [b]
P42/ L10	1.34±0.26 [a]	76.28±16.00 [b]	0.78±0.35 [ab]
P42/ L13	1.44±0.27 [ab]	71.04±13.05 [b]	0.71±0.24 [a]

Los valores son la media ± DE (n=3), P: % proteína, L: % lípidos, TCA: Tasa Conversión Alimenticia, TEA: Tasa Eficiencia Alimenticia, EP: Eficiencia Proteica, g: gramos. Superíndices distintos entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.5$).

8.7. Índice hepatosomático

El nivel más alto de índice hepatosomático (Tabla 4) fue de17.84 % y se registró en la dieta P34/L10, y fue estadísticamente diferente ($p<0.05$) a todos los demás tratamientos.

Si suponemos que el incremento del peso del hígado refleja un mayor almacenamiento energético, podríamos relacionar esta dieta con los procesos de transferencia de proteínas y lípidos en el esfuerzo reproductivo (Santos *et al*., 1996). En este contexto, Hernández *et al*. (2001) reportaron un comportamiento similar, donde el aumento del IHS en juveniles de Sargo picudo *Diplodus puntazzo* estuvo relacionado con dietas bajas en la proporción de proteínas-lípidos.

Considerando que el índice hepatosomático puede ser utilizado para evaluar el estatus de los peces y que valores altos implican mayores reservas almacenadas

en el hígado de los individuos, lo que implica una mejor condición, este índice puede verse afectado por la deposición de lípidos (Chang *et al.,* 2018). En el presente estudio, los valores más altos del IHS fueron encontrados en el nivel de 13% de lípidos a excepción de la dieta P34%/L10%, coincidiendo estos resultados de valores altos de IHS con valores altos en el porcentaje de lípidos en la dieta de otras especies como *Brachymystax lenok* (Chang *et al.,* 2018), *Argyrosomus regius* (Chatzifotis *et al.,* 2010) y *Psetta máxima* (Regost *et al.,* 2001).

8.8. Grasa peritoneal

Se identificaron diferencias entre la grasa acumulada de los organismos sometidos a las diferentes dietas evaluadas, la dieta P38/L13 obtuvo los valores más altos (13.12%) y la dieta P30/L13 obtuvo los valores más bajos (9.91%), siendo la única diferencia entre estas dietas la cantidad de proteína (P30 vs P38), ya que ambas cuentan con un porcentaje de inclusión de lípidos del 13% (Tabla 4).

Estos resultados sugieren que los niveles de proteína en la dieta pueden tener un impacto significativo en la acumulación de grasa peritoneal en los peces cultivados. La grasa peritoneal es una medida importante para evaluar la condición corporal y la calidad de la carne en los organismos acuáticos. Los resultados podrían traducirse en que a mayores contenidos de grasa peritoneal se puede obtener mayores niveles de almacenamiento de energía y nutrientes en los organismos de *C. viridis*. Esto puede tener implicaciones tanto positivas como negativas en términos de rendimiento y calidad del producto final. Por lo tanto, el

hecho de que la dieta P38/L13 haya mostrado los valores más altos de grasa peritoneal sugiere una mayor acumulación de energía y nutrientes en comparación con los otros tratamientos (Borba *et al*., 2006).

Diversos autores reportaron que, al elevar los niveles de lípidos en las dietas, se incrementa el depósito de grasa peritoneal (Gaylord y Gatlin, 2001) y perivisceral (Hillestad *et al*., 1998; Regost *et al*., 2001; Weatherup *et al*., 1997), en el presente estudio la dieta P38/L13 es diferente a la P38/L10 por lo que sí está relacionado con el nivel de lípidos.

8.9. Factor de condición

Al estimar este indicador se identificó que no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos (Tabla 4).

El factor de condición es un indicador importante para evaluar la salud y el estado nutricional de los organismos acuáticos. Valores altos del factor de condición se asocian generalmente con un buen estado de salud y una adecuada ingesta de alimento, mientras que un factor de condición bajo puede indicar problemas de alimentación o condiciones desfavorables en el entorno de cultivo (Bavčević *et al*., 2010).

Existen diversos trabajos que han demostrado que existe una relación estrecha entre el FC y el contenido de lípidos en todo el cuerpo de los peces, probado con bacalao del Atlántico *Gadus morhua* y la carpa brema *Megalobrama amblycephala*

(Lambert y Dutil, 1997; Li *et al.,* 2010), por lo que coincide con lo reportado en este estudio para *C. viridis* donde el FC no es afectado por los niveles de proteína y lípidos suministrados en la dieta.

Tabla 4. Parámetros biométricos de juveniles de robalo blanco *C. viridis* alimentados con dietas experimentales.

DIETAS (P/L)	IHS (%)	GP (%)	FC (G)	S (%)
P30/L10	8.71±0.77[a]	10.84±0.92[abc]	0.83±0.01	98.3±0.5
P30/L13	9.55±0.81[a]	9.90±0.80[a]	0.82±10.16	100±0.0
P34/L10	17.84±0.92[b]	11.08±0.92[abc]	0.85±0.05	98.3±0.5
P34/L13	9.80±0.88[a]	11.44±2.68[abc]	0.80±0.01	100±0.0
P38/L10	8.26±3.11[a]	10.02±3.16[ab]	0.87±0.12	98.3±0.5
P38/L13	9.04±0.95[a]	13.12±1.74[c]	0.87±0.03	100±0.0
P42/L10	8.14±0.88[a]	12.36±0.95[abc]	0.94±0.002	95±1.0
P42/L13	8.63±1.15[a]	12.84±1.88[bc]	0.88±0.05	98.3±0.5

Los valores son la media ± DE (n = 3). Donde P: Proteína (%), L: Lípidos (%), IHS: Índice Hepatosomático (%), GP: Grasa Peritoneal, FC: Factor de Condición, S: Supervivencia (%). Superíndices distintos entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.5$).

8.10. Supervivencia

No se identificaron diferencias en la supervivencia de los juveniles de robalo blanco entre dietas evaluadas, la cual, varió de 95 a 100% (Tabla 4).

Asumiendo que las mínimas mortalidades registradas fueron por causas diferentes a las dietas, como factores fisicoquímicos del agua o algún otro factor de estrés en el proceso de adaptación (Escárcega-Rodríguez, 2018). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Reyes *et al*. (2004) y Fraga *et al*. (2006) en el cultivo de *C. undecimalis* con organismos de tallas

mayores (371.5 ± 77.8 g) utilizando dietas semi húmedas (40% proteína). Por su parte, Abdo de la Parra *et al*. (2020) reportaron valores similares en juveniles *C. viridis*, denotando que la frecuencia de alimentación y una buena proporción entre el nivel de proteína-lípidos es esencial para la sobrevivencia de los organismos.

El robalo blanco *C. viridis*, presenta altas tasas de crecimiento, con rápida adaptación en sistemas de cautiverio y amplia tolerancia en el consumo de alimento balanceado (Álvarez-Lajonchère y Tsuzuki 2008, Labastida-Che *et al*. 2013), donde la supervivencia depende en gran medida del régimen alimenticio, el cual incluye, frecuencia, tasa, tiempo y ritmo de alimentación (Abdo de la Parra *et al*., 2020).

IX. CONCLUSIÓN

Los juveniles de robalo blanco *C. viridis* con un peso inicial de 18±1g, pueden ser alimentados con dietas que contengan de 38 de proteína y 13% de lípidos para obtener un buen un mayor incremento en peso corporal, mejores tasas de crecimiento, supervivencia, factor de condición, así como presentar las mejores tasas de eficiencia alimenticia en peces alimentados con las dietas con 38 y 42% de proteína, en cualquiera de sus dos niveles de lípidos (10 y 13%) bajo las condiciones experimentales en las cuales se llevó a cabo el presente bioensayo.

En el presente estudio existe un efecto ahorrador de proteína dietética a través de los lípidos en la dieta, debido a que se observaron diferencias significativas en el crecimiento de los juveniles de robalo blanco *C. viridis* alimentados con los diferentes tratamientos.

X. LITERATURA CITADA

Abbas, G. Revathi and P. J. A. Siddiqui. 2009. Effects of different feeding level on the growth, feed efficiency and body composition of juvenile mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). Aquaculture Research. 40(7):781-789. doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02161.x

Abbas, G., K. Jamil, R. Akhtar, and K. Hong. 2005. Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile mangrove red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*). Journal of Ocean University of China. 4(1):49-55.

Abdo de la Parra, M. I., L. E. Rodríguez-Ibarra, C. Hernández, K. Hernández, B. González-Rodríguez, I. Martínez-Rodríguez and A. García-Ortega. 2010. Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 45(3), 433-439.

Abdo-de la Parra, M. I., L. E. Rodríguez-Ibarra, L. Ibarra-Castro, J. M. Martínez-Brown, C. A. Álvarez-González, E. Peña and G. Rodríguez-Montes de Oca. 2023. Evaluation of different levels of dietary protein and lipids on the growth, feed efficiency, and biometric and hematological indexes of juvenile white snooks, *Centropomus viridis*. Ciencias Marinas, 49. https://doi.org/10.7773/cm.y2023.3368

Abdo-de la Parra, M. I., L. E. Rodríguez-Ibarra, L. Ibarra-Castro, J. M. Martínez-Brown and G. Velasco-Blanco. 2020. Effects of frequency and feeding time

on growth, food utilization, somatic indexes and survival of juvenile white snook *Centropomus viridis*. Ciencias Marinas, 46(3), 155–163. doi.org/10.7773/cm.v46i3.3089

Agupugo, C. S., C. I. Nsofor, B. I. Ezewudo and I. Edeh. C. 2022. Growth performance and cost-effectiveness of replacement of fishmeal with plant-based protein source, *Leucaena leucocephala* in the diet of *Clarias gariepinus* fingerlings. Asian Journal of Agriculture. 6(1), Article 1. doi.org/10.13057/asianjagric/g060104

Álvarez-Lajonchère, L. and M. Y. Tsuzuki. 2008. A review of methods for *Centropomus* spp. (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. Aquaculture Research. 39.7:684–700. doi:10.1111/j.1365-2109.2008.01921.x

AOAC (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th edn (ed. by W. Horwitz). Washington, DC.

Arenas, M., C. A. Álvarez-González, A. Barreto, A. Sánchez-Zamora, J. Suárez-Bautista, G. Cuzon and G. Gaxiola. 2021. Physiological and metabolic protein-sparing effects of dietary lipids on common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) juveniles. Aquaculture Nutrition, 27(4), 1089–1102. doi:10.1111/anu.13250

Arredondo-Figueroa, J. L., J Matsumoto-Soulé, J. T Ponce-Palafox, K. Shirai, and J. L Gómez-Márquez. 2012. Effects of protein and lipids on growth performance, feed efficiency and survival rate in fingerlings of Bay Snook (*Petenia splendia*). Journal of Animal and Veterinary Advances. 4(3): 204-213.

Arriaga-Hernández, D., C. Hernández, E. Martínez-Montaño, L. Ibarra-Castro, E. Lizárraga-Velázquez, N. Leyva-López and M. C. Chávez-Sánchez. 2021. Fish meal replacement by soybean products in aquaculture feeds for white snook, *Centropomus viridis*: Effect on growth, diet digestibility, and digestive capacity. Aquaculture. 530, 735823. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.73

Arslan, M., K. Dabrowski, S. Ferrer, M. Dietrich and G. Rodriguez. 2012. Growth, body chemical composition and trypsin activity of South American catfish, surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) juveniles fed different dietary protein and lipid levels. Aquaculture Research. 44(5), 760–771. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.03081.x

Baldini, Giovanni, A. Santamaría-Miranda, J. M. Martínez-Brown, L. Ibarra-Castro. 2022. Technical-economic viability of white snook *Centropomus viridis* culture in floating cages in a coastal lagoon in northwestern Mexico. Aquaculture Reports. (23) :2352-5134. doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101048.

Barreto-Curiel F., U. Focken, L.R. D'Abramo, J. Mata-Sotres and M. T. Viana. 2019. Assessment of amino acid requirements for *Totoaba macdonaldi* at different levels of protein using stable isotopes and a non-digestible protein source as a filler. Aquaculture. 503, pp. 550-561, 10.1016/j.aquaculture.2019.01.038.

Bavčević, L., T. Klanjšček, V. Karamarko, I. Aničić. and T. Legović. 2010. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates

weight, but not length. Aquaculture; 301(1): 5763. DOI:10.1016/j.aquaculture.2010.01.009

Bonvini, E., L. Parma., L. Mandrioli, R. Sirri and A. Bonaldo. 2015. Feeding common sole (*Solea solea*) juveniles with increasing dietary lipid levels affects growth, feed utilization and gut health. Aquaculture. 449, 87–93. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.01.013.

Borba, M. R., D. M. Fracalossi and L. E Pezzato. 2006. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. Aquaculture Nutrition, 12(3), 183-191. doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00401.x

Bulut, M., M. Yiğit, S. Ergün, O. S. Kesbiç, Ü. Acar, N. Gültepe, M. Karga, S. Yılmaz and D. Güroy. 2014. Evaluation of dietary protein and lipid requirements of two-banded seabream (*Diplodus vulgaris*) cultured in a recirculating aquaculture system. Aquaculture International. 22:965–973

Bureau, D. P., A. M Harris and C. Y. Cho.1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 180, 345-358. doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00210-0

Castelló, F. 1997. Cultivo de peces en el Mediterráneo. Curso Cultivo de Peces Marinos. Departamento de Acuicultura Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. Chile.

Catacutan, M. R., G. E. Pagador and S. Teshima. 2001. Effect of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*

(Forsskal 1775). Aquaculture. Research.32(10):811-818. doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00618.x

Chai, X. J., W. X. Ji, H. Han, Y. X. Dai and Y. Wang. 2013. Growth, feed utilization, body composition and swimming performance of giant croaker, *Nibea japonica* Temminck and Schlegel, fed at different dietary protein and lipid levels. Aquaculture Nutrition. 19: 928-935. doi:10.1111/anu.12038

Chang, J., H. X. Niu, Y. D. Jia, S. G. Li, and G. F. Xu. 2018. Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization, digestive tract enzyme activity and lipid deposition of juvenile Manchurian trout, *Brachymystax lenok* (Pallas). Aquaculture Nutrition, 24(2), 694–701. doi.org/10.1111/anu.12598

Chatzifotis, S., M. Panagiotidou, N. Papaioannou, M. Pavlidis, I. Nengas and C. C. Mylonas. 2010. Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles. Aquaculture. 307(1–2), 65-70. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.07.002.

Cho, S. H., H. S. Kim, S. H. Myung, W. G. Jung, J. Choi and S. M. Lee. 2015. Optimum dietary protein and lipid levels for juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*, Hilgendorf 1880). Aquaculture Research. 46, 2954–2961.

Clark, T. D., and R. S. Seymour. 2006 Cardiorespiratory physiology and swimming energetics of a high-energy-demand teleost, the yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). Journal of Experimental Biology. 209(19): 3940-3951. doi.org/10.1242/jeb.02440

Concha-Frías, B., C. A. A. González, G. Gaxiola, X. Chiappa, A. Sánchez-Zamora, R. Martínez-García and F. J. De la Cruz-Alvarado. 2018. Dietary

protein requirement in common Snook (*Centropomus undecimalis)* juveniles reared in marine and brackish water. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 13, 45–54. doi.org/10.19136/ era.a5n13.1393.

Corbalán, M., M. Cuervo, E. Baladia and A. Martínez. 2010. Ingesta dietéticas de referencia (IDR) para la población española FESNAD. Capítulo 2: ingestas dietéticas de referencia: Conceptos y evolución histórica.

De Silva, S. S. and T. A. Anderson, 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman and Hall Aquaculture Series, London, 319 pp.

Escárcega-Rodríguez, S. 2018. Primeras pruebas de adaptación al cultivo extensivo del robalo (*Centropomus nigrescens*) en estanques en la costa de Michoacán, México. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 25(3).

Escobar, J. A., V. del Rosario-Reinoso and M. A. Landinez. 2006. Efecto del nivel de energía y proteína en la dieta sobre el desempeño productivo de alevinos de *Oreochromis niloticus*, variedad chitralada. Revista de Medicina Veterinaria., 12: 89-97.

FAO, 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Sostenibilidad en acción. Roma.https://www.fao.org/publications/sofia/2022/es/

Flores H. 1997. Requerimientos nutricionales de peces. Curso Cultivo de Peces Marinos. Departamento de Acuicultura Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. Chile.

Føre, M., K. Frank, T. Norton, E. Svendsen, J. A. Alfredsen, T. Dempster, H. Eguiraun, W. Watson, A. Stahl, L. M. Sunde, C. Schellewald, K. R. Skøien, M. O. Alver and D. Berckmans. 2018. Precision fish farming: A new

framework to improve production in aquaculture. Biosystems Engineering, 173, 176-193. doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014

Fraga, I., R. Reyes, N. Ortega, E. Reguera, R. Font and A. Bravo. 2006. Desarrollo de un banco de reproductores de Róbalo (*Centropomus undecimalis*, Bloch 1792): I. Manejo del alimento. La Habana. Cuba: Congreso Interamericano Virtual de Acuicultura 2006. http://www.oceandocs.org/bitstream/1834/2077/1/CIVA2006%20ILIANA%5B1%5D.pdf

Fragoso Machado, M. R. 2011. Caracterização morfológica e bioquímica do sistema digestório e identificação por isótopos estáveis de robalo peva e flexa selvagens e de cativeiro. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, São Paulo, Brasil.

Froese, R. and D. Pauly.Editors.2022. FishBase. World WideWeb electronic publication. www.fishbase.org (06/2022)

García-Ortega, A., D. Muy-Rangel, A. Puello-Cruz, Y. Villa-López, M. Escalante-Rojas and K. Preciado-Iñiguez. 2010. Uso de ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN en trámite. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 324-343.

Gatlin, M. D. 2000. Nutrición de reproductores y juveniles de peces marinos. pp 73-82 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.

Gaylord, T.G. and D. M. Gatlin. 2001. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 194: 337-348.

González-Félix M. L., C. A. Maldonado-Othón and M. Pérez-Velázquez. 2016. Effect of dietary lipid level and replacement of fish oil by soybean oil in compound feeds for the shortfin corvina (*Cynoscion parvipinnis*). Aquaculture 454 (2016) 217–228.

Gracia-López, V., T. García-Galano, G. Gaxiola-Cortés and J. Pacheco-Campos. 2003. Effect of dietary protein level and commercial feeds on growth and feeding of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). Cienc. Mar. 29 (4B): 585-594

Guo, J. L., Y. L. Zhou, H. Zhao, W. Y. Chen, Y. J. Chen and S. M. Lin. 2019. Effect of dietary lipid level on growth, lipid metabolism and oxidative status of largemouth bass, *Micropterus salmoides*. Aquaculture. 506, 394–400. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.007.

Guzmán, C. V. 2003. Efecto de diferentes niveles de proteínas y lípidos de las dietas en el crecimiento de adultos de *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842). Tesis de Licenciatura, Ciencias de la Acuacultura. Universidad Católica de Temuco, Chile. 84 p.

Hauville, M. R., Rhody, N. R., Resley, M. J., Bell, J. G., Main, K. L., & Migaud, H. 2015. Comparative study of lipids and fatty acids in the liver, muscle, and

eggs of wild and captive common snook broodstock. Aquaculture. 446:227-235.

Hernández, M. D., M. A. Egea, F. M. Rueda, F. Aguado, F. J. Martínez and B. García. 2001. Effects of comercial diets with different P/E ratios on sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) growth and nutrient utilization. Aquaculture 195: 321-329

Hernández-Abad, G., L. H. Hernández-Hernández and M. A. Fernández-Araiza. 2018. Effects of different dietary lipids concentrations on the egg production and egg quality produced *by Macrobrachium acanthurus* females. Latin American Journal of Aquatic Research. 46 (3), 518-524. doi: http://dx.doi.org/10.3856/vol46-issue3-fulltext-4.

Hillestad, M., F. Johnsen, E. Austreng, and T. Asgard. 1998. Long-term effects of dietary fat level and feeding rate on growth, feed utilization and carcass quality of Atlantic salmon. Aquaculture Nutrition 4: 89-97.

Huang, D., Y. Wu, Y. Lin, J. Chen, N. Karrow, X. Ren and Y. Wang. 2017. Dietary Protein and Lipid Requirements for Juvenile Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*. Journal of the World Aquaculcture Society. 48(5), 782–790. doi:10.1111/jwas.12417.

Ibarra-Castro, L., J. Navarro-Flores, J. L. Sánchez-Téllez, J. M. Martínez-Brown, L. A. Ochoa-Bojórquez and Á. H. Rojo-Cebreros. 2017. Hatchery Production of Pacific White Snook at CIAD-Unidad Mazatlán, México. ESTABA. 25–29 págs.

Instituto Nacional de la Economía Social (INES). 2018. Acuicultura, historia y actualidad en México. Disponible en:

https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es. Accesada mayo 5 de 2023.

Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura. 2018. Cultivo de Robalo Blanco. Consultado 22 enero de 2019. En: https://www.gob.mx/inapesca/videos/cultivo-de-robalo-blanco-centropomus-nigrescens

Jiang, S., X. Wu, W. Li, M. Wu, Y. Luo, S. Lu and H. Lin. 2015. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization, body and plasma biochemical compositions of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂×*Epinephelus fuscoguttatus* ♀) juveniles. Aquaculture. 446. 148-155. 10.1016/j.aquaculture.2015.04.034.

Jin, Y., L. Tian, S. Xie, D. Guo, H. Yang, G. Liang and Y. Liu. 2015. Interactions between dietary protein levels, growth performance, feed utilization, gene expression and metabolic products in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Aquac. 437, 75–83. doi:10.1016/j.aquaculture.2014.11.031.

Kim, K. D., S. G. Lim, Y. J. Kang, K. W. Kim and M. H Son. 2012. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile Far Eastern Catfish *Silurus asotus*. Asian-aust. J Anim. Sci. 25(3): 369-374.

Kim, L. O. and S. M. Lee. 2005. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish *Pseudobagrus fulvidraco*. Aquaculture, 243(1–4), 323–329. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.003

Koppe, W. and A. Roem. 1998. Variación del perfil de aminoácido en harina de pescado. En Profundidad 243: 18-19.

Kumar-Enamala, M., Enamala, S., Chavali, M., Jagadish, D., Yadavalli, R., Kolapalli, B., Vasu-Aradhyula, T., Velpuri, J., & Kuppam, Ch. 2018. Production of biofuels from microalgae. A review on cultivation, harvesting, lipid extraction, and numerous applications of microalgae. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 94:49–68.

Labastida-Che A., A. L. Núñez-Orozco and J. A. Oviedo-Piamonte. 2013. Aspectos biológicos del robalo hocicudo *Centropomus viridis*, en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, México. Ciencia Pesquera. 21(2): 21-28.

Lall, S. P., 2000. Nutrition and health of fish. In:, L. E.Cruz -Suárez ,D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A Olvera-Novoa and R. Civera-Cerecedo(Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mérida, Yucatán, México.

Lambert, Y. and J.D. Dutil. 1997. Can simple condition indices be used to monitor and quantify seasonal changes in the energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*)? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54(Suppl. 1), 104–112.

Lee, S. M., I. G. Jeon and J. Y. Lee. 2002. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on the growth, protein utilization, and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 211(1–4), 227–239. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00880-8

Lemus, I., C. Maldonado, G. Cuzon, A. Sánchez, G. Gaxiola, A. Álvarez and M. Guerrero. 2018. In vitro and in vivo feedstuff digestibility for Snook, *Centropomus undecimalis*. Juveniles. J. World Aquac. Soc. 49, 205–215. doi.org/10.1111/jwas.12429.

Li, W., X. Wen, Y. Huang, J. Zhao, S. Li and D. Zhu. 2017. Effects of varying protein and lipid levels and protein-to-energy ratios on growth, feed utilization and body composition in juvenile *Nibea diacanthus*. Aquaculture Nutrition, 23(5), 1035–1047. doi:10.1111/anu.12471

Li, X. F., W. B. Liu, Y. Y. Jiang, H. Zhu and X. P Ge. 2010. Effects of dietary protein and lipid levels in practical diets on growth performance and body composition of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings. Aquaculture, 303(1–4), 65–70. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.03.014

Limin, L., X. Feng and H. Jing. 2006. Amino acids composition difference and nutritive evaluation of the muscle of five species of marine fish, *Pseudosciaena crocea* (large yellow croaker), Lateolabrax japonicus (common sea perch), *Pagrosomus major* (red seabream), *Seriola dumerili* (Dumeril's amberjack) and *Hapalogenys nitens* (black grunt) from Xiamen Bay of China. Aquacult. Nutr., 12(1): 53-59.

Liu, C., K. Mai, W. Zhang, Q. Chen, and Y. Leng. 2013. Studies on the nutrition of two species of catfish, *Silurus meridionalis* Chen and *S. asotus* Linnaeus. I. Effects of dietary protein and lipid on growth performance and feed utilization. Aquac. 404-405, 71–76. doi:10.1016/j.aquaculture.2013.04.023.

Lozano-Olvera R., S. M. Abad-Rosales, B. Gómez-Gil and S. A. Soto-Rodríguez. 2020. Experimental infection of the white snook *Centropomus viridis* Lockington (1877) with Vibrio ponticus: Histopathological manifestations and screening for putative virulence genes. Aquaculture,528,735599. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735599

Ma, B., L. Wang, B. Lou, P. Tan, D. Xu and R. Chen. 2020. Dietary protein and lipid levels affect the growth performance, intestinal digestive enzyme activities and related genes expression of juvenile small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*). Aquaulture Reports. 17, 100403. doi:10.1016/j.aqrep.2020.100403

Ma, Y., M. Li, D. Xie, S. Chen, Y. Dong, M. Wang, G. Zhang, M. Zhang, H. Chen, R. Ye, Y. Wang, L. Sun, S. Wang, L. Ning, A. K. M. M Hasan and Y. Li. 2020. Fishmeal can be replaced with a high proportion of terrestrial protein in the diet of the carnivorous marine teleost (*Trachinotus ovatus*). Aquaculture, 519, 734910. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734910

Macal-López, K. C., E. Velázquez-Velázquez and G. Rivera-Velázquez. 2013. Diversidad y traslape del nicho trófico de los robalos (Perciformes: Centropomidae) en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. Lacandonia 7, 91–98.

Meng, Y., K. Qian, R. Ma, X. Liu, B. Han, J. Wu, L. Zhang, T. Zhan, X. Hu, H. Tian and C. Li. 2019. Effects of dietary lipid levels on sub-adult triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*):1. Growth performance, digestive ability, health status and expression of growth-related genes. Aquaculture 513, 734394. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734394.

Mensah, E., and F. Attipoe. 2013. Growth parameters and economics of tilapia cage culture using two commercial fish diets. International Journal of Development and Sustainability. 2, 825-837. https://isdsnet.com/ijds-v2n2-28.pdf

Mirabent M. C. and S. J. Toledo Pérez. 2018. Diets for potential fish broodstock for marine aquaculture in Cuba. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras.35(1):30-37).

Mock, T. S., D. S. Francis, M. K. Jago, B. D. Glencross, R. P. Smullen, R. S. J. Keast, and G. M. Turchini. 2018. The impact of dietary protein: Lipid ratio on growth performance, fatty acid metabolism, product quality and waste output in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture. 501, pp. 191-201. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.11.012.

Morales-Serna, F. N., J. M. Martínez-Brown, A. Avalos Soriano, S. Sarmiento Vázquez, Z.L. Hernández-Inda, R.M. Medina-Guerrero, E. J. Fajer Ávila and L. Ibarra-Castro. 2020. The Efficacy of Geraniol and ß-Citronellol against Freshwater and Marine Monogeneans J. Aquati. Animación Salud, 32, pp. 127 – 132. doi.org/10.1002/aah.10109

Morales-Serna, F. N.; D. López-Moreno; R. Medina-Guerrero; S. Abad-Rosales; JM Martínez-Brown; L. Ibarra-Castro and E. Fajer-Ávila. 2020. Toxicity of formalin for juvenile *Centropomus viridis* and in vitro efficacy against the parasite *Rhabdosynochus* sp. (Monogenea: Diplectanidae). Journal of Applied Ichthyology.10.1111/jai.14077

Muhlia-Melo, A., J. Arvizu-Martínez, J. Rodríguez-Romero, D. Guerrero-Tortolero, F. J. Gutiérrez-Sánchez, A. Muhlia-Almazán. 1995. Sinopsis de

información biológica, pesquera y acuacultural a cerca de los robalos del género *Centropomus* en México. Programa de Evaluación de Recursos Naturales del Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. Volumen Especial. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. La Paz. 52 pp.

Muhlia-Melo, A., J. Arvizu-Martínez, J. Rodríguez-Romero, D. Guerrero-Tortolero, F. Gutiérrez-Almazán and A. Muhlia-Almazán.1994. Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de robalo. Sec. De pesca. Dirección General de Acuicultura. México.

National Research Council-NRC. 1993. Nutrient requirements of fish, 115 pp. National Academies Press, Washington.

Navas, J. 1997. Efecto del contenido lipídico de las dietas administradas a adultos de lubina (*Dicentrachus labrax L*.) sobre el proceso reproductor y sobre la calidad y composición de los huevos. In: Memoria Departamento de Biología Animal de la Universidad de Valencia. España. 67 p.

Nelson, J. S., Crossman, E.J., Espinosa-Pérez, H., Findley, L.T., Gilbert, C.R., Lea, R.N. and Williams, J.D. 2004. Common and scientific names of fishes from the United States, Canada and Mexico. American Fisheries Society, Bethesda.

OAC. 2000. Official Methods of Analysis of Associaion of Official Analitical Chemists, Vol.1 17th Ed. Association of Official analytical Chemists, Arlington, USA. 684p.

Ortiz, A. J. 2006. Crecimiento de robalos (*Centropomus viridis*) alimentados con concentrado, alevines y filete de tilapia en Zamorano, Honduras. Tesis licenciatura en ingeniero agrónomo. Zamorano, Honduras.

Ozorio, R.O.A., L.M.P Valente, P. Pousao-Ferreira and A. Oliva-Teles. 2006. Growth performance and body composition of white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed diets with different protein and lipid levels. Aquac. Res. 37, 255‑263. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734397

Perera-García, M. A., M. Mendoza-Carranza and S. Páramo Delgadillo. 2008. Dinámica reproductiva y poblacional del róbalo, *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae), en Barra San Pedro, Centla, México. Universidad y Ciencia 24(1): 49-59.

Pérez Velázquez, M., M. González-Félix, M. T. Viana, J. Lazo and C. A. Maldonado-Othón. 2015. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of the Gulf corvina, *Cynoscion othonopterus*. International Journal of Aquatic Science. 6. 2008-8019.

Poniak, M.V., M.S. Muñoz, N. Díaz, C. González and I. Díaz. 2004. Efecto de dietas con diferentes proporciones de proteínas y lípidos sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmón del Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*). Archivos de Medicina Veterinaria., 36(2): 163-172.

Regost, C., J. Arzael, M. Cardinal, M. Laroche and S. J. Kaushik. 2001. Fat deposition and flesh quality in seawater reared, triploid brown trout (*Salmo*

trutta) as affected by dietary fat levels and starvation. Aquaculture 193: 325-345. DOI:10.1016/S0044-8486(00)00498-1

Regost, C., J. Arzel, M. Cardinal, J. Robin, M. Laroche and S. J. Kaushik. 2001. Dietary lipid level, hepatic lipogenesis, and flesh quality in turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture, 193(3–4), 291–309.doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00493-2

Reyes, R., D. Ramos, I. Fraga, J. Galindo and N. Ortega. 2004. Creación de un banco de progenitores de Róbalo *Centropomus undecimalis*, Bloch. Evaluación de alimentos artificiales. Zaragoza, España: Congreso Interamericano Virtual de Acuicultura 2004. http://www.revistaaquatic.com/civa2004/coms/resumen.asp?cod=54&i =e

Rivas, L. R. 1986. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. Copeia 1986: 576-611.

Rueda González, F. M. (2011). Breve historia de una gran desconocida: la acuicultura. *Eubacteria, nº 26 (2011)*.

Rueda-López, S., J. P. Lazo, G. Correa-Reyes and M. T. Viana. 2011. Effect of dietary protein and energy levels on growth, survival and body composition of juvenile *Totoaba macdonaldi*. Aquac. 319 (2011) 385–390.

Sagada, G., J. Chen, B. Shen, A. Huang, L. Sun, J. Jiang and C. Jin. 2017. Optimising protein and lipid levels in a practical diet for juvenile northern snakehead fi sh (*Channa argus*). Animal Nutrition, 3(2), 156–163. doi.org/10.1016/j.aninu.2017.03.003

SAGARPA. 2020. Anuario estadístico pesquero 2020. Disponible en: www.gob.mx. Acceso el 10 de noviembre de 2022.

Sankian Z., S. Khosravi, Y.O. Kim and S. M. Lee. 2017. Effect of dietary protein and lipid level on growth, feed utilization, and muscle composition in golden mandarin fish *Siniperca scherzeri*. Fisheries and Aquatic Sciences. 20:7. doi.org/10.1186/s41240-017-0053-0

Santos, R. S., S. J Hawkins and R. D. M. Nash. 1996. Reproductive phenology of the Azorean rock pool blenny a fish with alternative mating tactics. Journal of fish biology, 48(5), 842-858.

Sanz, A. F. 2009. La Nutrición y alimentación en piscicultura. Madrid: Fundación Observatorio Español de Acuicultura. p. 96, 278

Sargent, J. R., D. R. Tocher and J. G. Bell. 2003. The lipids. En: Fish Nutrition, Third Edition. Editado por J.E. Halver y R.W. Hardy. Academic Press, New York. pp. 181-257.

Schipp, G., J. Bosmans and J. Humphrey. 2007. Northern Territory Barramundi Farming Handbook. Northern Territory Department of Primary Industry, Fisheries and Mines, Technical Publication, 71p.

Schuchardt, D., J. M. Vergara, H. Fernández-Palacios, C. T. Kalinowski, C. M. Hernández-Cruz, M. S. Izquierdo and L. Robaina. 2008. Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings. Aquaculture Nutrition 14: 1-9.

SEMARNAT. 2000. Estado de Salud de la Acuacultura. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación en Acuacultura. México.

Silvão, C. F. and Nunes, A. J. P. 2017. Effect of dietary amino acid composition from proteins alternative to fishmeal on the growth of juveniles of the

common snook, *Centropomus undecimalis*. Revista Brasileira de Zootecnia 46(7):569-575. https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000700003

Soto-Rodriguez, S. A, R. Lozano-Olvera, S. M. Abad-Rosales, J. M. Martínez-Brown and Ibarra-Castro L. 2019.Susceptibility of Pacific white snook *Centropomus viridis* to *Vibrio* species. Diseases Aquatic Organisms. 134:189-195. doi.org/10.3354/dao03370

Steffens, W. 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. Aquaculture. 151(1-4):97-119.

Taylor, G.R., J. A. Wittington and H.J. Grier. 2000. Age growth, maturation and protandric sex reversal in the common snook *Centropomus undecimalis*, from the east and west coasts of south Florida. Fish. Bull. 98: 612-624.

Teles, A. O., A. Couto, P. Enes and H. Peres. 2020. Dietary protein requirements of fish – a meta-analysis. Reviews in Aquaculture, 12(3), 1445-1477. doi.org/10.1111/raq.12391

Torstensen, B. E., O. Lie and K. Hamre. 2001. A factorial experimental design for investigation of effects of dietary lipid content and pro- and antioxidants on lipid composition in Atlantic salmon (*Salmo salar*) tissues and lipoproteins. Aquaculture Nutrition. 7: 265-276.

Tucker J. W. Jr. 2005. Snook culture. American Fisheries Society Symposium 46, 297-305.

Vanacor, M., J. Carvalho, C. Pierângeli and J. Helmer. 2002. Valor nutritivo de algunos ingredientes para o robalo (*Centropomus parallelus*). Revista

Brasileira de Zootecnia 31(6):2157-2164. https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000900002

Vergara-Chen, C. 2014. Los robalos (Pisces, Centropomidae) del Pacífico de Panamá: desafíos emergentes en investigación y conservación. Tecnociencia (Panamá). 16. 15-40.

Wang Lei, Z. Wanrong, G. Sagada, Wing-Keong Ng, Z. Jingzhi and S. Qingjun. 2019. Effects of isoenergetic diets with varying protein and lipid levels on the growth, feed utilization, metabolic enzymes activities, antioxidative status and serum biochemical parameters of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*).Aquaculture,513,734397. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734397.

Weatherup, R., K. McCracken, R. Foy, D. Rice, J. McKendry, R. Mairs and R. Hoey. 1997. The effects of dietary fat content on performance and body composition of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 151: 173-184.

Webster, C. D. and C. Lim. 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. Cambridge Ma, USA: Cabi Publishing USA. 418 p.

Wilson, R. P. 2002. Amino acids and proteins. In: Halver, J. E., Hardy, R. W. (Eds.). Fish Nutrition, 3rd ed. Academic Press, New York, USA. pp. 143-179.

Wilson, R.P. and J. E., Halver.1986. Protein and amino acid requirement of fishes. Annual review of nutrition, 6, pp. 225-244.

Wu, W., H. Ji, H. Yu, J. Sun and J. Zhou. 2020. Effect of refeeding dietary containing different protein and lipid levels on growth performance, body

composition, digestive enzyme activities and metabolic related gene expression of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) after overwinter starvation. Aquac. 735196. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735196.

Yadata, G. W., K. Ji, H. Liang, M. Ren, X. Ge and Q. Yang. 2019. Effects of dietary protein levels with various stocking density on growth performance, whole body composition, plasma parameters, nitrogen emission and gene expression related to TOR signaling of juvenile blunt snout bream (*Megalobrama ambylcephala*). Aquac., 734730. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.734730.