



## **Máster Interuniversitario en Acuicultura**

**Evaluación de la calidad proteica de materias primas vegetales y animales  
para las principales especies de Acuicultura**

### **TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

Estudiante: Maira Alejandra Hinostroza Canturin

#### **Directores:**

Dra. Silvia Martínez Llorens  
Profesora Titular de  
Universidad

Dra. Ana Tomás Vidal  
Profesora Titular de  
Universidad



Dedico el éxito y la satisfacción de esta investigación a Dios, a mis padres Félix Hinostroza y Nome Canturin por su amor y apoyo en el cumplimiento de mis metas, a mi hermano Marco Hinostroza por su amor y preocupación, a Liliana Garay, Alexandra Flores y Édison Flores por haberme dado su cariño y consejos en un momento complicado, los quiero.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, expreso mi agradecimiento a mis profesores de la Universitat Politècnica de València y Univeristat de València, quienes me han brindado sus conocimientos y consejos que permitirán desarrollarme en el campo profesional y científico de la acuicultura.

A mis tutoras, Dra. Silvia Martínez y Dra. Ana Tomás por su apoyo y excelente disposición al asesoramiento de la presente tesis de máster.

Al Dr. Miguel Jover por brindarme una oportunidad de seguir cumpliendo una de mis metas, por su confianza depositada en mí, por sus conocimientos e inestimable experiencia.

A todos mis compañeros del departamento de Ciencia Animal con quienes he compartido todo este tiempo, especialmente al grupo de Acuicultura.

## RESUMEN

La producción de piensos para la acuicultura requiere la búsqueda de fuentes de proteínas alternativas con potencial para su utilización en la formulación, a causa de la dificultad de adquisición y alto precio de la harina y aceite pescado. El objetivo del presente trabajo fue determinar la idoneidad de diferentes materias primas para su posible inclusión en formulación de piensos para especies acuícolas carnívoras producidas en España: lubina (*Dicentrarchus labrax*), dorada (*Sparus aurata*), seriola (*Seriola dumerili*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Las materias primas examinadas en el estudio fueron 37, las cuales se dividieron en: 12 fuentes proteicas de origen vegetal, 8 de concentrados vegetales, 8 de fuentes proteicas de origen animal y 9 fuentes proteicas de nuevas alternativas en la alimentación de peces.

En los resultados obtenidos se muestran las ratios aminoacídico de las materias primas para cada especie, así como los aminoácidos limitantes, cómputo químico ("*chemical score*", CS) y el índice de calidad nutricional o Oser (IO), los cuales son necesarios conocer para la formulación de piensos y cubrir las necesidades nutricionales de las especies acuícolas. Los ratios aminoácidos entre las especies y las fuentes de proteínas indicaron que, las fuentes de proteína animal son las más idóneas en comparación a las otras fuentes, especialmente las fuentes vegetales en todas las especies. Sin embargo, los concentrados vegetales obtuvieron una mejor alternativa por su alto contenido proteico. Cabe señalar que las fuentes vegetales mostraron un alto déficit en el contenido en lisina y metionina, mientras que los concentrados presentaron una proporción adecuada en ambos. Por otro lado, las nuevas alternativas que mostraron un mejor equilibrio aminoacídico fueron las microalgas, a pesar de presentar una concentración de proteína baja en comparación a la harina de lombriz. Sin embargo, las microalgas presentaron diferencia entre las especies, registrando un mejor IO y CS en dorada y lubina, por el contrario, la seriola y trucha registraron un bajo CS, pero alto en comparación a las demás muestras analizadas.

En conclusión, en la evaluación las materias primas de origen animal resultaron las mejores materias primas para la formulación de los alimentos. Sin embargo, la deficiencia de lisina y en algunos casos de metionina disminuyen los índices de calidad nutricional, los cuales podrían mejorarse con el suplemento de estos aminoácidos esenciales de forma independiente. Por el contrario, las materias primas de origen vegetal no ofrecieron un buen equilibrio de aminoácidos de forma independiente por ser altamente deficientes en

metionina y lisina, ocasionando la necesidad de complementarse con otras materias primas de origen vegetal, animal o aminoácidos sintéticos para cubrir las necesidades nutricionales e las especies acuícolas, siendo, los concentrados vegetales mejores alternativas en comparación de las fuentes vegetales por su alta concentración de proteína y bajo déficit en lisina y metionina.

**Palabras claves:** Aminoácido esencial, Índice de Oser, Cómputo químico y Ratio de aminoácido.

## ABSTRACT

### **Assessment of the protein quality of plant and animal raw materials for the main aquaculture species**

The production of feed for aquaculture requires the search for alternative protein sources with potential for use in the formulation, due to the difficulty of acquisition and the high price of the raw materials frequently used. The objective of the present work was to determine the suitability of different raw materials for possible inclusion in feed formulation for carnivorous aquaculture species produced in Spain: sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*), *Seriola* (*Seriola dumerili*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). Raw materials examined in the study were 37, which were divided into: 12 protein sources of vegetable origin, 8 of vegetable concentrates, 8 of protein sources of animal origin and 9 new alternative protein sources in fish feeding.

The results obtained show the amino acid ratios of the raw materials for each species, as well as the limiting amino acids, chemical computation ("chemical score", CS) and the nutritional quality index or Oser (IO), which are necessary to know for the formulation of feed and to meet the nutritional needs of aquaculture species. The amino acid ratios between species and protein sources indicated that animal protein sources are the most suitable compared to other sources, especially plant sources in all species. However, plant concentrates obtained a better alternative due to their high protein content. It should be noted that the vegetable sources showed a high deficit in the content of lysine and methionine, while the concentrates presented an adequate proportion in both. On the other hand, the new alternatives that showed a better amino acid balance were microalgae, despite presenting a low protein concentration compared to worm meal. However, the microalgae showed a difference between the species, registering a better IO and CS in sea bream and sea bass, on the contrary, the bream and trout registered a low CS, but high compared to the other samples analysed. In conclusion, in the evaluation the raw materials of animal origin were the best raw materials for the formulation of food. However, the deficiency of lysine and in some cases of methionine decrease the nutritional quality indices, which could be improved with the supplement of these essential amino acids independently. Conversely, the raw materials of vegetable origin did not offer a good balance of amino acids independently because they were highly deficient in methionine and lysine, causing the need to be supplemented with other raw materials of vegetable, animal or synthetic amino acids to cover the need. nutritional. Therefore,

vegetable concentrates are better alternatives compared to vegetable sources due to their high concentration of protein and low deficit in lysine and methionine, the treatment of raw materials that is carried out to obtain the concentrate benefits digestibility because it reduces some anti-nutritional factors.

**Key words:** Essential amino acid, Oser index, Chemical score and Amino acid ratio.

# ÍNDICE

## ÍNDICE

## ÍNDICE DE FIGURAS

## ÍNDICE DE TABLAS

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación de la alimentación acuícola	1
1.2. Tipos de fuentes de proteína para la formulación de alimento.	3
1.2.1. Fuentes de proteína de origen Animal.	3
1.2.2. Fuentes de proteína de origen vegetal y sus concentrados.	7
1.2.3. Nuevas fuentes proteicas.	11
II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	12
III.MATERIAL Y MÉTODOS	14
3.1. Especies de estudio.	14
3.2 Análisis de Fuentes de proteínas.	14
3.3 Análisis de Data.	15
IV.RESULTADOS	16
4.1 Contenido de proteína y aminoácido de las especies evaluadas.	16
4.2 Contenido de proteína y aminoácidos de las materias primas.	17
4.3 Relación entre la composición de aminoácidos y el grupo de muestras basado en el componente principal de aminoacido (PCA).	23
4.4 Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares de juveniles y adultas de dorada.	25
4.5 Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares de juvenil y adulto de Seriola.	28

4.6 Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares adultas de Lubina.	31
4.7 Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares de las dietas de Trucha.	33
V. DISCUSIÓN	34
VI. CONCLUSIONES	40
VII. BIBLIOGRAFIA	41
VIII. MATERIAL SUPLEMENTARIO	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Concentración de aminoácidos de varias proteínas vegetales y de la harina de pescado. .....	9
<b>Tabla 2</b> Porcentajes de proteína bruta de las especies carnívoras.....	16
<b>Tabla 3</b> Concentración de aminoácidos de lubina, dorada, Seriola y trucha.....	17
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de proteína bruta y códigos de las fuentes de proteína animal y otras fuentes.....	18
<b>Tabla 5</b> Porcentaje de proteína bruta y códigos de las fuentes de proteína vegetal y concentrados de proteína vegetal.....	19
<b>Tabla 6</b> Contenido de aminoácidos (g AA/ kg de proteína) en las fuentes proteicas animales y en otras fuentes alternativas.....	21
<b>Tabla 7</b> Contenido de aminoácidos (g AA /kg de proteína) en las fuentes vegetales y concentrados de proteína vegetal.....	22
<b>Tabla 8</b> Resultados obtenidos para el análisis de componentes principales teniendo en cuenta las variables bioquímicas analizadas... ..	23

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Producción mundial de la Harina de Pescado 1990-2030. ....	4
<b>Figura 2</b> Separación de los diferentes grupos de muestras sobre la base de los dos primeros componentes principales según su composición bioquímica... ..	24
<b>Figura 3.</b> Índice de Oser (OI), Cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal, nuevas proteínas alternativas, fuente de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de dorada de 70g aprox. ....	26
<b>Figura 4.</b> Índice de Oser (OI), cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal, Nuevas proteínas alternativas, fuente proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de dorada de 350g.....	27
<b>Figura 5.</b> Índice de Oser (OI), computo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal, nuevas proteínas alternativas, fuente de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de seriola de 365g. ....	29
<b>Figura 6.</b> Índice de Oser (OI), cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal, nuevas proteínas alternativas, fuente proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de seriola de 840g .....	30
<b>Figura 7.</b> Índice de Oser (OI), cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de 56proteína animal, nuevas proteínas alternativas, fuente de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de lubina de 350g. ....	32
<b>Figura 8.</b> Índice de Oser (OI), cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal, nuevas proteínas alternativas, fuente de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de trucha de 70g. ....	33
<b>Figura S1.</b> Ratio de aminoacido (%) para amino ácidos esenciales de las fuentes de proteína animal y nuevas proteínas alternativas en ejemplares de dorada de 70g aprox.....	56
<b>Figura S2.</b> Ratio de aminoacido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de dorada de 70g aprox. ....	57
<b>Figura S3.</b> Ratio de Amino acido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína animal y nuevas proteínas alternativas en ejemplares de Dorada de 350g aprox. ....	58
<b>Figura S4.</b> Ratio de Amino acido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de dorada de 350g aprox. ....	59

<b>Figura S5.</b> Ratio de aminoacido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína animal y nuevas proteínas alternativas en ejemplares de seriola de 365g .....	60
<b>Figura S6.</b> Ratio de aminoacido (%) para amino ácidos esenciales de las fuentes de Proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de seriola de 365g.....	61
<b>Figura S7.</b> Ratio de aminoacido (%) para amino ácidos esenciales de las fuentes de proteína animal y nuevas proteínas alternativas en ejemplares de seriola de 840g.....	62
<b>Figura S8.</b> Ratio de aminoacido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de seriola de 840g.....	63
<b>Figura S9.</b> Ratio de aminoacido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína animal y nuevas proteínas alternativas en ejemplares de lubina de 350g.....	64
<b>Figura S10.</b> Ratio de aminoacido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de lubina de 350g.....	65
<b>Figura S11.</b> Ratio de aminoacido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína animal y nuevas proteínas alternativas en ejemplares de trucha de 70g. ....	66
<b>Figura S12.</b> Ratio de aminoacido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína vegetal y concentrado de proteína vegetal en ejemplares de trucha de 70g. ....	67

## ABREVIATURA

<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
<b>AAE</b>	Aminoácido esencial
<b>AANE</b>	Aminoácido o esencial
<b>HP</b>	Harina de pescado
<b>AP</b>	Aceite de pescado
<b>SP</b>	Subproducto de pesca
<b>CP</b>	Componente principal
<b>HSPA</b>	Harina de aves de corral
<b>HCH</b>	Harina de carne y hueso
<b>CPS</b>	Concentrado de proteína de soja
<b>HGM</b>	Harina de gluten de maíz
<b>HGT</b>	Harina de gluten de trigo
<b>HB</b>	Harina bacteriana
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>PC</b>	Componente principal
<b>PCA</b>	Componente principal de aminoácidos
<b>CS</b>	Chemical score
<b>AAR</b>	Ratio de aminoácidos



# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Situación de la alimentación acuícola

Para el año 2007, casi el 40% de toda la producción acuícola era dependiente de piensos comerciales (Deutsch *et al.*, 2007). Según los datos recopilados en el último informe de la FAO en el 2020, se registró una disminución de la producción de especies “sin alimentación” del 43,9% al 30,5% desde 2000 hasta 2018. Hua *et al.* (2019) estima que la producción total de alimentos para todas las especies acuícolas aumente en un 75%, siendo de 49,7 millones de toneladas en 2015 a 87,1 millones de toneladas en 2025. Por consiguiente, en los últimos años la producción de piensos se convirtió en una actividad económica de alta importancia que tiene por finalidad abastecer la demanda de alimento de las empresas acuícolas, que destinan entre un 60 a un 70% del costo de la producción en la compra de piensos.

Los piensos están compuestos por materias primas que aportan los nutrientes necesarios para cubrir las necesidades de la especie que se va alimentar. La selección de las materias primas para la elaboración del alimento debe tener las siguientes características: i) Cubrir las necesidades nutricionales (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) de las especies, ii) Producirse todo el año sin variabilidad nutricional y iii) Deben ser de bajo coste. Pero de todos los componentes nutricionales, la proteína es la más importante por su necesidad en la formación, renovación de tejido muscular de las especies y su elevado coste. Por tal motivo es necesario establecer las necesidades de cada especie para identificar la cantidad y calidad requerida de proteína. Para Wilson (2002), los niveles de proteína difieren en los piensos según el tipo de alimentación (peces herbívoros, omnívoros y carnívoros), siendo elevados en especies carnívoras (38-42% para lubina rayada híbrida, 40-45% para truchas, 50-60% para bacalao común, y otros peces marinos), y según la fase de producción (alevinaje, juveniles y engrase). Sin embargo, los peces no tienen necesidades específicas de proteínas sino de una mezcla bien equilibrada de AA (aminoácidos) específicos, los cuales son extraídas de las fuentes de proteínas empleadas en la elaboración de sus piensos, porque la ausencia de cualquiera bloquearía el proceso.

Los aminoácidos dietéticos, están comprendidos entre AAE (aminoácido esencial) y AANE (aminoácido no esencial), ambas son necesarias para el crecimiento y el

mantenimiento de las especies; los AAE son más importante porque no pueden ser sintetizados por los mismos peces, por lo cual deben ser incluidos en las dietas (Lall & Dumas, 2015). Los requerimientos de aminoácidos cuantitativos difieren solo ligeramente entre las especies que se han probado, sin embargo, cuando los requisitos cuantitativos de aminoácidos indispensables se expresan como un porcentaje de la proteína alimentada, aparece una armonía notable entre los valores necesarios para el crecimiento máximo en la mayoría de las especies (Wilson, 1986; Cowey, 1994). De manera que, el conocimiento de las necesidades en AAE fueron motivos de estudios con la finalidad de elaborar un pienso exitoso para cada especie.

La fuente de proteína usada clásicamente para la elaboración de piensos es la harina de pescado (HP), la cual tiene un valor nutritivo, perfil de aminoácidos idóneo y buena digestibilidad para los peces. En el año 2018, la cantidad utilizada de peces para la producción de HP y aceite de pescado (AP) aumentó a 18 millones de toneladas y en los últimos años el precio de HP se incrementó debido a la demanda y baja disponibilidad de peces enteros producto de la pesca (FAO, 2020). Debido a factores negativos tales como: la sobrepesca de peces enteros salvajes, cambio climático y contaminantes orgánicos, la producción de HP es insostenible para satisfacer la demanda.

Actualmente, con la finalidad de abastecer la demanda de HP, el 35% de la producción mundial de Subproducto de la Pesca (SP) son destinados a la elaboración de HP, no obstante, existe diferencia en el valor nutricional entre los SP a nivel mundial e inclusive tienen bajo contenido de proteínas y alto en minerales en comparación con la HP obtenida de peces enteros (FAO, 2020). Para Hardy (2006) no considera una solución el empleo del SP para producir HP, porque continúa siendo un producto proveniente de una actividad altamente depredativa, con baja disponibilidad y un alto coste.

Con la finalidad de disminuir el uso de productos provenientes de la pesca, las empresas buscan fuentes de proteínas alternativas de origen animal o vegetal. En el caso de las fuentes de proteínas vegetales, e incluso las animales, tienen perfiles de aminoácidos diferentes a la HP, especialmente cuantitativo, y factores que limitan la inclusión de algunas fuentes de proteínas en las dietas (Hardy, 2006), afectando la tasa de alimentación y provocando una menor digestibilidad, y en muchas ocasiones perjudica el crecimiento. Para Wang (2006), la rentabilidad del alimento podría mejorarse reemplazando la HP con fuentes de proteínas más económicas, como los ingredientes

de proteína animal extraídos. Si bien las fuentes de proteína animal funcionan mejor que las de proteína vegetal en las dietas para especies carnívoras, son todavía caras y tienen menor disponibilidad en comparación a la proteína vegetal, por lo cual la complementación de ambas fuentes sería la fórmula para la sustitución de la HP (Noguiera *et al.*, 2012).

## **1.2. Tipos de fuentes de proteínas para la formulación de alimento**

La industria de alimentos acuícolas ha reconocido durante muchos años que la utilización de fuentes de proteína vegetal en la formulación de dietas es esencial para el desarrollo futuro de la acuicultura, por su valor nutricional, impacto mínimo ambiental y producen pescado de alta calidad de manera rentable. Por tanto, el desafío al que se enfrenta la industria de alimentos acuícolas es identificar alternativas económicamente viables, idóneas para las especies y respetuosas con el medio ambiente.

Las fuentes de proteínas empleadas en la elaboración del pienso generalmente se dividen en tres categorías: i) proteínas animales; ii) Concentrados de proteínas vegetales; y iii) Nuevas proteínas, tales como proteínas unicelulares, harinas de insecto, productos especiales producidos a partir del procesamiento de residuos de mariscos y productos derivados de la producción de etanol (Hardy, 2006). Muchos de estos insumos tienen potencial para suministrar los nutrientes requeridos por las especies acuícolas.

### **1.2.1. Fuente de proteína de origen animal**

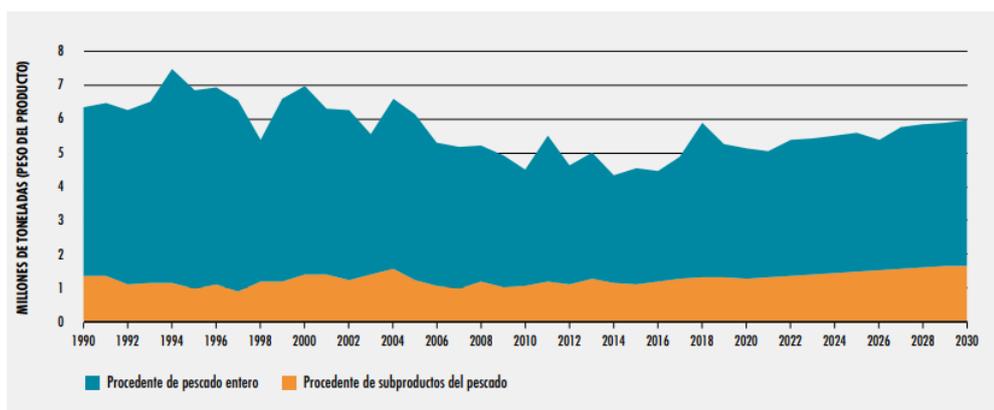
Las materias primas de origen animal, son las fuentes de proteína más utilizada en la elaboración de los piensos para peces. Las fuentes más estudiadas y utilizado son: la harina de pescado y harina de subproductos de pollo, debido a sus buenas características que presentan.

#### **a. Harina de pescado**

La harina de pescado, es una materia prima de excelente calidad y alto valor nutritivo proveniente del proceso de las especies pelágicas enteras y subproductos de pesca (Hardy & Tacon, 2002; Yano *et al.*, 2008). Las especies pelágicas a menudo pueden tener un contenido de proteína bruta oscila entre 67,4-89,6% de

materia seca, mientras que el contenido de lisina entre 4,6-6,9% y metionina entre 1,7-2,7% (Ayadi *et al.*, 2012; Miles & Chapman, 2012), siendo la HP de mejor calidad la elaborada a base de anchoveta (*Eungralis rigens*). Debido a su buen perfil de aminoacídico, similar al requerido por los peces, y un alto contenido de proteína, lo convierte en principal fuente de proteína para la alimentación de especies acuícola (Médale & Kaushik, 2009). Entre los principales beneficios que tienen la harina de pescado es optimizar la eficiencia del crecimiento (Gomes *et al.*, 1995), aumenta la digestibilidad de los nutrientes, brinda una equilibrada composición de AA (Olsen & Hasan, 2012), buena palatabilidad (Li *et al.*, 2006) y favorece el fortalecimiento del sistema inmunológico. Además, La HP es una materia prima que carece de inhibidores nutricionales o factores anti nutricionales en comparación a las proteínas vegetales, por lo cual es más atractiva para su uso en dietas para la producción acuícola.

En la Figura 1, se muestra la producción de HP desde 1990 hasta el 2030, en el cual se observa una producción que supera ligeramente los 5 millones de toneladas. En los últimos años, el incremento de la demanda de alimentos para la acuicultura ha producido un aumento en la demanda de HP. Sin embargo, se estima una reducción ligera de la pesca destinada para harina de pescado para el año 2030 (18% en 2030 frente al 19% en 2018), por lo cual el porcentaje de HP que se obtiene de los Subproducto de Pesca aumentaría de un 22% a un 28% para el 2030 (FAO, 2020).



**Figura 1** Producción mundial de la Harina de Pescado entre 1990 y previsión hasta 2030. (FAO, 2020)

La dosificación de la HP en las dietas debe ser controlado, debido a que un exceso puede ocasionar una elevación en la concentración de traza de fosforo (Yang *et al.*, 2011) y nitrógeno en el medio ambiente, por tanto, es necesario tener en cuenta el aminoácido limitante en el requerimiento de los peces. Los porcentajes de la tasa de inclusión de harina de pescado en la dieta puede variar según el tipo de alimentación de los peces y su hábitat; para los peces carnívoros marinos el porcentaje de incorporación de la HP es entre un 30 a un 60% (Wang *et al.*, 2006), mientras que en las dietas para carpas común y tilapias pueden oscilar entre el 5 y el 7% (Miles & Chapman, 2012).

b. Harina de subproductos de aves

Las harinas de subproducto de las aves, son una fuente de proteína alternativa utilizada durante mucho tiempo en alimentos acuícolas por su alto valor biológico, bajo contenido en carbohidratos, perfil de aminoácidos equilibrado, alta digestibilidad, bajo coste y disponibilidad en el mercado (Wisman *et al.*, 2006; Goda *et al.*, 2007; Bhaskar *et al.*, 2015). Se pueden encontrar diferentes tipos, como harinas de aves de corral (HSPA), de sangre o de plumas, las cuales son procesadas, molidas y conservadas, con la finalidad de mantener la calidad nutricional, sin embargo, la modificación de su calidad también puede darse por el tipo de proceso empleado por los fabricantes (Hasan & Amin, 1997), causando un efecto negativo en el rendimiento nutricional de los peces alimentados.

Entre las especies carnívoras evaluadas, el salmón se pudo sustituir la HP por HSPA en un 30% sin perjudicar el crecimiento (Fowler, 1990, mencionado en: Doughty *et al.*, 2019), sin embargo, en juveniles de trucha fue del 50% (Pares-Sierra *et al.*, 2014 y Sevgili *et al.*, 2002). Otros estudios concluyeron que con la mejora de la calidad de las HSPA se podría sustituir hasta un 75%-100% de la HP sin una disminución significativa en el crecimiento de los peces (Alexis *et al.*, 1985; Thompson *et al.*, 2008; Yones *et al.*, 2015). Mientras que la sustitución de la HP por harina de plumas hidrolizadas es bastante menor que la de HSPA, entre el 5 y el 20%, este resultado se asocia a la alta deficiencia de metionina (0,6-0,7%) y al desequilibrio entre cisteína-metionina (Ayadi *et al.*, 2012).

El rango de inclusión de la harina de sangre en piensos para peces oscila entre 1-8%, este bajo porcentaje de inclusión en la dieta es como consecuencia de su desequilibrio entre leucina e isoleucina y a la disminución de la palatabilidad por parte de los peces en piensos con altos niveles de harina de sangre (Tacon *et al.*, 2009). Por ejemplo, para la dieta de juveniles de dorada se puede sustituir hasta un 5% de la HP por harina de sangre, sin efectos en el rendimiento y características sensoriales, pero el aumento de la inclusión harina de sangre produce reducción del crecimiento por un descenso en la palatabilidad (Martínez-Llorens *et al.*, 2008) Por tanto, la sustitución completa de la harina de pescado por harina de subproducto de aves en piensos podría afectar negativamente al crecimiento y en algunos casos puede provocar una mayor mortalidad por la limitación o desequilibrio de nutrientes esenciales (Barreto-Curiel *et al.*, 2016), ello se podría mejorar equilibrando el contenido de AAE con otras materias primas en la formulación de las dietas.

c. Harina carne y huesos

Desde el año 2013, la prohibición del uso de proteínas de animales procesados se levantó parcialmente permitiendo el uso de productos derivados de animales no rumiantes en piensos para peces en la unión europea (Moutinho *et al.*, 2017). La harina de carne y huesos (HCH) presenta una menor digestibilidad, pero un perfil de aminoácidos favorable y alto contenido en cenizas, calcio y fósforo que puede servir como alternativa para complementar o cumplir el equilibrio de aminoácidos de la proteína en las dietas acuícolas (Bureau, 2006; Tang *et al.*, 2017; Ashraf *et al.*, 2013).

Dependiendo la fuente el contenido de proteína de la HCH puede variar entre un 47,3 y un 54,3% y su contenido de lisina (2,5-3,5%) y metionina (0,5-1,5%) son más bajos que la HP (Ayadi *et al.*, 2012). Los estudios han demostrado que el efecto de la sustitución de HP por HCH en el crecimiento difiere entre especies (Williams *et al.*, 2003; Rossi & Davis, 2014), entre un 20 a un 45% en *Paralichthys olivaceu*, trucha arco iris y corvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*) (Ai *et al.*, 2006; Bureau *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2012, mencionado en: Moutinho *et al.*, 2017).

Moutinho *et al.*, (2017) recomienda un reemplazo hasta un 50% de la HP por HCH en dieta de juveniles de dorada sin comprometer crecimiento y eficiencia alimentaria. Sin embargo, cuando se usa HCH en dietas de algunas especies puede reducir el crecimiento, esto puede deberse a deficiencias de metionina, lisina e isoleucina, y también baja digestibilidad (Millamena, 2002).

d. Harina y subproductos de moluscos y crustáceos.

Las más estudiadas son la harina de krill y calamar, los cuales son investigadas como estimuladores de alimentación porque mejoran la palatabilidad del pienso. Además, mejoran el valor nutricional, por lo tanto, cumplen un papel decisivo en la complementación cuando se sustituye la harina de pescado por fuentes de proteínas vegetales menos costosas (Chatzifotis *et al.*, 2009). En algunos casos por ser fuentes de proteína y lípidos de calidad han sido utilizadas para mejorar la calidad de puesta en los reproductores (Vassallo-Agius *et al.*, 2001).

En un estudio realizado en la sustitución total de la harina de pescado por harina de krill, por su valor nutricional, se vio afectado el crecimiento en medregal del Japón (*Seriola quinqueradiata*), pero los autores recomendaron la eliminación del exoesqueleto del krill (*Euphausia superba*) (Yoshitomi & Nagano, 2012). Sin embargo, la inclusión de estos insumos como estimulantes en la alimentación puede ser necesarios en los casos en que los peces muestren un apetito reducido, como cuando se someten a dietas inertes (Koven *et al.*, 2001), alimentos medicados (Toften & Jobling, 1997) o cuando nuevas especies se introducen en la acuicultura y son reacias a alimentarse de alimentos convencionales, como es el caso de los ejemplares juveniles de *Seriola dumerili* (Papadakis *et al.*, 2008).

### **1.2.2. Fuentes de proteína vegetal y concentrados.**

Si bien la proteína vegetal se reconoce como la fuente más económica y sostenible para reemplazar la HP, esta presenta una serie de inconvenientes: factores anti-nutricionales, deficiencias en ciertos EAA, baja digestibilidad de nutrientes, menor biodisponibilidad y palatabilidad debido a niveles excesivos de carbohidratos no solubles (fibra y almidón) (Daniel, 2018; Olsen & Hasan, 2012). Por el contrario, los concentrados de proteína vegetal tienen la cantidad de proteína similar HP, aunque

los perfiles de aminoácidos no coinciden con las necesidades nutritivas de los peces carnívoros, por ejemplo, el aminoácido limitante en la harina soja (HSJ) y concentrado proteico de soja (CSJ) es la metionina, en el gluten de maíz es la lisina y en el gluten de trigo es la relación de lisina y arginina (Hardy, 2006).

Pero los precios bajos, amplia disponibilidad y la facilidad de mejorar su composición hacen que sea una proteína alternativa utilizada frecuentemente. La adición de las fuentes vegetales en las dietas en su mayoría va acompañada de otras fuentes de proteína de origen animal o vegetal, inclusive hasta conseguir la sustitución total de la HP (Karthik *et al.*, 2014). Por ejemplo, el estudio realizado en doradas la sustitución total de la HP por una mezcla de proteínas vegetales (gluten de trigo, H. de soja, H. colza) y la harina de krill presentaron un mejor crecimiento, pero es necesario señalar que la dieta alternativa se complementó un mix de aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, arginina, histidina y treonina) y taurina (Monge-Ortiz *et al.*, 2016).

No obstante, la presencia de factores anti nutricionales o tóxicos (inhibidores de proteasa, lectinas, ácido fítico, saponinas, fitoestrógenos, alcaloides, taninos, cianógenos y glucosinolatos) en las fuentes vegetales limita el porcentaje de inclusión en las dietas (Murray *et al.*, 2010). Los factores anti nutricionales afectan negativamente en la digestión, absorción y el empleo fisiológico de proteína y aminoácidos. En las fuentes vegetales están incluidas las semillas oleaginosas, legumbres y cereales, de las cuales las leguminosas que incluyen guisantes y frijoles han sido estudiadas en alimentos acuícolas, pero la soja es la fuente más investigada y utilizada en la elaboración de pienso (Ayadi *et al.*, 2012). También han sido estudiadas con resultados prometedores los productos de maíz (Davis *et al.*, 2002).

a. Harina y subproductos de Soja.

La HSJ es la fuente vegetal más utilizada en la fabricación de piensos por su valor nutritivo, no obstante, la alta concentración de factores anti nutricionales (inhibidor de tripsina, antígenos, lecitinas, saponinas y oligosacáridos) limita los niveles de inclusión en la dieta. Por otro lado, el concentrado de proteína de soja (CPS) tiene un alto coeficiente de digestibilidad de proteínas y aminoácidos, una calidad constante y fácil disponibilidad que pueden sustituir entre un 40 a un 100% de la HP en la dieta (Hardy, 2006; Dersjant-Li, 2002) pero ambos insumos tienen

como aminoácido limitante a la metionina. El contenido de proteína de la HS se encuentra entre 46,9-51,2% de proteína bruta y su concentración de lisina (2,8-4,0%) y metionina (0,5-0,9%) están por debajo de la HP (Ayadi *et al.*, 2012), mientras que CPS tiene un 64,6% de PB y la cantidad de metionina es 0,81 y lisina 3,84 g/100g peso húmedo (Tabla 1).

Existe muchos estudios sobre la sustitución de la HP por harina de soja o CPSJ en la dieta de diferentes especies: tilapia galilaeus (*Sarothron galilaeus*) (Goda *et al.*, 2007), bagre del sur (*Silurus meridionalis*) (Ai & Xie, 2007), salmon (*Salmo salar*) (Refties *et al.*, 2000 y Carter & Hauler, 2000), medregal del Japón (Takagi *et al.*, 2008), cobia (*Rachycentron canadum*) (Salze *et al.*, 2010), trucha (Yang *et al.*, 2011 y Tacon *et al.*, 1983), dorada (Martínez-Llorens *et al.*, 2007 y Bonaldo *et al.*, 2008) y lubina (Lanari & D'Agro, 2005; Tibaldi *et al.*, 2006, Bonaldo *et al.*, 2008). Sin embargo, se recomendaron la elaboración de piensos con fuentes en combinación y el suministro de forma independiente de aminoácidos limitantes, como es el caso de las especies carnívoras.

**Tabla 1:** Contenidos de aminoácidos (g / 100 g, peso húmedo) de varias proteínas vegetales y de la harina de pescado (Hardy, 2006).

AMINOACIDO	CPS	HGM	HGT	Harina de pescado
Arginina	4,04	1,34	2,18	3,35
Histidina	1,44	0,	1,35	1,54
Isoleucina	3,17	2,37	2,78	3,15
Leucina	5,53	10,26	5,40	5,56
Lisina	3,84	0,91	1,20	4,69
Metionina	0,81	1,09	0,98	1,88
Fenilalanina	2,76	2,79	3,00	2,28
Treonina	3,03	2,06	2,25	3,42
Valina	5,59	2,85	3,38	4,09
Proteína bruta	64,60	65,90	75,50	73,00

\* Más cisteína.

\*\* Más tirosina

CPS = concentrado de proteína de soja; HGM= harina de gluten de maíz; HGT = harina de gluten de trigo.

#### b. Harina y subproductos de maíz.

El subproducto derivado del maíz más estudiado en dietas para peces, es la Harina de gluten de maíz (HGM). La HGM tiene un alto contenido de proteína bruta (66,7-

74,7% PB) y baja concentración en lisina (1,0-2,1%) y metionina (0,9-1,8%) (Ayadi *et al.*, 2012), la proteína que contiene es insoluble en combinación con una cantidad mínima de fracciones de almidón y fibra bruta (Nandakumar *et al.*, 2017). En los estudios realizados en dietas de peces se encontraron diferentes porcentajes de inclusión de la HGM. Por ejemplo, en lubina fue del 10% (Nandakumar *et al.*, 2017), 10% para dorada (Yiğit *et al.*, 2012), 37,7% para bagre ussuri (*Pseudobagrus ussuriensi*) (Bu *et al.*, 2017) y 40% para rodaballo (*Psetta maximal*) (Regost *et al.*, 1999).

c. Harina y subproductos del trigo.

El trigo en grano sin procesamiento contiene aproximadamente un 12% de proteína y un 12% de humedad, mientras que el contenido de almidón es alto (generalmente mayor del 70%), en cuanto a los aminoácidos, la lisina y la metionina son componentes relativamente bajos, 3% y 1,5% respectivamente (Gatlin *et al.*, 2007). Por el contrario, el gluten de trigo (HGT) contiene un 80% de PB, con respecto a los EAA el HGT es bastante bajo en lisina, triptófano y arginina, por lo cual es necesaria una suplementación dietética con lisina en los alimentos para peces con alto contenido de GT (Apper-Bossard *et al.*, 2013).

Por ejemplo, en un estudio la sustitución de la HP por HGT en las dietas de trucha fue de un 50% a un 100% obtuvo buenos resultados en cuanto a parámetros productivos, pero fue necesario la suplementación adicional de aminoácidos esenciales sintéticos, tales como la lisina y arginina, para mejorar la calidad nutricional (Tibaldi *et al.*, 2003; Davies *et al.*, 2008 y Rodehutschord *et al.*, 1995), mientras que en lubina fue 50% y con la adición también de aminoácidos limitantes (Tibaldi *et al.*, 2003). En el caso de la dorada, la combinación del HGT con la proteína de soja o HGM y arginina puede proporcionar un reemplazo total o parcial a la HP (Kissil & Lupatach, 2004). En otros estudios se informaron un porcentaje de sustitución del 50% para salmon (Storebakken *et al.*, 2000; Tibaldi *et al.*, 2003).

d. Harina y subproductos del guisante.

Los guisantes, *Pisum sativum* contienen entre 22,4-30,7% PB y el contenido de aminoácidos es bajo para lisina (1,5-1,7%) y metionina (0,2-0,3%) (Ayadi *et al.*, 2012). Sin embargo, los concentrados de proteína de guisante tienen un contenido de proteína del 49%, lisina del 6.2% y metionina del 0.9% (Carter & Hauler, 2000; Sánchez-Lozano *et al.*, 2009). Esta proteína es altamente digerible en especies acuáticas, además no contienen el inhibidor de tripsina que se encuentra en la soja u otros factores anti nutricionales que contienen las legumbres en general.

e. Otras fuentes de proteína vegetal.

Mientras que, los cereales son el alimento más económico y se incorporan a las dietas principalmente como fuente de energía, tienen un bajo contenido de proteínas (8-12%) y son fuentes ricas en almidón (60%). La inclusión de cereales en las dietas de peces carnívoros suele limitarse a un 10-20%, lo que proporciona solo un 0,5% de la proteína de la dieta, que es deficiente en lisina (Oliva-Teles *et al.*, 2015). Sin embargo, se han continuado haciendo pruebas con concentrados proteicos de arroz, harina de garrofin, habas y altramuz.

### **1.2.3. Nuevas fuentes proteicas**

Las nuevas alternativas que están siendo estudiadas como sustitutas a la harina de pescado son: bacterias, microalgas, fermentados, harinas de insectos, lombrices, pulgas de agua y productos provenientes de los desechos de procesamiento de animales acuáticos.

La harina bacteriana (HB), se encuentra en un creciente interés por su potencial en la alimentación para animales monogástricos y su rápido cultivo en sustratos. El porcentaje de proteína de la HB es entre un 67 y un 73,5%, y tiene una composición de aminoácidos equilibrada con altos valores en arginina y triptófano, además de alto contenido N-nucleótido (Overland *et al.*, 2010). En las investigaciones, se indican que la proteína producida a partir de bacterias cultivadas en metano puede sustituir la HP en un 36% en el caso del salmón (Aas *et al.*, 2006a), un 27 y 50% en el de la trucha (Aas *et al.*, 2006b, Sealey *et al.*, 2011; Belforti *et al.*, 2015 ), 9% para el *Hippoglossus*

*hippoglossus* (Aas *et al.*, 2006c), un 25% en dorada (Piccolo *et al.*, 2017) y hasta 25% para lubina (Gasco *et al.*, 2016).

Por otro lado, se encuentra la harina de insecto como fuente rica en proteína y aminoácidos, utilizada en dietas para peces (Magalhães *et al.*, 2017; Rema *et al.*, 2019; Basto *et al.*, 2020), la mayoría de éstas contienen entre 40-63% de proteína bruta, mientras que la harina de insecto desengrasado puede alcanzar hasta un 83% (Makkar *et al.*, 2014; Arru *et al.*, 2019). El inconveniente de una harina de insecto es que contiene carbohidratos (menor 20%) en forma de quitina en un polímero de glucosamina, el cual es considerado un factor anti nutricional ya que dificulta la digestibilidad en los peces, aunque también se ha comprobado que bajos niveles podrían actuar como inmuno- estimulante (Henry *et al.*, 2015). Existe tres tipos de especies de insectos con potencial en la alimentación acuática: la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), la mosca común (*Musca domestica*) y el gusano amarillo (*Tenebrio molitor*) (Hua *et al.*, 2019). Los perfiles de aminoácido de la harina de insecto son variables y dependen de la etapa de desarrollo y de los sustratos utilizados como fuente de nutrientes (Barroso *et al.*, 2014; Henry *et al.*, 2015).

Las microalgas se caracterizan por ser ricas en proteínas y aminoácidos, su contenido de proteínas puede llegar al 50% en seco. La espirulina seca contiene proteínas hasta un 60-90%; además contiene todos los aminoácidos esenciales requeridos por los animales, especialmente es rica en lisina y treonina. Algunos estudios demostraron que se pueden utilizar como aditivos alimentarios para ayudar a promover el crecimiento y mejorar su efecto inmunitario (Li *et al.*, 2015). Se ha demostrado que puede sustituir hasta el 70% de la HP en las dietas de peces omnívoros y porcentajes sustanciales en especies carnívoras (Perschbacher, 2013). A pesar de que existen miles de microalgas, las más empleadas en nutrición de peces marinos son: *Nannochloropsis sp.*, *Pavlova sp.* e *Isochrysis sp.* (Dani & Thirugnanamurthy, 2016; Sarker *et al.*, 2020); también las especies como: *Chlorella* y *Spirulina* (Raji *et al.*, 2020).

## II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En los últimos años, el aumento de la demanda de piensos para satisfacer el incremento de producción acuícola y la decreciente disponibilidad de la harina de pescado ha obligado a las empresas de alimentos para peces a buscar fuentes de proteínas alternativas con la finalidad de brindar un pienso con alto valor nutritivo y de bajo coste de elaboración. Algunos estudios realizados en alimentación de peces identificaron materias primas de origen animal y vegetal idóneos como fuentes de proteína. Sin embargo, no se ha logrado sustituir en su totalidad a la harina de pescado en la dieta de muchas de las especies de interés acuícola ya que la limitación de algunos aminoácidos en las fuentes alternativas ha provocado un efecto negativo sobre el crecimiento y salud de los peces. Por lo tanto, la combinación de varias fuentes vegetales y animales ha sido hasta ahora la solución para lograr óptimos niveles de inclusión para las diferentes especies y reducir la dependencia sobre la harina de pescado.

En los últimos años, la acuicultura en España ha presentado un crecimiento, siendo la dorada, lubina y trucha las principales especies en producción, por otro lado, la seriola o pez limón se está actualmente incorporando a la producción a escala comercial en España por sus características de excelente calidad de su carne, su alta demanda y precio de mercado y sobre todo su rápido crecimiento en cautividad. Sin embargo, los estudios nutricionales en seriola son escasos y los pocos trabajos sobre el uso de fuentes alternativas en su dieta se centran únicamente en la sustitución de harinas de pescado por una única fuente proteica, como la harina de soja (Tomas *et al.*, 2005; Tomas *et al.*, 2019; Monge-Ortiz *et al.*, 2016; Monge-Ortiz *et al.*, 2020; Takakuwa *et al.*, 2006; Takakuwa *et al.*, 2019).

Cabe señalar que las dietas que se elaboran por lo general no son tan específicas para cada especie en cuanto a perfil aminoacídico y el valor nutricional de algunos insumos utilizados varían según la zona de producción. Si bien las dietas formuladas cubren las necesidades nutricionales en proteínas de los peces es importante enfocarse en alcanzar el perfil de aminoácido requerido para cada especie. Por tanto, la identificación del aminoácido limitante de cada fuente de proteínas con potencial para la alimentación de los peces apoyaría en una mejor selección de insumos. Es por ello, que en el presente trabajo se planteó como objetivo determinar la idoneidad de diferentes fuentes de

proteínas como componentes potenciales en la formulación de piensos para diferentes especies carnívoras; la lubina (*Dicentrarchus labrax*), la dorada (*Sparus aurata*), la seriola (*Seriola dumerili*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Planteando para ello los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el valor del ratio de aminoácidos (AAR) calculado de los aminoácidos esenciales de diferentes fuentes proteicas para cada especie (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Seriola dumerili* y *Oncorhynchus mykiss*).
- Determinar el aminoácido limitante para la síntesis proteica de las diferentes materias primas para cada especie (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Seriola dumerili* y *Oncorhynchus mykiss*).
- Determinar el índice de Oser de las fuentes de proteínas para cada especie (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Seriola dumerili* y *Oncorhynchus mykiss*).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Especies de estudio

El experimento se inició con los análisis de proteína total y concentración de aminoácidos de los peces (dorada, seriola, lubina y trucha). Cabe señalar que, se realizó en la fase de juvenil y engorde en las especies de dorada (69,75 y 350g, respectivamente) y seriola (365 y 855g, respectivamente); mientras que en la lubina y trucha los análisis se realizaron en la fase de engorde (350 y 70g, respectivamente). Las procedencias de las muestras fueron obtenidas del grupo de Acuicultura y Biodiversidad de la Universitat Politècnica de València (UPV), los cuales estuvieron almacenados y congelados (-80°C) y el número de muestras analizadas fueron: 9 y 15 en dorada, 51 y 8 en seriola, 36 en lubina y finalmente 57 en trucha, pero es necesario señalar que cada muestra estuvo conformada de un pool de tres peces enteros, procedentes de diferentes tanques.

#### 3.2. Análisis de las Fuentes de Proteínas.

Las fuentes de proteínas se dividieron en cuatro grupos: Fuente de proteína animal, Nuevas fuentes alternativas, Concentrado de proteína vegetal y Fuente de proteína vegetal. Las fuentes de proteínas fueron seleccionadas en función de su contenido de proteína bruta y disponibilidad local. Para el presente trabajo se evaluaron 36 fuentes

de proteínas, las cuales han sido muestreadas, procesadas y conservadas grupo de Acuicultura y Biodiversidad de la UPV.

Antes de los análisis químicos, todas las muestras se liofilizaron y luego se analizaron de acuerdo con AOAC (1997). Brevemente, la materia seca se obtuvo por secado ( $105 \pm 1^\circ\text{C}$ ) a peso constante, y la proteína cruda (N9 6,25) se determinó por el método Kjeldahl después de la digestión ácida (Kjeltec 2300 Auto Analyzer, Tecator Hoganas, Suecia). Todos los análisis se realizaron por triplicado. Siguiendo el método descrito previamente por Bosch *et al.* (2006), los aminoácidos de las muestras se determinaron utilizando un sistema Waters HPLC (Waters 474, Waters, Milford, MA, EE. UU.) Que consta de dos bombas: (Modelo 515, Waters), un muestreador automático (Modelo 717, Waters), un detector de fluorescencia (Modelo 474, Waters) y un módulo de control de temperatura. Se añadió ácido aminobutírico (Sigma-Aldrich Co.) como patrón interno estándar antes de la hidrolización. Los aminoácidos se derivatizaron con AQC (6-amino quinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato). La metionina y la cisteína se determinaron por separado como metionina sulfona y ácido cisteico después de la oxidación con ácido perbromico. Los aminoácidos se separaron con una columna de fase inversa C-18 Waters Acc. Etiqueta (150 mm 9 3.9 mm) y luego se transforman en metionina y cistina.

### 3.3. Análisis de los datos

La proteína cruda bruta se expresó como  $\text{g.kg}^{-1}$  en peso seco, la media y la desviación estándar muestreado de las réplicas. Las réplicas fueron obtenidas del mismo grupo homogéneo de la muestra triturada de los ejemplares. Mientras que el contenido de aminoácidos (AA) se expresó en  $\text{g AA. kg}^{-1}$  de proteína. Los datos obtenidos de los ejemplares y las fuentes de proteínas se emplearon para calcular los siguientes índices:

- Ratio de aminoácidos (AAR, %) =  $(\text{AA}_{\text{muestra}}) / (\text{AA}_{\text{referencia}}) * 100$

Donde las  $\text{AA}_{\text{muestra}}$  y  $\text{AA}_{\text{referencia}}$  son los contenidos de aminoácidos digeribles en las muestras de ensayo y ejemplares respectivamente. Las proporciones de aminoácidos para la arginina se calcularon restando los valores de taurina en las muestras para evitar subestimar las proporciones.

- Cómputo Químico (o como indican sus siglas en inglés, *chemical score*, CS): valor mínimo de AARs calculado para la digestibilidad de amino ácidos esenciales (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Val).
- Aminoácido limitante: este es el aminoácido correspondiente a CS en la muestra de prueba, es decir el más limitante para la síntesis proteica.
- El Índice de Oser (OI, %): índice de calidad nutricional y se obtuvo como la relación media geométrica de los aminoácidos digestibles en las muestras a los detectados en los ejemplares, que se tomaron como referencia, de acuerdo con la fórmula:

$$OI (\%) = (10^{\frac{1}{n}(\log(AAR1)+\log(AAR2)+\dots+\log(AARn))})$$

Donde: AAR1, AAR2, ... AARn son las proporciones de aminoácidos esenciales y "n" el número de aminoácidos esenciales digestibles detectados. Cuando la relación es superior a 100, se tomó como referencia (Oser, 1951).

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1 Contenido de proteína y aminoácido de las especies evaluadas.

En la Tabla 2 podemos ver el contenido en materia seca, proteína y aminoácidos de los ejemplares analizados según el peso. El valor más alto de proteína se observó en ejemplares de seriola (56,69 ± 5,78 %) y el más bajo en trucha (35,83 ± 0,19 %) dentro de los valores de ejemplares adultos. Mientras que en los ejemplares juveniles analizados no presentaron muchas diferencias entre sus valores (51,48 ± 0,61 % en dorada y 54,44 ± 3,67 % en seriola).

**Tabla 2:** Porcentaje de proteína bruta de las de las especies carnívoras.

Número	Especie	Fase	Proteína Bruta (%)	SD
1	<i>S. aurata</i>	Juvenil	51,48	0,61
		Adulto	43,20	1,56
2	<i>S. dumerili</i>	Juvenil	54,44	3,67
		Adulto	56,69	5,78
3	<i>D. labrax</i>	Adulto	35,83	0,19
4	<i>O. mykiss</i>	Adulto	44,82	2,17

SD: desviación estándar

En cuanto al perfil de aminoácidos, los valores más altos se registraron en arginina, leucina y lisina, mientras que los valores más bajos fueron en histidina y metionina

en las cuatro especies (dorada, lubina, seriola y trucha) y no se observó diferencias entre fases. (Tabla 3).

**Tabla 3:** Concentración de aminoácidos de lubina, dorada, seriola y trucha.

Especie	Dorada ( <i>S. aurata</i> )				Seriola ( <i>S. dumerili</i> )				Lubina ( <i>D. labrax</i> )		Trucha ( <i>O. mykiss</i> )	
	Juvenil		Adulto		Juvenil		Adulto		Adulto		Adulto	
Fase de crecimiento	Juvenil		Adulto		Juvenil		Adulto		Adulto		Adulto	
Peso Corporal (g)	70		350		365		840		350		70	
Nº de ejemplares	12		45		51		8		36		57	
AA g /100 g m.s	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
<b>AAE</b>												
ARGININA	4,69	0,23	3,77	0,13	7,37	0,35	7,90	0,44	7,61	0,32	7,66	0,44
HISTIDINA	1,51	0,05	0,88	0,09	2,75	0,24	3,20	0,38	2,51	0,30	1,97	0,12
ISOLEUCINA	2,21	0,05	2,04	0,09	4,94	0,39	3,87	0,24	4,70	0,18	4,50	0,12
LEUCINA	3,97	0,10	3,56	0,12	7,77	0,46	6,66	0,35	8,15	0,18	7,48	0,19
LISINA	4,42	0,14	3,19	0,22	8,43	0,31	8,59	0,54	6,65	0,71	10,92	0,34
METIONINA	1,30	0,06	1,18	0,04	2,41	0,17	2,56	0,27	2,52	0,69	3,08	0,20
TREONINA	2,40	0,14	1,94	0,08	4,46	0,23	4,50	0,17	4,03	0,23	3,74	0,09
FENILALANINA	2,13	0,09	1,84	0,05	3,99	0,24	3,36	0,18	5,00	0,06	3,78	0,12
VALINA	2,58	0,06	2,42	0,10	5,79	0,33	4,91	0,26	5,43	0,21	5,28	0,13
<b>AANE</b>												
ALANINA	3,48	0,06	2,70	0,10	6,66	0,21	6,46	0,30	5,09	0,38	5,93	0,12
Ac. ASPÁRTICO	4,96	0,12	4,13	0,25	9,84	0,45	10,61	0,59	10,00	1,39	11,15	0,27
CISTEINA	0,45	0,03	0,42	0,03	0,93	0,14	0,70	0,33	1,17	0,17	0,96	0,21
GLICINA	4,32	0,25	3,52	0,16	7,83	0,79	7,80	0,68	5,39	0,35	6,83	0,72
AC. GLUTÁMICO	7,32	0,37	6,24	0,27	15,81	0,39	16,14	0,76	18,37	2,43	15,99	0,40
PROLINA	2,18	0,11	1,91	0,06	4,54	0,48	4,86	0,32	4,72	0,80	3,66	0,21
SERINA	2,14	0,04	1,93	0,13	3,96	0,22	4,62	0,49	5,15	0,82	4,19	0,14
TIROSINA	1,41	0,07	1,54	0,06	2,50	0,36	3,26	0,23	3,48	0,17	2,85	0,15

SD: desviación estándar

AAE: aminoácido esencial

AANE: aminoácido no esencial

m.s: materia seca

#### 4.2 Contenido de proteína y aminoácidos de las materias primas.

En las Tablas 3, 4, 5 y 6 se muestra el contenido en proteína y aminoácidos de las diferentes materias primas analizadas en el presente trabajo, que como se puede observar se dividieron en proteína animal y otras fuentes alternativas, proteína vegetal y concentrados proteicos vegetales.

Dentro del grupo de proteínas animales, los valores más bajos de proteína se registraron en las harinas de cangrejo enteros y sin caparazón (28,26 y 32,14%, respectivamente), mientras que los valores más altos de proteína fueron en harinas de cerdo ibérico y pescado (78,31 y 70,90%, respectivamente). Asimismo, en otras fuentes alternativas los valores fueron altas en las harinas *I. galbana*, *N. Gaditana*, lombriz, arroz fermentado y pulga de agua, mientras que el valor más bajo fue en la pulpa de cítrico (9,72%) (Tabla 4).

**Tabla 4:** Porcentaje de proteína bruta de las fuentes de proteína animal y otras fuentes alternativas.

<b>Materia prima</b>	<b>Proteína Bruta (%)</b>	<b>SD</b>
<b>Proteína animal</b>		
Harina de Cerdo Ibérico	78,31	1,84
Harina de Pollo	56,65	1,11
Harina de Carne	51,89	2,29
Harina de pescado	70,90	2,48
Harina de Krill	52,69	4,69
Harina de calamar	69,19	4,22
Harina de Cangrejo entero	28,26	0,64
Harina Cangrejo sin caparazón	32,14	2,45
<b>Otras fuentes de proteínas alternativas</b>		
<i>Isochrysis galbana</i>	41,90	1,84
<i>Nannochloropsis Gaditana</i>	42,05	1,62
<i>Schizochytrium mangrovei</i>	30,69	3,70
<i>Lemma sp</i>	15,62	1,10
Leche de vinagre	19,26	0,12
Pulpa Cítrico	9,72	3,05
Arroz Fermentado	53,62	0,55
Harina de Pulga de agua	39,47	0,89
Harina de Lombriz	59,08	0,39

SD: desviación estándar

En el caso de las fuentes vegetales, los valores más altos de proteínas se presentaron en la harina de soja, germen de garrofin y camelina fueron (43,39, 42,60 y 37,19%, respectivamente) y los valores más bajos fueron los de la harina de maíz, salvado de trigo, afrechillo de trigo y arroz. En los concentrados de proteína, la proteína de guisante y guisante 75% registraron los valores más altos en proteína y los valores más bajos fueron en turto de soja (45,24 ± 3,83%) (Tabla 5).

**Tabla 5** Porcentaje de proteína bruta de las fuentes de proteína vegetal y concentrados de proteína vegetal.

<b>Materia prima</b>	<b>Proteína Bruta (%)</b>	<b>SD</b>
<b>Proteínas Vegetal</b>		
Harina Trigo	15,19	3,08
Harina Habas	24,50	0,78
Harina Camelina	37,19	3,34
Salvado de trigo	12,85	0,10
Afrechillo de trigo	13,50	0,05
Afrechillo de Arroz	14,85	0,15
Harina de Soja	43,39	2,54
Harina de Maíz	7,40	0,14
Harina de Girasol	32,01	3,38
Harina de Guisante	20,43	1,53
Harina de Germen de Garrofin	42,60	0,89
<b>Concentrados de Proteína vegetal</b>		
Guisante 75%	74,73	2,45
Guisante 55%	55,06	0,57
Proteína Guisante	79,95	1,50
Turto de soja	45,24	3,83
Gluten de maíz	60,18	0,46
Concentrado de Soja	67,18	0,24
Gluten de Trigo	79,05	2,76
Proteína de Arroz	62,64	3,05

SD: desviación estándar

Respecto al contenido en aminoácidos (Tablas 6 y 7), en las fuentes de proteína animal, el aminoácido esencial predominante fue la arginina para las muestras de

intestino de cerdo ibérico, harina de carne, harina de pescado, haría de calamar, harina de cangrejo entero y harina de cangrejo sin caparazón, por otro lado, las harinas de Pollo y krill registraron como aminoácido predominante a la leucina. Igualmente, se registró en la mayoría de las nuevas alternativas (*I. galbana*, *N. gaditana*, *S. mangrovei*, *Lemma sp.*, leche de vinagre, pulpa cítrica, arroz fermentado y harina de lombriz), excepto la harina de pulga de agua que fue en lisina (Tabla 6).

En las fuentes de proteínas vegetales, la arginina fue el aminoácido predominante en la harina de camelina, salvado de trigo, afrechillo de trigo, afrechillo de arroz, harina de soja, harina de girasol, harina de guisante y harina de germen de trigo. En cuanto las harinas de trigo, habas y maíz fue la leucina el aminoácido predominante, mientras que, los concentrados de proteína vegetal registraron a la fenilalanina como aminoácido esencial predominante en el concentrado de soja, y arginina en guisante 75%, guisante 55% y Prot. de arroz, mientras que leucina en la proteína de guisante, turto de soja, gluten de maíz y gluten de trigo (Tabla 7).

**Tabla 6** Contenido de aminoácidos (g AA/kg de proteína) en las fuentes proteicas animales y en otras fuentes alternativas.

*Id.	Fuente de proteína animal								Otras fuentes de proteína alternativa								
Numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>Amino Acido Esencial (g AA. kg<sup>-1</sup> proteína)</b>																	
<b>ARGININA</b>	64,02	62,55	75,12	81,75	73,50	91,72	131,12	127,69	68,36	72,37	112,64	58,81	22,25	57,85	66,86	66,40	75,09
<b>HISTIDINA</b>	14,37	24,86	22,23	36,27	20,45	23,38	35,91	37,40	23,86	19,53	19,50	21,75	23,23	21,71	18,28	25,64	28,35
<b>ISOLEUCINA</b>	30,18	45,26	20,34	45,84	54,55	33,94	38,62	38,87	50,42	47,76	44,52	51,12	52,23	41,88	42,40	45,16	45,51
<b>LEUCINA</b>	58,27	78,87	52,74	77,78	82,81	62,34	59,70	59,72	102,19	96,14	78,11	99,20	88,13	72,48	76,77	73,25	79,27
<b>LISINA</b>	53,83	45,26	51,79	69,76	62,04	62,54	58,30	52,95	56,99	51,81	70,72	58,38	76,15	50,96	25,57	73,66	72,70
<b>METIONINA</b>	12,28	13,79	15,42	28,31	28,46	20,72	20,18	18,88	36,81	26,32	22,86	18,05	15,27	16,63	37,08	23,75	13,67
<b>TREONINA</b>	22,08	43,90	33,82	47,63	47,88	33,82	49,59	51,61	54,93	55,10	45,87	50,97	58,17	39,24	32,87	58,77	54,00
<b>FENILALANINA</b>	32,53	49,53	31,55	55,64	52,86	31,29	42,18	48,01	57,12	67,46	45,47	57,97	60,55	36,47	72,32	43,08	39,75
<b>VALINA</b>	47,82	65,85	35,09	51,31	54,18	39,80	44,74	44,74	62,09	62,68	62,07	64,02	56,79	55,45	54,93	58,31	50,21
<b>Amino Acido No esencial (g AA. kg<sup>-1</sup> proteína)</b>																	
<b>ALANINA</b>	80,74	63,13	76,88	60,49	62,37	70,96	63,79	68,46	84,15	69,68	60,61	78,07	69,18	77,68	44,78	73,11	68,77
<b>Ac. ASPÁRTICO</b>	82,05	79,84	106,10	88,94	116,83	84,30	102,10	96,01	102,00	75,17	91,20	109,33	67,84	114,38	77,00	105,15	110,27
<b>CISTEINA</b>	2,87	36,52	15,24	13,35	5,62	33,42	11,27	11,29	8,99	7,95	11,75	7,24	32,47	16,22	59,92	11,49	10,68
<b>GLICINA</b>	186,83	74,79	157,50	67,02	52,58	125,27	70,32	74,29	60,50	66,86	50,96	67,42	30,51	63,73	37,97	57,84	70,60
<b>AC. GLUTÁMICO</b>	149,33	131,12	145,99	126,64	145,50	153,96	136,83	127,12	124,59	105,13	123,20	132,62	141,03	110,09	157,22	138,97	155,59
<b>PROLINA</b>	109,75	81,97	89,21	66,21	42,01	67,63	50,89	52,58	50,53	89,87	85,83	46,56	148,85	144,11	112,92	53,11	38,68
<b>SERINA</b>	32,01	70,32	47,60	42,11	46,54	41,02	45,31	45,28	50,73	44,49	46,00	50,51	43,82	57,53	44,95	52,81	55,70
<b>TIROSINA</b>	21,03	32,44	23,38	40,94	51,80	23,89	39,16	45,10	32,81	41,67	28,68	27,98	41,62	23,60	49,85	39,49	31,16

Proteína Animal (Intestino de cerdo Ibérico (1), H. pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) y nuevas alternativas (*I. galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17))

**Tabla 7** Contenido de aminoácidos (g AA/ kg de proteína) en las fuentes vegetales y concentrados de proteína vegetal

*Id. Numero	Fuente de Proteína Vegetal											Concentrados de Proteínas Vegetales							
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Amino Acido No esencial (g AA. kg <sup>-1</sup> proteína)																			
ARGININA	53,21	82,78	62,70	71,66	74,37	85,14	71,81	50,07	77,61	79,52	128,97	95,18	111,68	82,76	74,27	30,21	72,57	30,49	80,73
HISTIDINA	26,37	30,76	19,58	29,46	30,72	33,28	30,43	33,38	26,02	25,99	27,60	30,51	25,89	23,68	28,18	24,38	31,66	17,25	22,89
ISOLEUCINA	37,85	42,88	29,23	35,83	35,57	37,93	44,72	34,77	41,30	37,96	30,99	49,36	42,68	51,58	46,04	37,08	51,55	34,42	41,89
LEUCINA	73,09	84,62	56,73	67,68	67,91	73,53	74,26	111,27	64,96	70,21	58,28	90,24	76,97	86,88	76,48	149,36	78,91	66,91	80,40
LISINA	36,54	79,59	33,20	47,77	47,70	54,95	58,55	31,99	34,27	78,26	52,61	70,45	64,62	74,68	58,57	13,73	40,31	13,44	23,83
METIONINA	10,87	13,00	7,61	17,52	15,36	20,90	12,84	18,08	10,67	14,01	10,99	11,06	31,78	11,53	10,69	21,63	14,40	10,97	29,31
TREONINA	32,83	38,92	32,44	36,62	36,38	40,25	48,48	37,55	35,70	36,00	38,36	35,36	38,86	34,05	41,93	30,90	37,10	22,48	32,99
FENILALANINA	51,66	45,70	42,04	44,59	44,46	50,31	51,21	47,29	51,75	47,04	30,92	61,24	62,49	61,65	53,38	65,92	80,70	51,28	62,28
VALINA	47,34	47,08	48,83	57,32	58,21	64,24	47,19	54,24	48,82	41,26	37,66	51,92	46,95	51,76	49,56	46,18	48,01	37,28	59,59
Amino Acido No esencial (g AA. kg <sup>-1</sup> proteína)																			
ALANINA	39,82	45,80	59,03	53,34	54,97	65,79	46,77	73,71	45,40	47,55	44,12	42,18	40,06	40,55	44,67	84,46	34,79	25,31	53,64
Ac. ASPÁRTICO	75,88	120,81	124,07	76,43	76,80	97,52	120,22	68,15	117,41	135,13	77,94	121,49	95,78	111,44	119,32	58,03	85,19	28,20	84,35
CISTEINA	17,71	9,99	14,20	35,03	21,02	25,54	13,34	33,38	23,56	11,53	13,50	25,54	26,14	21,77	17,58	17,68	32,32	14,18	22,49
GLICINA	47,25	47,69	73,21	54,14	56,59	57,28	48,13	40,33	66,27	48,15	52,21	28,29	42,07	39,52	45,73	28,67	46,46	31,01	43,05
AC. GLUTÁMICO	293,28	193,01	241,83	215,76	219,89	155,57	195,32	184,98	217,94	210,06	288,17	168,57	158,06	162,72	190,55	205,67	151,68	404,57	182,90
PROLINA	92,88	41,41	71,36	72,45	71,95	43,34	53,36	89,01	66,77	42,28	34,02	43,93	41,76	60,62	57,06	84,46	97,43	136,85	81,81
SERINA	48,63	56,56	54,52	50,96	52,55	53,41	54,18	50,07	48,13	55,06	47,83	53,46	47,71	47,51	53,45	48,24	46,66	46,41	47,31
TIROSINA	14,80	19,40	29,43	33,44	35,57	41,02	29,19	41,72	23,42	19,99	25,86	21,21	38,64	37,30	32,55	53,39	50,25	28,95	50,56

Proteína Vegetal (H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y Concentrado de Proteína Vegetal (Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34), Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37) )

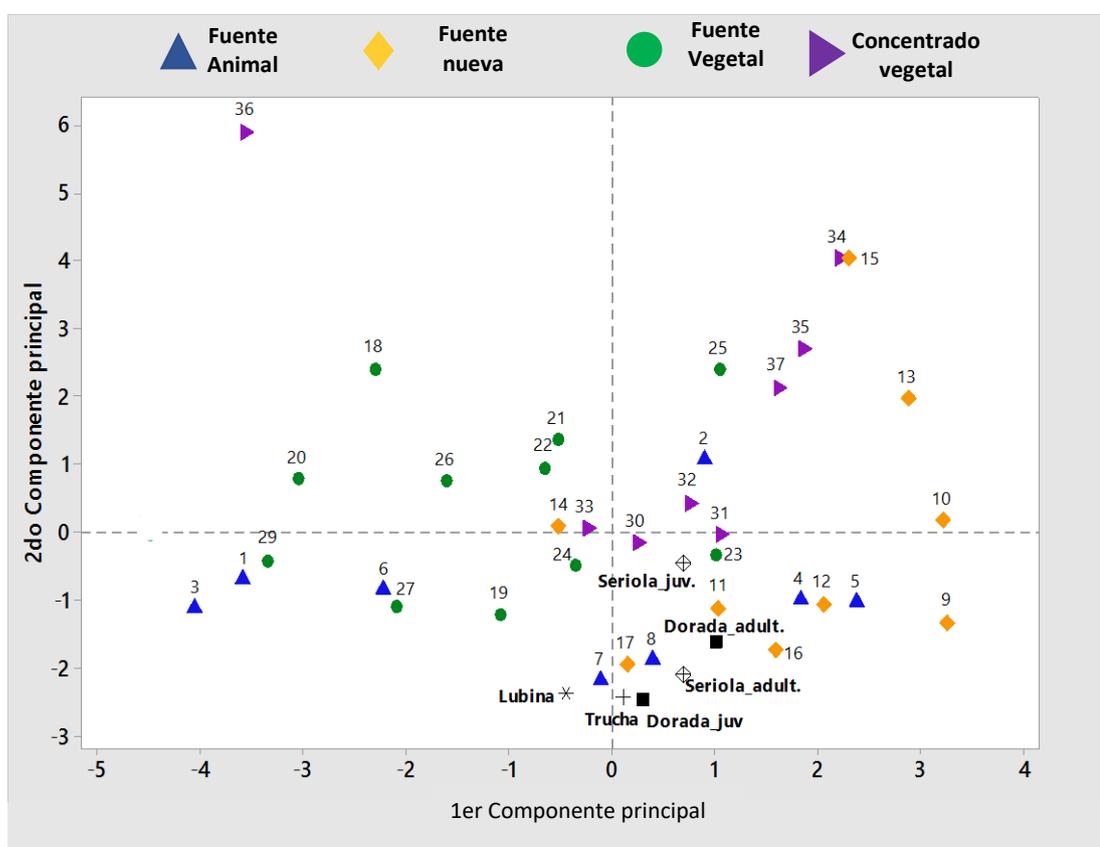
### 4.3 Relación entre la composición de aminoácidos y el grupo de muestras basado en el componente principal de aminoácido (PCA).

Los tres componentes principales (CP) seleccionados explicaron el 58,50% de la varianza total. El primer CP1 explicó el 23,90% de la varianza y se relacionó principalmente con el contenido de isoleucina, valina, metionina y fenilalanina con cargas factoriales positivas altas con respecto al resto de aminoácidos. En CP2 explicó el 21,3% de la varianza y se relacionó positivamente con el contenido de prolina y negativamente con el contenido de lisina. En CP3 explicó el 13,3% de la varianza y se relacionó positivamente con el contenido de alanina y glicina, y negativamente con el contenido de serina (Tabla 8). No fueron incluidos los otros componentes y sus porcentajes de varianza porque eran inferior 9,5%.

**Tabla 8:** Resultados obtenidos para el análisis de componentes principales teniendo en cuenta las variables bioquímicas analizadas.

Numero de componente principal	CP1	CP2	CP3
Eigen valor	4,06	3,62	2,26
Porcentaje total de Varianza	23,90	21,30	13,30
Arginina	-0,01	-0,30	-0,18
Histidina	0,09	-0,12	-0,31
Isoleucina	0,39	-0,07	-0,19
Leucina	0,33	0,15	0,03
Lisina	0,04	-0,42	-0,09
Metionina	0,32	-0,10	0,18
Treonina	0,32	-0,26	-0,03
Fenilalanina	0,33	0,28	-0,18
Valina	0,37	-0,03	0,08
Alanina	0,12	-0,20	0,47
Ac. Aspártico	-0,09	-0,32	-0,26
Cisteína	0,09	0,31	-0,07
Glicina	-0,21	-0,23	0,45
Ac. Glutámico	-0,30	0,29	-0,20
Prolina	-0,01	0,36	0,32
Serina	-0,08	0,05	-0,33
Tirosina	0,34	0,16	0,03

En la Figura 2, las muestras presentan una separación entre los diferentes grupos según los dos primeros componentes principales. Para el caso de las muestras de las especies tales como: dorada (Juvenil y adulto), seriola y trucha presentaron ligeramente separación dentro de la puntuación positiva en el primer CP, no obstante, la lubina fue la única muestra que presentó puntuación negativa. Pero todas las especies presentaron valores negativos en el segundo CP sin excepción alguna, sin embargo, a nivel de valores se observaron ligeras diferencias, sobre todo el seriola adultas y juveniles.



**Figura 2: Separación de los diferentes grupos de muestras sobre la base de los dos primeros componentes principales según su composición bioquímica.** Proteína Animal (Intestino de cerdo Ibérico (1), H. pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) otras fuentes alternativas (*I. galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)), Proteína Vegetal (H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y Concentrado de Proteína Vegetal (Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34), Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)).

Para las muestras de materias primas, las fuentes de proteína animal (h. de pollo, h. de cangrejo entero, sin caparazón, h. de krill y h. de pescado), algunas de las nuevas alternativas (*I. galbana*, *N. gaditana*, *S. mangrovei*,

lemma, h. Pulga de agua y h. de Lombriz), en concentrados los guisantes de 55%, 75% y proteína de soja presentaron valores cercanos a las especies de trucha, lubina, dorada (adulto y juvenil) y seriola (adulto). Mientras tanto las fuentes vegetales con excepción del afrechillo de arroz registraron valores lejanos a las especies evaluadas. Además, presentan separación entre ellas en función para el primer CP dentro de las puntuaciones negativas y a su vez en la parte negativa y positiva del segundo CP. Cabe señalar que las materias primas: gluten de trigo, gluten de maíz y arroz fermentado fueron altamente positivo para el segundo CP con respecto a los valores de las especies. (Fig. 2).

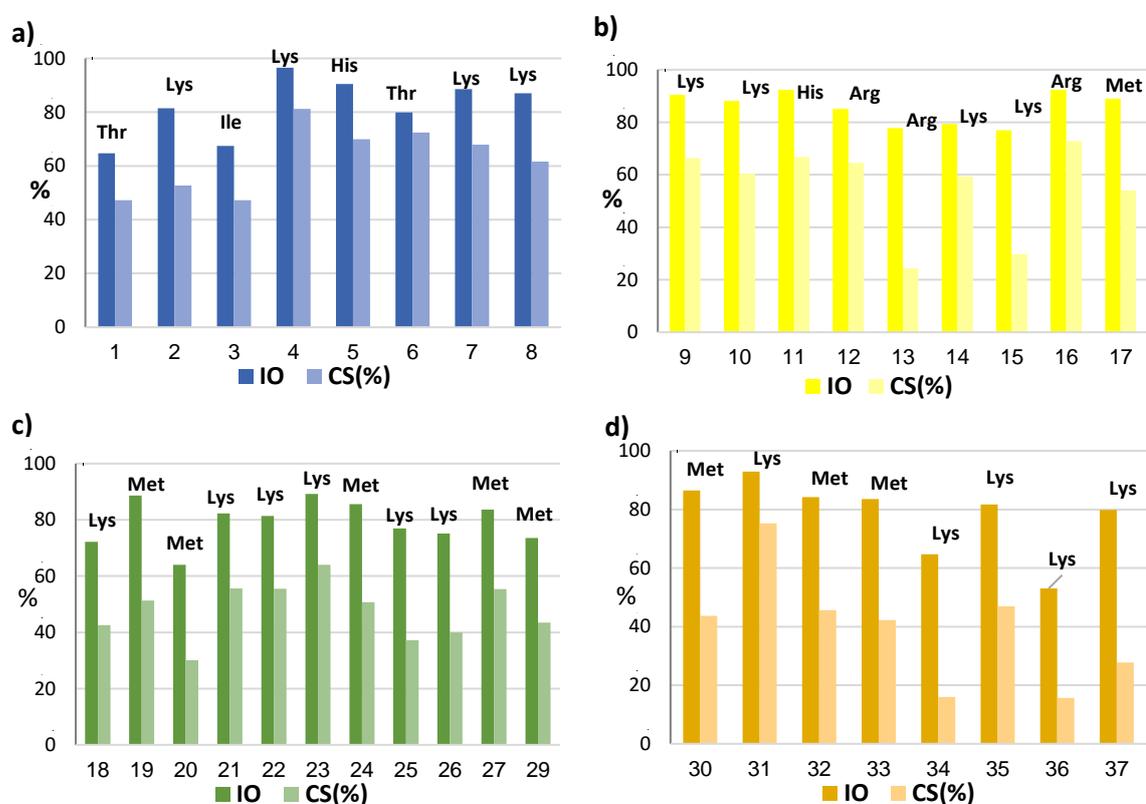
En material suplementario (Figuras S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12) se puede consultar los ratios aminoacídicas individuales para cada una de las especies y pesos analizados, con los que se han obtenido los aminoácidos limitantes para cada especie, así como los índices de Oser que se van a comentar en los siguientes apartados:

#### **4.4 Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares de juveniles y adultas de dorada.**

##### Evaluación de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares de juveniles de dorada.

En la Figura 3 se muestra el aminoácido más limitante para la síntesis proteica de las doradas juveniles, para cada materia prima analizada, así como el índice de calidad proteica o índice de Oser. El aminoácido limitante en la mayoría de muestras fue la lisina (animales, vegetales, alternativas y concentrados), mientras que la metionina fue limitante en algunas muestras de las fuentes alternativas, vegetales y concentrados de proteína vegetal. La harina de krill y *Lemma sp.* presentaron como aminoácido limitante la histidina, y en el caso de la harina de pescado fue la isoleucina (Fig. 3). El cómputo químico con los valores más bajos se observó en los concentrados de proteína vegetales (16-75%) y fuentes vegetales (30-55%), seguido de las fuentes alternativas que presentaron niveles intermedios (24-73%) y los

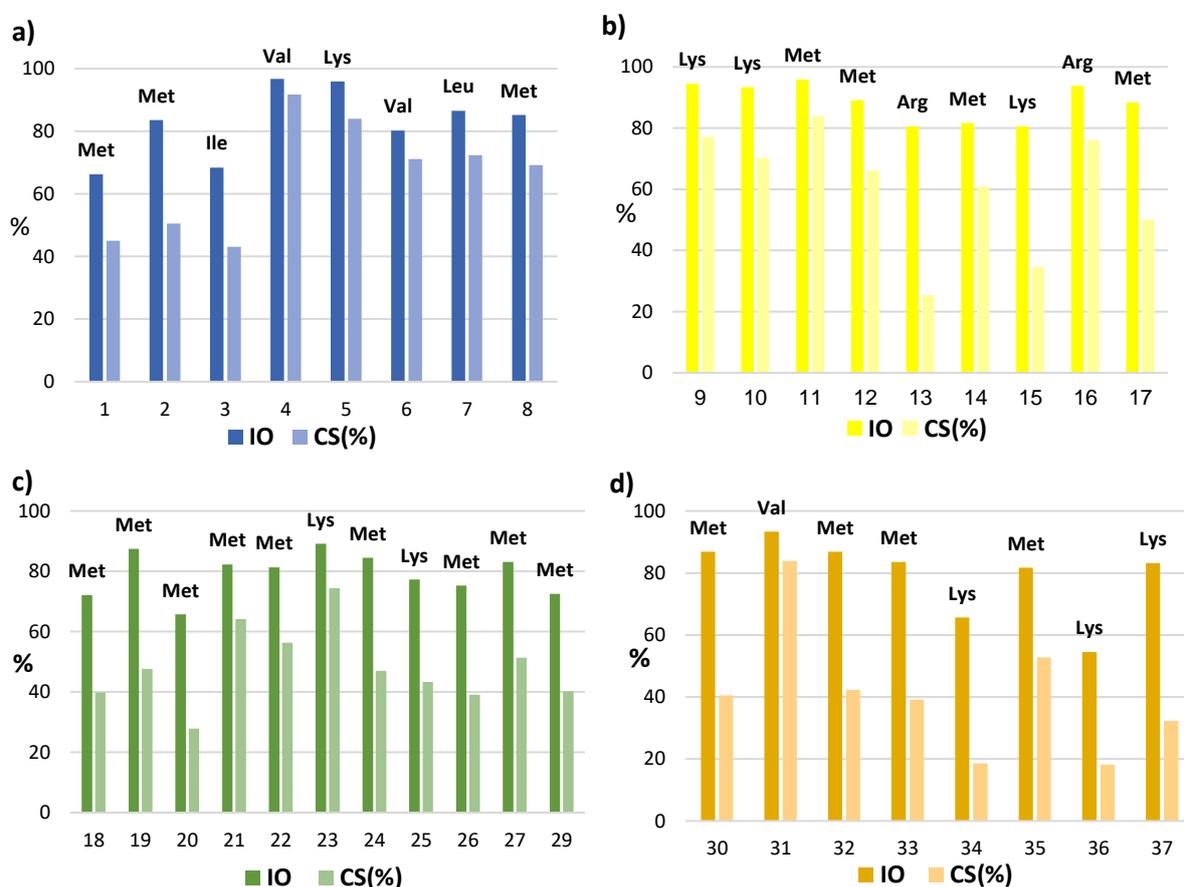
niveles más altos en fuentes animales (47-87%; Fig. 3). Según el índice de Oser, la proteína mejor equilibrada dentro de las fuentes animales sería la harina de pescado (97%), seguida de la harina de krill (90%), cangrejo entero (89%) y cangrejo sin caparazón (87%). En el grupo de las nuevas fuentes alternativas sería la mayoría (88-92%; Fig. 5b) con excepción de la *Lemma sp*, leche de vinagre, pulpa cítrica y arroz fermentado, en las fuentes vegetales la harina de habas (89%), la soja (86%) y el afrechillo de arroz (89%), y finalmente en los concentrados proteicos, las harinas de guisante de 75 y 55% (87 y 93% respectivamente; Fig. 3).



**Figura 3** Índice de Oser (OI), Cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal (a — Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H. de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)), **nuevas proteína alternativa** (b— *Isochrysis galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrica (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)), **fuentes proteína Vegetal** (c — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de Proteína Vegetal** (d— B— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de dorada de 70g aprox.

Evaluación de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares de adultos de dorada.

En la Figura 4, se muestran el aminoácido más limitante para la síntesis proteica en las doradas adultas, y en cada materia prima analizada, y el índice de Oser. El aminoácido limitante en la mayoría de fuentes de proteínas resultó ser la metionina, mientras que, la isoleucina solo fue aminoácido limitante para harina de carne y la leucina para el cangrejo entero (Fig. 4a) dentro de las fuentes animales. La lisina se presenta como el segundo aminoácido más limitante en algunas fuentes de proteína, mientras que, la valina fue para la harina de krill, calamar y guisante 55% (Fig. 4a y d).



**Figura 4** índice de Oser (OI), Cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal (a —H. de Int. De cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)), **Nuevas proteína alternativa** (b— *Isochrysis galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)), **fuentes de proteína vegetal** (c — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de proteína vegetal** (d— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de Dorada de 350g.

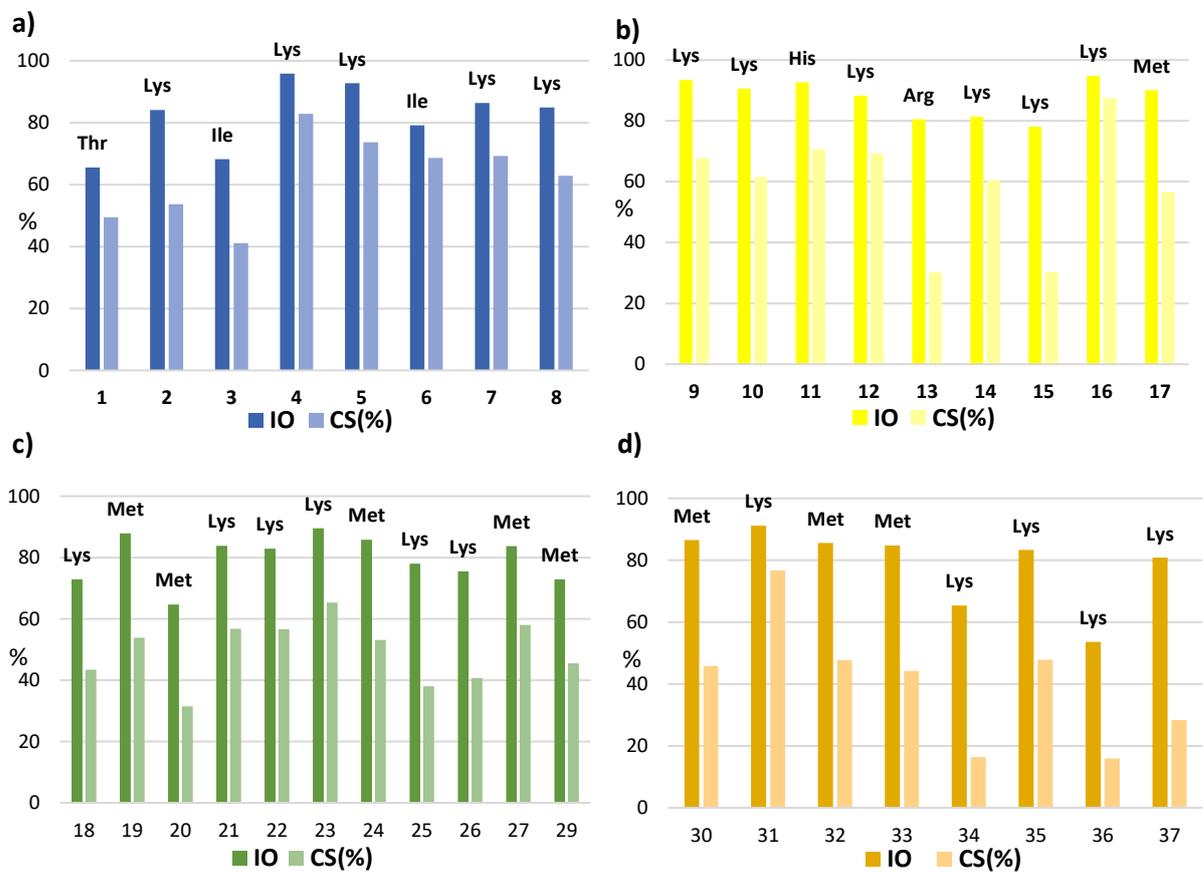
El cómputo químico señaló los valores más bajos, y por lo tanto con una mayor limitación de síntesis proteica en concentrados de proteína vegetales (19-84%) y fuentes vegetales (28-74%), niveles intermedios en fuentes alternativas (26-84%) y los niveles más altos en fuentes de origen animal (43-92%; Fig. 4). Según el índice de Oser, los resultados obtenidos en doradas adultas fueron muy similares a los obtenidos en las doradas juveniles, donde las proteínas mejor equilibradas dentro de las fuentes animales fueron la harina de pescado, krill, cangrejo entero y cangrejo sin caparazón (85-97%; Fig. 4a), para el caso de las fuentes alternativas fueron la mayoría de ellas (88-96%; Fig. 4b) con excepción la leche de vinagre, pulpa cítrica y arroz fermentado, en las fuentes vegetales fueron la harina de soja (85%) y afrechillo de arroz (89%) (Fig. 4c), y finalmente en los concentrados proteicos las proteína de guisante, harinas de guisante de 75 y 55% (86 y 93% respectivamente. Fig. 4d).

#### **4.5 Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares de juvenil y adulto de *Seriola*.**

##### Evaluación de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares juveniles de *Seriola*

En la Figura 5 se muestra el aminoácido más limitante para la síntesis proteica de los juveniles de *Seriola*, en cada materia prima analizada como índice de Oser. En global se puede observar que el aminoácido más limitante en la mayoría de muestras de las fuentes de proteínas es la lisina, y en algunas muestras de las fuentes alternativas, proteína vegetal y concentrados vegetales la metionina. En cuanto, la harina de carne y calamar su limitante fue isoleucina, arginina para leche de vinagre e histidina para *S. mangrovei*. El cómputo químico fue más reducido en los concentrados de proteína vegetales (31-58%) y las fuentes vegetales (16-77%), niveles intermedios en fuentes alternativas (30-87%) y los niveles más altos en fuente animal (41-83%; Fig. 5). Según el índice de Oser, las proteínas

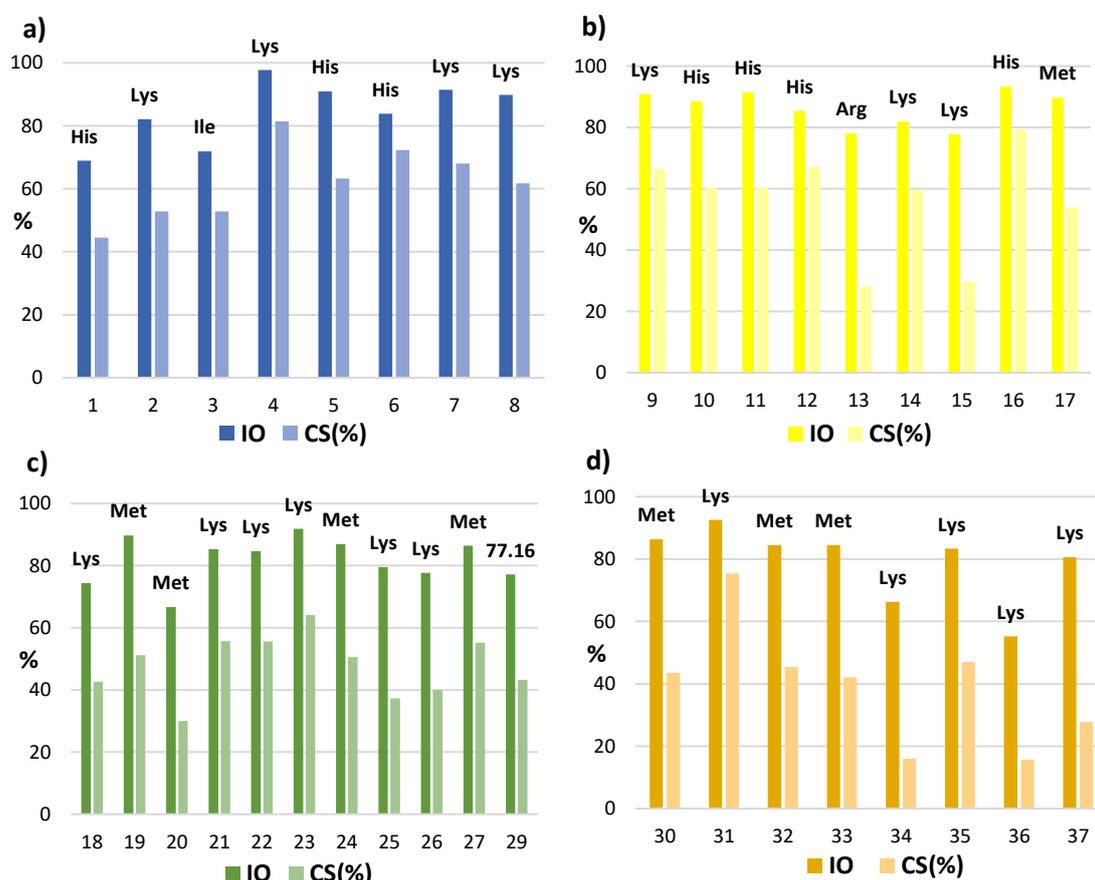
que alcanzan un mayor índice dentro del grupo de los animales fue la harina de pescado, krill, cangrejo entero (96, 93 y 86% respectivamente; Fig. 5a), para el caso de las nuevas alternativas la mayoría de materias primas registraron un porcentaje entre un 88 al 95%, con excepción la leche de vinagre, pulpa cítrica y arroz fermentado. En las fuentes vegetales los mayores índices registrados se dieron con la harina de soja, habas y afrechillo de arroz (86, 88 y 90% respectivamente; Fig. 5c), y las proteínas de guisante, harinas de guisante de 75 y 55% (86, 87 y 91% respectivamente. Fig. 5d) en los concentrados.



**Figura 5** Índice de Oser (OI), computo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal (a —H. de Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)), **Nuevas proteínas alternativas** (b— *I. galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrica (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)), **fuentes de proteína Vegetal** (c — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de Proteína Vegetal** (D— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de seriola de 365g.

## Evaluación de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares adultos de Seriola

En la Figura 6, se muestra el aminoácido más limitante para la síntesis proteica de las seriola adultas, en cada materia prima analizada el índice de Oser. El aminoácido limitante observado en la mayoría de muestras de las fuentes vegetales y concentrado vegetales fue la lisina, mientras que la metionina fue el segundo aminoácido limitante especialmente en fuentes vegetales (harina de habas, camelina, soja, guisante y germen de garrofin), concentrados vegetales (Guisante 75%, Proteína de Guisante y Turto de soja) y nuevas alternativas (harina de lombriz).



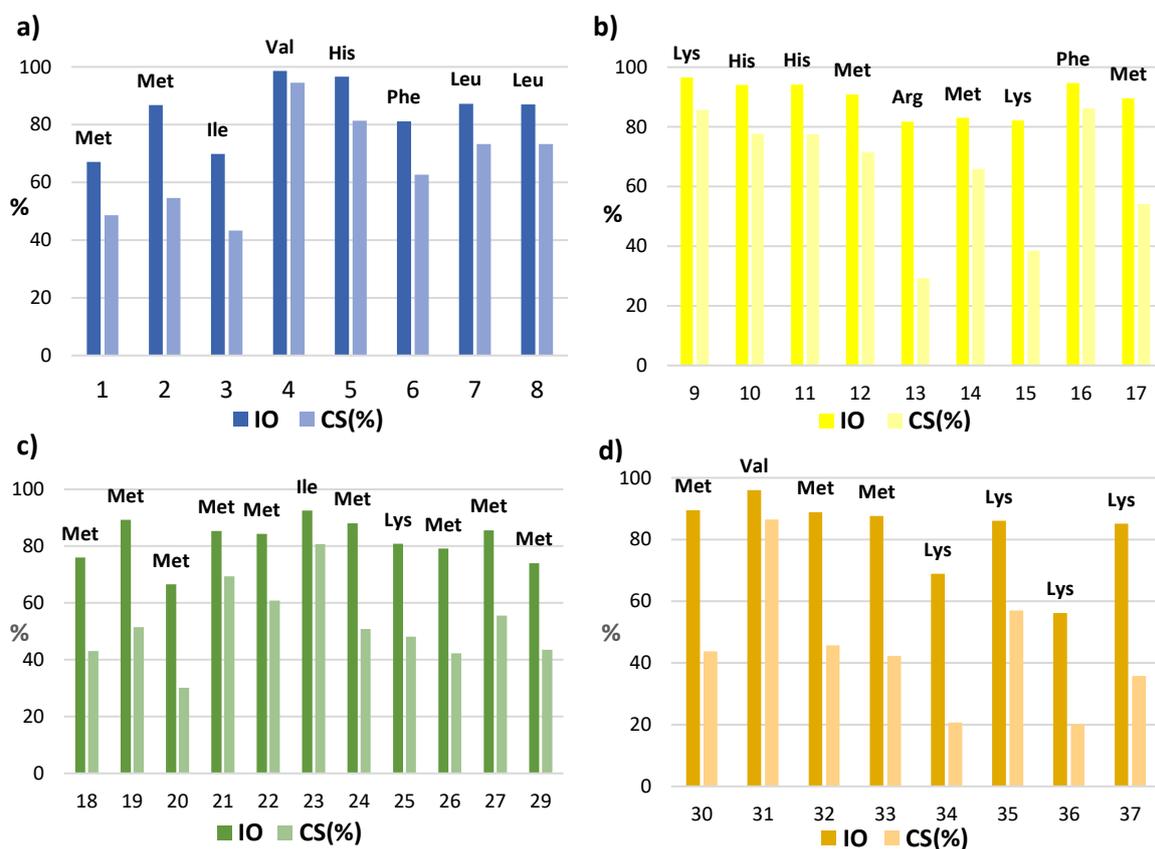
**Figura 6** Índice de Oser (OI), cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal (a — H. de Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)), **nuevas proteína alternativa** (b— *I. galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua(16) y H. de Lombriz (17)), **fuentes de proteína vegetal** (c — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) **y concentrado de proteína vegetal** (d— B— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) **en ejemplares de seriola de 840g.**

Las fuentes de proteína animal y nuevas alternativas obtuvieron mayoritariamente como aminoácido limitante a la lisina e histidina en las muestras. El cómputo químico más bajo se obtuvo con las muestras de concentrados de proteína vegetales (16-75%; Fig. 6d), niveles intermedios en las fuentes vegetales (30-64%; 6c) y fuentes alternativas (28-79%; Fig. 6b), mientras que los niveles más altos se alcanzaron en las fuentes animales (28-81%; Fig. 6a). Según el índice de Oser, La harina de pescado, krill, cangrejo entero, cangrejo sin caparazón fueron las proteínas animales que presentaron valores más elevado de IO (90-98%; Fig. 6a), al igual que se ha visto en las seriola juveniles. La mayoría de las nuevas fuentes alternativas presentan altos índices de Oser (85-93%; Fig. 6b) con excepción la leche de vinagre, pulpa cítrica y arroz fermentado. La harina de soja, habas y afrechillo de arroz (87, 90 y 92 %, respectivamente; Fig. 6c) fueron las materias primas que presentaron valores altos dentro de las fuentes vegetales y en los concentrados proteicos fueron la proteína de guisante, turtó de soja, harina de guisante de 75 y 55% (85, 85, 86, y 93%, respectivamente. Fig. 6d).

#### **4.6 Evaluación de la relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares adultas de lubina.**

En la Figura 7, se muestra el aminoácido más limitante para la síntesis proteica de las lubinas adultas, en cada materia prima analizada como índice de Oser. El aminoácido limitante para los ejemplares adultos de lubina en la mayoría de muestras de las fuentes de proteínas fue la metionina, seguida por la lisina en algunas fuentes alternativas, vegetales y concentrados de proteínas vegetales. Los valores de cómputo químico más alto se presentaron en las fuentes animales (43-95%; Fig. 7a), seguidos por los valores de fuentes alternativas (28-79%; Fig. 7b), fuentes vegetales (30-64%; Fig. 7c) y concentrados de proteína vegetales (16-75%; Fig. 7d). Al igual que en la mayoría de especies analizadas el gluten de trigo seguido del gluten de maíz fueron las materias primas que menor índice de Oser presentaron, a pesar de que ambas son materias primas con un elevado porcentaje de proteína

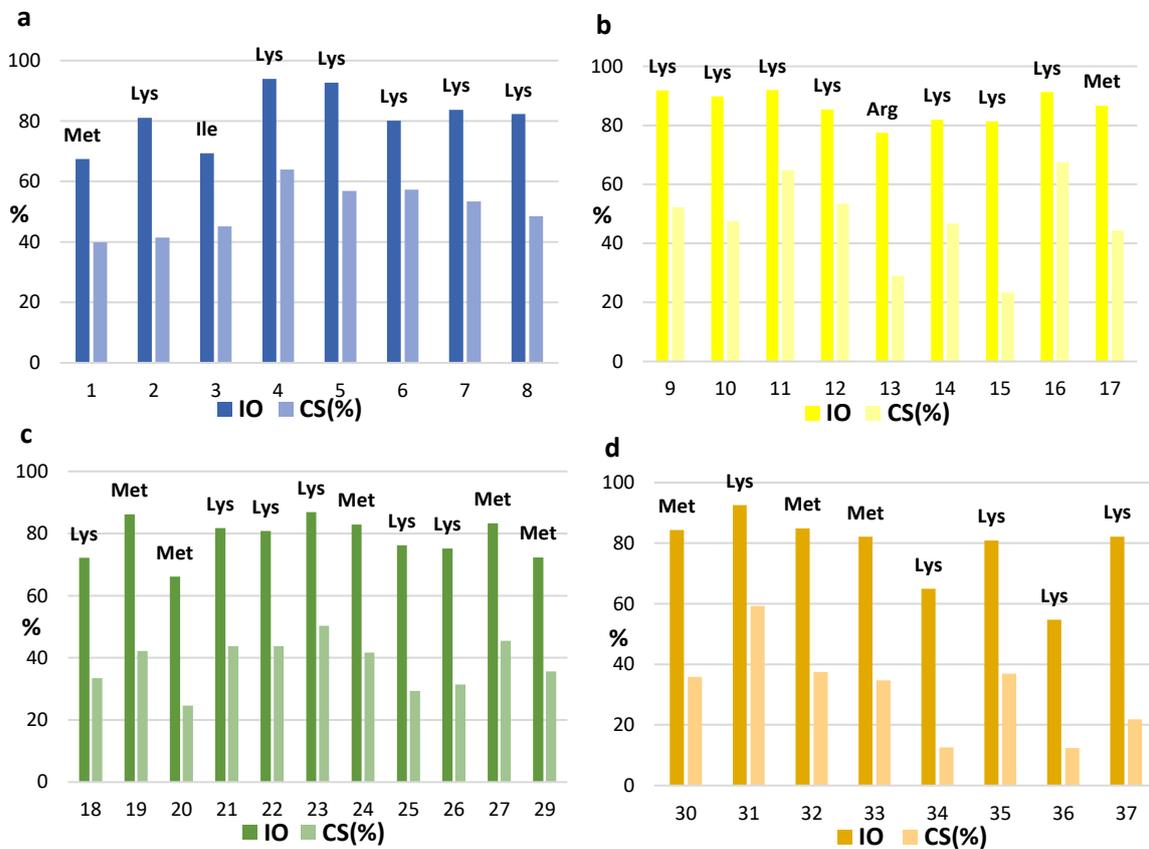
(Figura 7). En el caso de la lubina adultas, hay que destacar que la harina de carne y de cerdo ibérico presentaron bajos índices de Oser comparados con el resto de materias primas, excepto las comentadas anteriormente. Mientras que la harina de pescado y krill (99 y 97% respectivamente.; Fig. 7a) obtuvieron IO más alto, para el caso de las nuevas alternativas fueron *I. galbana*, *N. gaditana*, *S. mangrovei*, *Lemma sp.*, harina pulga de agua y H. de lombriz (90-97%; Fig. 7b). Las fuentes vegetales que obtuvieron altos valores de IO fueron la harina de soja y habas (89 y 89%, respectivamente.; Fig. 17c), en cuanto a los concentrados vegetales fueron la proteína de guisante, turto de soja, harina de guisante de 75 y 55% (89, 88, 90, y 96% respectivamente, Fig. 7d).



**Figura 7** Índice de Oser (OI), cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal (a — Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H. de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)), **nuevas proteínas alternativas** (b— *I. galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)), **fuentes de proteína vegetal** (c — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de proteína vegetal** (d— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de Lubina de 350g.

#### 4.7 Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares de las dietas de Trucha.

En la Figura 8, se muestra el aminoácido más limitante para la síntesis proteica de las truchas adultas, en cada materia prima analizada como índice de Oser. Los aminoácidos limitantes presentes en la trucha fueron muy similares a los reportados en las especies marinas evaluadas, en el cual el principal aminoácido limitante continuó siendo la lisina, seguida por la metionina en varias fuentes de proteína animal, nuevas alternativas, vegetal y concentrado de proteína vegetal.



**Fig. 8** Índice de Oser (OI), cómputo químico (CS) y aminoácido limitante de las fuentes de proteína animal (a — carne (1), carne de cerdo ibérico (2), H. de pollo (3), H. de pescado (4), Pescado (5), Krill (6), H. de calamar (7), Calamar (8), Cangrejo entero (9) y cangrejo sin caparazón(10)), **Nuevas proteínas alternativas** (b— *I. galbana* (11), *N. gaditana* (12), *S. mangrovei* (13), *Lemma sp.* (14), Vinagre (15), Pulpa cítrica (16), Arroz fermentado (17), Pulga de agua (18) y Lombriz (19)), **fuente de proteína vegetal** (c — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de proteína vegetal** (d— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de Trucha de 70g .

Los valores más altos de cómputo químico se observaron en las muestras de materias primas animales (40-64%; Fig. 8a), seguidos de las nuevas alternativas (20-68%; Fig. 8b) y fuentes vegetales (25-50%; Fig. 8c), mientras que los valores bajos se encontraron en concentrados de proteína vegetales (12-59%; Fig. 8d). Según el índice de Oser, la proteína más equilibrada dentro fuentes animales fueron la harina de pescado y harina de krill (94 y 93%, respectivamente). En el caso de las fuentes alternativas fueron la *I. galbana*, *N. gaditana*, *S. mangrovei*, *Lemma sp.*, harina pulga de agua y harina de lombriz (92-85%), mientras tanto en las fuentes vegetales fue el afrechillo de arroz (87%) y proteína de guisante, harina de guisante de 55% (85 y 93%, respectivamente) dentro de los concentrados de proteínas vegetales. Al igual que en las especies marinas, el gluten de trigo, el concentrado proteico de soja, la harina de carne y la harina de cerdo ibérico presentaron los índices de Oser más bajos.

## V. DISCUSIÓN

En el presente estudio, los AAE predominantes en la dorada, seriola, lubina y trucha fueron la arginina, leucina y lisina, como ya se ha visto en trabajos anteriores (Kaushik, 1998; Limin *et al.*, 2006 y Valverde *et al.*, 2013).

Respecto a las materias primas analizadas, los AA predominantes en la mayoría de fuentes vegetales fue la arginina, mientras que la leucina fue en los concentrados vegetales, sin embargo, ambas fuentes obtuvieron bajos valores en metionina y lisina. En cuanto a las fuentes animales los valores registrados en lisina, arginina y leucina fueron altos, y bajos en metionina. Los valores de histidina dentro del grupo de las nuevas alternativas fueron bajos, pero es necesario señalar que este grupo está comprendido de insumos de origen animal y vegetal que han sido mencionados como nuevas alternativas en dietas para peces.

Las fuentes de proteína de animal tienen un alto potencial para ser incluidas en las dietas de los peces carnívoros (Klinger & Naylor, 2012; Oliva-Teles *et al.*, 2015; Williams *et al.*, 2003). Los resultados confirman que los perfiles de AA de los

peces con las fuentes animales según el PCA, presentaron similitud en el contenido de lisina en PC2 y mejor CS. Esto podría estar relacionado con estudios donde se presenta a las proteínas de animales procesadas como fuentes ampliamente utilizadas en la formulación de las dietas, por sus óptimas características (Bureau *et al.*, 1999; Williams *et al.* 2003; Wisman *et al.*, 2006; Bhaskar *et al.*, 2015). Igualmente, se observó que el PCA del cuerpo de los peces y la mayoría de insumos de las nuevas alternativas estaban muy relacionadas.

Por el contrario, las fuentes vegetales presentaron bajos valores en lisina y/o metionina tanto en harinas y concentrados, por lo cual existiría una necesidad de los peces no cubierta por estas fuentes. Además de presentar otros factores que limitan su sustitución en las dietas (Ayadi *et al.*, 2012, Hardy, 2006; Murray *et al.*, 2010; Oliva-Teles, 2000; Thiessen *et al.*, 2003), esto se observa en las muestras de peces según PCA, las fuentes y concentrados vegetales se caracterizaron por un bajo contenido de lisina (PC2), bajo CS y la deficiencia de varios aminoácidos, especialmente la lisina y metionina (AAR>100).

En los resultados obtenidos en juveniles y adultas de dorada, las fuentes de proteínas animal son las fuentes principales para ser incluidas en las dietas de doradas, por presentar un mejor CS, a pesar de registrar una deficiencia en lisina. Dentro de las proteínas animales, la harina de pescado es el insumo más adecuado para las dietas de juveniles y adultas de doradas por tener el perfil más equilibrado con respecto a los aminoácidos esenciales, con un mejor IO (96.7 y 96.5%) y CS (81 y 92%).

Una de las fuentes que resultó similar a la harina de pescado en CS y IO en doradas, lubinas, truchas y seriola fue la harina de krill. En un estudio la eficiencia alimentaria (eficiencia proteica, perfil de AA y la retención AAE) no se vio comprometido por una sustitución hasta el 100% por harina de krill desgrasado, no obstante, el efecto negativo se observó en el rendimiento del crecimiento. Esto podría estar relacionado con el alto contenido de quitina del krill, que comprometería el óptimo crecimiento (Moutinho *et al.*, 2018), que pudiera provocar cambios en las respuestas metabólicas o fisiológicas al igual que se ha visto en lubina (Moutinho *et al.*, 2019). Los estudios de Tomás-Vidal *et al.* (2018), menciona que la harina de krill es el ingrediente con el perfil de AA digestibles más equilibrado y con mejor CS para la alimentación de *seriola dumerili*. Mientras

que Monge *et al.* (2020) determinó que la harina de krill desgrasada es el ingrediente con los aminoácidos digestibles más equilibrados y tienen un mayor contenido de proteínas y CS que el krill. En un estudio sobre la sustitución de harina pescado por harina de krill en dietas de truchas se estableció un 15% como máximo porcentaje de sustitución, debido a que el aumento afectó el crecimiento por acumulación de flúor, que se encuentra en su exoesqueleto, en huesos vertebrales (Yoshimoto *et al.*, 2006) por lo que se recomienda niveles de inclusión más reducidos. En el caso de los salmónidos, el empleo de krill va muy asociado a la pigmentación de la musculatura por los carotenoides.

La harina de pollo o subproductos de pollo (carne, sangre y pluma) han sido probadas en varios estudios en las dietas de dorada (Nengas *et al.*, 1999; Sabbagh *et al.*, 2019, Noguiera *et al.*, 2012; Martínez-Llorens *et al.*, 2008). Nengas *et al.*, (1999) reportó a la metionina como aminoácido limitante en las dietas para alevinos de dorada cuando sustituyó a la harina de pescado por harina de pollo en un 40%, aunque presentó un nivel alto en lisina y una digestibilidad proteica del 82%. Comparado con lo obtenido en la investigación, la harina de pollo presentó como AA limitante a la metionina, sin embargo, en el AAR se observó un desequilibrio en lisina tanto en adultos como en juveniles de dorada. La diferencia entre ambos trabajos podría estar relacionado con el tipo de procesamiento al que está sometido los insumos, ya que las reacciones de naturaleza química de las proteínas conducen a la pérdida de valor nutricional (reducción y disponibilidad de AA), siendo la lisina el AA más sensible al daño nutricional.

Se ha observado que el contenido de proteína en la harina de carne de pollo es superior a la harina de pollo, plumas y sangre, que a menudo presentan deficiencias o excesos de AAE que afectan a los peces y limitan su inclusión en las dietas de doradas (Noguiera *et al.*, 2012; Martínez-Llorens *et al.*, 2008). En los subproductos de pollo analizados en la dieta de trucha, el incremento del CDA esta es asociado al tipo de procesamiento a la cual está sometido, en algunos estudios el CDA proteína de harinas de subproductos avícolas vario entre un 78 y 91% (Bureau *et al.*, 1999), por el contrario, los resultados obtenidos en trucha el CS (41,5%) registrado en h. de pollo fue muy bajo y altamente deficientes en lisina y metionina, esta deficiencia podría deberse a un desequilibrio propio del insumo o al tipo de tratamiento de la materia prima puede afectar las concentraciones de

lisina, por tal razón la adición de AAE podría aumentar la sustitución (Steffens, 1994).

En cuanto a la harina de calamar presentó un desequilibrio en todos AAE para juveniles de dorada, mientras que en adultas se presentaron niveles en histidina y metionina, no obstante, ambas fases obtuvieron bajos valores de CS y OI. En estudios previos la harina de calamar se presentó como una buena fuente de proteína en la dieta de reproductores de dorada (Fernández-Palacios *et al.*, 1996), así como también en larvas de dorada con suplementación de enzimas digestivas (Kolkovski & Tandler, 2000).

En las nuevas alternativas se encuentran las microalgas (*I. galbana* 10%, *N. gaditana* y *S. mangrovei*) con mejores CS e IO, así como la pulga de agua, pero no registraron los valores altos en proteínas (42, 42 y 31%, respectivamente). En cuanto a las microalgas, la *Nannochloropsis sp.* desgrasada fue un insumo utilizado en un estudio para la sustitución parcial (15%) de harina de pescado en dietas de lubina, donde la digestibilidad aparente de proteína (23,3-22,9%) de la dieta no se vio alterada por la inclusión en comparación con una dieta a base de harina de pescado, pero se adicionó metionina (Valente *et al.*, 2019). Sin embargo, en los resultados no se registró una deficiencia alta en metionina; pero los bajos niveles de proteínas de las microalgas hacen que su destino se emplee como aditivo, como en el caso de *Tisochrysis lutea* y *Tetraselmis suecica* que se emplearon como inmuno-estimulante (Messina *et al.*, 2018). Algunos estudios indicaron que los niveles de inclusión de biomasa de microalgas en las dietas de dorada fueron muy bajos (5 - 20%) (Camacho-Rodríguez *et al.*, 2017 y Vizcaíno *et al.*, 2014). Mientras que otros investigadores reportaron que el crecimiento estaría afectado por una alteración de la palatabilidad de los piensos con una mayor inclusión de la microalga en la dieta (Vizcaíno *et al.*, 2015 y Coutinho *et al.*, 2006).

En las fuentes vegetales, la lisina y metionina fueron los AA limitantes y presentaron bajos porcentajes de CS. No obstante, dentro del grupo de fuentes vegetales el salvado de trigo, afrechillo de trigo, afrechillo de arroz y harina de guisante registraron los mejores CS (>56%). Por el contrario, la harina de habas y harina de soja registraron bajos valores de CS. La harina de soja presentó el valor más alto en proteína (con CS:53 y 51% para juveniles y adultos respectivamente). De todas las fuentes señaladas, la harina de soja es la fuente alternativa que ha

sido más estudiada en la sustitución de la harina de pescado, aunque los resultados obtenidos en algunos estudios indicaron que el aumento de la soja en la dieta afectó el crecimiento; la reducción del crecimiento, está asociado a factores anti nutricionales o deficiencia de AAs (Robaina *et al.*, 1995), que se mejoró utilizando la harina de soja desgrasada con AA sintéticos en la dieta de dorada (Martínez-Llorens *et al.*, 2007; Martínez-Llorens *et al.*, 2009). En la tesis realizado por Monge-Ortiz (2020) mencionó, una menor digestibilidad de la proteína de soja para ejemplares de seriola. Por otro lado, Tomas *et al.*, (2005) aconseja entre un 20 a un 30% de sustitución de harina de pescado por harina de soja desgrasada en seriola. En el caso de la lubina la harina de soja registró la proteína más alta (43,4%) pero el CS (51%) más bajo y la metionina como aminoácido limitante. La sustitución parcial de harina de pescado por harina de soja (25%) puede no afectar el rendimiento ni cambios en el coeficiente de digestibilidad de proteína (91,35%) (D'Agaro & Lanari, 2005). En un estudio realizado en trucha señalaron que, si bien se puede adaptar a una alimentación con dietas que contienen soja, la digestibilidad se ve afectada por un aumento de la concentración de soja (Refstie *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2019), por lo tanto, es una materia prima que se puede incluir en la dieta de peces a niveles limitados.

Por otro lado, los concentrados vegetales presentaron deficiencia en lisina y treonina con valores de CS superiores a los de las fuentes vegetales. Los insumos con mejores CS y IO fueron los derivados de guisante, además registraron altos valores de proteína, con excepción del guisante 55% (55,1%). Por el contrario, el gluten de maíz y trigo fueron las materias primas con los valores más bajos de CS y IO, a pesar del alto nivel de proteína del gluten de trigo. Para Monge-Ortiz (2020) el gluten de trigo presentó una buena digestibilidad en seriola, aunque presentó bajos niveles de CS e IO. Para Sánchez-Lozano *et al.* (2011) el concentrado de proteína de guisante (PPC) puede ser incluido hasta en un 32% en la dieta sin afectar al crecimiento de los ejemplares de dorada y eficiencia nutritiva, pero la eficiencia de retención de los AAE disminuyó a medida que aumentó la PPC de la dieta. Mientras que si al PPC se le adiciona concentrado de proteína de arroz y AA sintéticos el porcentaje de sustitución aumenta hasta el 60% y registra los valores más altos en todas las eficiencias de retención de los EAA (Sánchez-Lozano *et al.*, 2009). También, una de las desventajas del gluten

de trigo es su alto precio, por lo que, económicamente no es una alternativa económicamente viable e piensos de peces.

En el estudio realizado la proteína de la harina de guisante presentó uno de los más bajos valores en la digestibilidad de AAE (CS: 45,6%), sin embargo, en una evaluación de inclusión subproductos de guisante en dietas de trucha por la harina de soja alcanzaron una CDA de proteína de un 90,9 a un 94,6%, siendo el mayor valor para la proteína de guisante. Cuando se incluyó al 20% la proteína de guisante alcanzó el mayor aumento del peso y mejor conversión alimenticia, que un pienso a base del 100% de harina de pescado (Thiessen *et al.*, 2003).

En los últimos años, se ha estudiado la sustitución de harina de pescado por una mezcla de fuentes vegetales, animales y AA sintéticos en dietas de doradas. Por ejemplo: la mezcla de gluten de trigo, harina de soja, colza, krill y aminoácidos sintéticos (metionina y lisina) alcanzaron mejor crecimiento que los peces alimentados con una dieta a base de harina de pescado en pienso para dorada (Monge-Ortiz *et al.*, 2016), dietas suplementadas con AAE, lo cual encarece considerable el precio de los piensos.

La mezcla de maíz gluten, krill y harina de carne recomienda en un 66% de sustitución en dietas de seriola, pero observaron efectos negativos en el crecimiento con niveles más altos (Monge-Ortiz *et al.*, 2018; Monge-Ortiz *et al.*, 2020). En un estudio realizado en dietas para lubinas el suministro de proteína de la harina de pescado se redujo gradualmente del 100% a aproximadamente el 2% y se reemplazó por una mezcla de harina de gluten de maíz, gluten de trigo y AA sintético (lisina) sin afectar el crecimiento y CDA proteína en la dieta (Kaushik *et al.*, 2004) Por otro lado, el crecimiento de lubina con dietas a base de proteínas vegetales (concentrados de proteína de soja y harina de gluten de maíz) suministrada de forma independiente fueron más bajas que las alimentadas en base harina de pescado, además no se vio afectada el CDA (94,5 y 86,9%). Todos estos estudios ponen de manifestó la importancia de sustituir la harina de pescado, no por una materia prima sino por una mezcla de éstas con el fin de aprovechar la complementariedad aminoacídica a la hora de seleccionar las mejores materias primas y sus combinaciones.

## VI. CONCLUSION

- La lisina, metionina, y en menor medida la arginina e histidina, se presentan como los aminoácidos más limitantes para las síntesis proteicas en piensos para peces carnívoros, por lo cual se debe de tener en cuenta al momento de formular los piensos para estas especies.
- Las fuentes proteicas animales, se presentan como una excelente alternativa para su inclusión en piensos para peces, a pesar de que muchas de ellas son deficientes en lisina.
- Las materias primas de origen vegetal al no ofrecen un adecuado equilibrio aminoacídico de forma independiente por ser altamente deficientes en metionina y lisina, por lo que se necesitan complementarse con otras materias primas de origen vegetal, animal o aminoácidos sintéticos para cubrir las necesidades nutricionales.
- Las fuentes alternativas tales como microalgas (*I. galbana* y *N. gaditana*), presentaron un buen equilibrio aminoacídico, teniendo en su mayoría como aminoácidos limitantes a la lisina en *I. galbana* con respecto a todas las especies.
- Los concentrados vegetales son una alternativa al empleo de las harinas vegetales, debido a que son productos con alta concentración de proteína y a su vez de aminoácidos. No obstante, es necesario suplementar sus deficiencias aminoacídicas con otras fuentes de proteína o aminoácidos.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Aas, T. S., Grisdale-Helland, B., Terjesen, B. F., & Helland, S. J. (2006a). Improved growth and nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing a bacterial protein meal. *Aquaculture*, 259, 365–376.
- Aas, T. S., Hatlen, B., Grisdale-Helland, B., Terjesen, B. F., Bakke-McKellep, A. M., & Helland, S. J. (2006b). Effect of diets containing a bacterial protein meal on growth and feed Utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 261, 357–368.
- Aas, T. S., Hatlen, B., Grisdale-Helland, B., Terjesen, B. F., Penn M., Bakke-McKellep, A.M., & Helland, S. J., (2006c). Feed intake, growth and nutrient utilization in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed diets containing a bacterial protein meal. *Aquaculture Research*, 38, 351–360.
- Ai, Q. H., Mai, K. S., Tan, B. P., Xu W., Duan, Q. Y., Ma, H. M., & Zhang L. (2006). Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Aquaculture*, 260, 255-263.
- Ai, Q., & Xie, X. (2007). Effects of Replacement of Fish Meal by Soybean Meal and Supplementation of Methionine in Fish Meal/Soybean Meal-based Diets on Growth Performance of the Southern Catfish *Silurus meridionalis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36, 498-507.
- Alexis, M. N., Paparaskeva-Papoutsoglou, E., & Theochri, V. (1985). Formulation of practical diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) made by partial or complete substitutes for fish meal by poultry by-product and certain plant by-products. *Aquaculture*, 50, 61-73.
- AOAC (1997). Official methods of analysis, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington.
- Apper-Bossard, E., Feneuil, A., Wagner, A., & Respondek, F. (2013). Use of vital wheat gluten in aquaculture feeds. *Aquatic Biosystems*, 9, 21.
- Arru, B., Furesi, R., Gasco, L., Madau, F. A., & Pulina, P. (2019). The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass. *Journal Sustainability*, 11, 1-16.
- Ashraf, S., Rania, S. M., & Ehab, R. E. H. (2013). Meat and bone meal as a potential source of phosphorus in plant protein based diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture International*, 21, 375–385.

- Ayadi, F. Y., Rosentrater, K. A., & Muthukumarappan, K. (2012). Alternative protein sources for aquaculture feeds. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 4, 1-26.
- Basto, A., Matos, E., & Valente, L. M. P. (2020). Nutritional value of different insect larvae meals as protein sources for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 521, 735085.
- Barroso, F. G., Haro, C., Sánchez-Muros, M. -J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422, 193–201.
- Barreto-Curiel, F., Parés-Sierra, G., Correa-Reyes, G., Durazo-Beltrán, E., & Viana, M. T. (2016). Total and partial fishmeal substitution by poultry by-product meal (petfood grade) and enrichment with acid fish silage in aquafeeds for juveniles of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44, 327-335.
- Belforti, M., Gai, F., Lussiana, C., Renna, M., Malfatto, V., Rotolo, L., De Marco, M., Dabbou, S., Schiavone, A., & Zoccarato, I. (2015). *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. *Italian Journal Animal Science*, 14, 670-676.
- Bhaskar, P., Ray, A. K. & Pyne, S. K., (2015). Growth performance study of Koi fish, *Anabas testudineus* (Bloch) by utilization of poultry viscera, as a potential fish feed ingredient, replacing fishmeal. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* 4, 31-37.
- Bosch, L., Alegría, A., & Farré, R. (2006). Application of the 6-aminoquinoly-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) reagent to the RP-HPLC determination of amino acids in infant foods. *Journal of Chromatography B.*, 831, 176–183.
- Bonaldo, A., Roem, A. J., Faglioli, P., Pecchini, A., Cipolini, I. & Gatta, P. P. (2008). Influence of dietary levels of soybean meal on the performance and gut histology of gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*). *Aquaculture Research*, 39, 970-978.
- Bu, X., Lian, X., Zhang, Y., Chen, F., Tang, B., Ge, X., & Yang, Y. (2017). Effects of replacing fish meal with corn gluten meal on growth, feed utilization, nitrogen and phosphorus excretion and IGF-I gene expression of juvenile *Pseudobagrus ussuriensis*. *Aquaculture Research*, 49, 977-987.

- Bureau, D. P., Harris, A. M., & Cho, C. Y. (1999). Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180, 345–358.
- Bureau, D. P., Harris, A. M., Bevan, D. J., Simmons, L. A., Azevedo, P. A., & Cho, C. Y. (2000). Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*, 181, 281–291.
- Bureau, D. P. (2006). Rendered products in fish aquaculture feeds. In: Meeker, D. L. (ed.). *Essential rendering*. National Renderers Association, Alexandria, Virginia, USA, pp. 179-184.
- Carter, C. G., & Hauler, R. C. (2000). Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 185, 299-311.
- Camacho-Rodríguez, J., Macías-Sánchez, M. D., Cerón-García, M. C., Alarcón F. J. & Grima-Molina, E. (2017). Microalgae as a potential ingredient for partial fish meal replacement in aquafeeds: nutrient stability under different storage conditions. *Journal of Applied Phycology*, 30, 1049-1059.
- Chatzifotis, S., Arias, M. V., Papadakis, I. E. & Divanac, P. (2009). Evaluation of Feed Stimulants in Diets for Sea Bream (*Sparus aurata*). *The Israeli Journal of Aquaculture*, 61, 315-321.
- Choi, D. G., He, M., Fang, H., Wang, X. L., Li, X. Q. & Leng, X. J. (2019). Replacement of fish meal with two fermented soybean meals in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 26, 1–10.
- Coutinho, P, Rema, P, Otero, A, Pereira, O., & Fabregas, J. (2006). Use of biomass of the marine microalga *Isochrysis galbana* in the nutrition of goldfish (*Carassius auratus*) larvae as source of protein and vitamins. *Aquaculture Research*, 37, 793-798.
- Cowey, C. B. (1994). Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture*, 124, 1-11.
- Dani, D., & Thirugnanamurthy, S. (2016). A Review on Microalgae as Potential Fish Feed Ingredient. *Journal of the Andaman Science Association*, 21, 140-144.
- Daniel, N. (2018). A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6, 164-179.

- Davies, S. J., Morris, P. C., & Baker, R. T. M. (1997). Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 28, 317-328.
- Davis, D. A., Arnold, C. A., & McCallum, I. (2002). Nutritional value of feed peas *Pisum sativum* in practical diet formulations for *litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 8, 87-94.
- Davies, S. J., Morris, P. C., & Baker, R. T. M. (2008). Partial substitution of fish meal and full-fat Soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 28, 317- 328.
- Dersjant-Li, Y. (2002). The use of soy protein in aquafeeds. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.*
- Deutsch, L., Graslund, S., Folke, C., Troell, M., Huitric, M., Kautsky, N., & Lebel, L. (2007). Feeding aquaculture growth through globalization: Exploitation of marine ecosystems for fishmeal. *Global Environmental Change*, 17, 238-249.
- Doughty, K. H., Garner, S. R., Bernardis, M. A., Heath, J. W. & Neff, B. D. (2019). Effects of dietary fishmeal substitution with corn gluten meal and poultry meal on growth rate and flesh characteristics of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *International Aquatic Research*, 11, 325-334.
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción.* Roma, FAO. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- Fernández -Palacios, H., Izquierdo, M., Robaina., Valencia A., Salhi M., & Montero, D. (1996). The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 148, 233-246.
- Fowler, L. G. (1990). Feather meal as a dietary protein sources during parr-smolt transformation in Fall Salmon chinook diets. *Aquaculture*, 89, 301-314.
- Gasco, L., Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M., Lussiana, C., Antonopoulou, E. & Chatzifotis, S. (2016). Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) juveniles: Growth

performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 34–45.

Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, J. E., Stone, D., Wilson, R., & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38, 551-579.

Goda, A. M., El-Haroun, E. R. & Chowdhury, M. A. K. (2007b). Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) reared in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 38, 279-287.

Gomes, E. F., Rema P., Kaushik, S. J., (1995). Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 130, 177-186.

Hardy, R. W., & Tacon, A. J. G. (2002). Fish meal-historical uses, production trends and future Outlook for sustainable supplies, In: *Responsible Marine Aquaculture*, Stickney, R. R. and J. P. McVey (Eds.), CABY Publishing, Oxon, UK, pp: 311-325.

Hardy, W. H. (2006). Worldwide Fish Meal Production Outlook and the Use of Alternative Protein Meals for Aquaculture. En: L. Elizabeth Cruz Suárez, D. Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. *Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. ISBN 970-694-333-5.

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E., (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science Technology*, 203, 1–22.

Hasan, M. R., & Amin, M. R. (1997). Effect of processing techniques on the nutritional quality of poultry offal meal. *Bangladesh Journal of Fisheries*, 20, 139-144.

Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*, 1, 316-329.

- Karthik, M., Robert, S. H., & Jeffre, D. F. (2014). Replacing fish meal with increasing levels of meat and bone meal, soybean meal and corn gluten meal, in diets of juvenile bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Aquaculture Research*, 45: 1202–1211.
- Kaushik, S.J. (1998). Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their LAA requirement profiles. *Aquat. Living Resour.*, 11: 355-358.
- Kaushik, S. J., Covés, D., Dutto, G., & Blanc, D. (2004). Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 230, 391–404
- Kissil, G. W., & Lupatsch, I. (2004). Successful replacement of fishmeal by plant proteins in diets for the gilthead seabream, (*Sparus aurata* L.). *The Israeli Journal of Aquaculture*, 56, 188-199.
- Kolkovski, S., & Tandler, A. (2000). The use of squid protein hydrolysate as a protein source in microdiets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquaculture Nutrition*, 6, 11-15.
- Koven, W., Kolkovski, S., Hadas, E., Gamsiz, K., & Tandler A. (2001). Advances in the development of microdiets for gilthead seabream, *Sparus aurata*: a review. *Aquaculture*, 194, 107-121.
- Klinger, D., & Naylor, R. (2012). Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 247-276.
- Lanari, D., & D'Agaro., E. (2005). Alternative plant protein sources in sea bass diets. *Italian Journal of Animal Science*, 4, 365-374.
- Limin, L., Feng, X., & Jing, H. (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. *Aquaculture Nutrition*, 12, 53–59.
- Lee, J., Choi, I. C., Kim, K. T., Cho, S. H., & Yoo, J. Y. (2012). Response of dietary substitution of fishmeal with various protein sources on growth, body composition and blood chemistry of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*, Temminck & Schlegel, 1846). *Fish Physiology and Biochemistry*, 38, 735-744.

- Li, M. H, Peterson, B. C., Janes, C. L., & Robinson, E. H. (2006). Comparison of diets containing various fish meal levels on growth performance, body composition and insulin-like growth factor-I of juvenile channel catfish *Ictalurus punctatus* of different strains. *Aquaculture*, 253, 628-635.
- Li, J., Fan, Z., Qu, M., Qiao, X., Sun, J., Bai, D., & Cheng, Z. (2015). Applications of Microalgae as Feed Additives in Aquaculture IN: International Symposium on Energy Science and Chemical Engineering (ISESCE 2015).
- Lall, S. P., & Dumas, A. (2015). Nutritional requirements of cultured fish: formulating nutritionally adequate feeds. In: D. A., Davies, (Ed.). *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*. (1<sup>st</sup>ed., pp.53-109). Oxford: Woodhead Publishing.
- Magalhães, R., Sánchez-López A., Leal R. S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles A., & Peres, H. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 476, 79–85.
- Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Moñino, A. V., & Salvador, V. J. M. (2007). Soybean meal as a protein source in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research*, 38, 82-90.
- Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Moñino, A. V., Ader, J. G., Torres, M., & Jover-Cerdá, M. (2008). Blood and haemoglobin meal as protein sources in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): effects on growth, nutritive efficiency and fillet sensory differences. *Aquaculture Research*, 39, 1028-1037.
- Martínez-Llorens, S., Vidal, T. A., Garcia, J. I., Torres, P.M., & Jover-Cerdá, M. (2009). Optimum dietary soybean meal level for maximizing growth and nutrient utilization of growing gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition*, 15, 320-328.
- Makkar H.P.S., Tran G., G., Heuze V. & Ankers P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science Technology*, 197:1-33.
- Médale, F., & Kaushik, S. (2009). Protein sources in feed for farmed fish. *Cahiers Agricultures*, 18(2), 103-111.
- Messina M., Bulfon C., Beraldo P, Tibaldi E. & Cardinaletti G. (2018). Intestinal morpho-physiology and innate immune status of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in response to diets including a blend of two marine

microalgae, *Tisochrysis lutea* and *Tetraselmis suecica*. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.09.054

Miles, R.D. & Chapman, F.A. (2012). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets  
1. Recuperado en: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FA/FA12200.pdf>.

Millamena, O. M. (2002). Replacement off fish meal by animal by product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 204, 75-84.

Monge-Ortiz, R., Martínez-Llorens, S., Márquez, L., Moyano, F. J., Jover-Cerdá, M. & Tomás-Vidal, A. (2016). Potential use of high levels of vegetal proteins in diets for market-sized gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Archives of Animal Nutrition*, 70, 155-172.

Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Gallardo-Álvarez, F. J., Estruch, G., Godoy-Olmos, S., Jover-Cerdá, M., & Martínez Llorens, S. (2018). Partial and total replacement of fish meal by a blend of animal and plant proteins in diets for *Seriola dumerili*: Effects on performance and nutrient efficiency. *Aquaculture Nutrition*, 24, 1–12.

Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Gallardo-Álvarez, F. J., Estruch, G., Godoy-Olmos, S., Jover-Cerdá, M., & Martínez Llorens, S. (2020). Growth, sensory and chemical characterization of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*) fed diets with partial replacement of fish meal by other protein sources. *Aquaculture Reports*, 18, 100466.

Monge-Ortiz R. (2020). Efecto de la sustitución de la harina y el aceite de pescado por fuentes vegetales y animales en la alimentación de la seriola (Tesis Doctoral). Recuperado: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/153798/Monge%20%20Efecto%20de%20la%20sustituci%3%b3n%20de%20la%20harina%20%20el%20aceite%20de%20pescado%20por%20fuentes%20vegetales%20y%0anim...pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Jover-Cerdá, M., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2017). Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquaculture*, 468, 271-277.

Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal A., & Jover-Cerdá, M. (2018). Evaluation of defatted krill meal as partial and total fishmeal replacement in

diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. Frontiers in Marine Science Conference Abstract: IMMR'18 | International Meeting on Marine Research 2018. doi: 10.3389/conf.FMARS.2018.06.00142

- Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A. & Jover-Cerdá, M. (2019). Evaluation of defatted krill meal as partial and total fishmeal replacement in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, 468, 271-277.
- Murray, H. M., Lall, S. P., Rajaselvam, R., Boutilier, L. A., Blanchard, B., Flight, R. M., Colombo, S., Mohindra, V., & Douglas, S. E. (2010). A nutrigenomic analysis of intestinal response to partial soybean meal replacement in diets for juvenile Atlantic herring, (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 298, 282-293.
- Nandakumar, S., Ambasankar, K., Ali, S.S.R., Syanadayal J., Vasagam K., 2017. Replacement of fish meal with corn gluten meal in feeds for Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture International*, 25, 1495–1505.
- Nengas, I., Alexis M. N. & Davies, S. J. (1999). High inclusion levels of poultry meals and related by products in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, 179, 13–23.
- Nogueira, N., Cordeiro, N., Andrade, C., & Aires, T. (2012). Inclusion of low levels of blood and feather meal in practical diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 641-650.
- Noriega, N., Cordeiro, N., Andrade, C. & Aires, T. (2012). Inclusion of low levels of blood and feather meal in practical diets for Gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 641-650.
- Oser, B. (1951). Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *Journal of the American Dietetic Association*, 396–402.
- Oliva-Teles, A., Enes, P., & Peres, H. (2015). Replacing fish meal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and feeding practices in aquaculture*. Elsevier, Oxford, pp 203-233.
- Olli, J., Krogh, L. A., Van Dendenlengh, T., & Brettas, L. (1994). Nutritive value of four soybean products in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Animal Sciences*, 44, 50-60.

- Olsen, R. L., & Hasan, M. R. (2012). A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Technology*, 27, 120-128.
- Overland, M., Tauson, A. H., Shearer, K., & Skrede, A. (2010). Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. *Animal Nutrition*, 64, 171-189.
- Oliva-Teles, A. (2000). Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition. *Aquaculture International*, 8, 477-492.
- Oliva-Teles, A., Enes, P., & Peres, H. (2015). Replacing fish meal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and feeding practices in aquaculture*. Elsevier, Oxford, pp 203-233.
- Pares-Sierra, G., Durazo, E., Ponce, M. A., Badillo, D., Correa-Reyes, G., & Viana, M. T. (2014). Partial to total replacement of fishmeal by poultry by-product meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and their effect on fatty acids from muscle tissue and the time required to retrieve the effect. *Aquaculture Research*, 45, 1459-1469.
- Piccolo, G., Iaconisi, V., Maronoa, S., Gasco, L., Loponte, R., Nizza, S., Bovera, F., & Parisi, G. (2017). Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology*, 226, 12-20.
- Perschbacher, P. (2013). ¿A Green Revolution in Cultured Fish and Livestock Diets? *Journal of Fisheries & Livestock Production*, 1, 1.
- Peres, H., & Oliva-Teles, A. (2009). The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, 296, 81-86.
- Papadakis, I. E., Chatzifotis, S., Divanach, P., & Kentouri, M. (2008). Weaning of greater amberjack (*Seriola dumerili* Risso 1810) juveniles from moist to dry pellet. *Aquaculture International*, 16, 13-25.
- Raji, A. A., Jimoh, W. A., Bakar, N. H. A., Mohd Taufek, N. H., Muin, H., Alias, Z., Milow, P., & Abdul Razak, S. (2020) Dietary use of *Spirulina* (Arthrospira) and *Chlorella* instead of fish meal on growth and digestibility of nutrients, amino acids and fatty acids by African catfish. *Journal of Applied Phycology*, 32, 1763-1770.

- Regost, C., Arzel, J., & Kaushik, S. J. (1999). Partial or total replacement off fish meal by corn gluten meal in diet for turbot, *Psetta máxima*. *Aquaculture*, 180, 90-117.
- Refstie, S., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Lein, I., & Roem, A. (2000). Differing nutrition responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 190 (1-2), 49-63.
- Refstie, S., Helland, S. J., & Storebakken, T. (1997). Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 153, 263-272.
- Rema, P., Saravanan, S., Armenjon, B., Motte, C., & Dias, J. (2019). Graded Incorporation of Defatted Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Diet Improves Growth Performance and Nutrient Retention. *Animals (Basel)*, 9, 187.
- Robaina, L., Izquierdo, M. S. T., Moyano, F. J., Socorro, J., Vergara, M., Montero, D., & Fernández-Palacios, H. (1995). Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 130, 219-233.
- Rossi, W., & Davis, D. A. (2014). Meat and Bone Meal as an Alternative for Fish Meal in Soybean Meal-Based Diets for Florida Pompano, (*Trachinotus carolinus* L.). *Journal of the World Aquaculture Society*, 45, 613-624.
- Rodehutsord, M., Mandel, S., Pack, M., Jacobs, S., & Pfeffer, E. (1995). Free Amino Acids Can Replace Protein-Bound Amino Acids in Test Diets for Studies in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The Journal of Nutrition*, 125, 956–963.
- Sabbagh, M., Schiavone, R., Brizzi, G., Sicuro, B., Zilli, L., & Vilella, S. (2019). Poultry by-product meal as an alternative to fish meal in the juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) diet. *Aquaculture*, 511, 1-10.
- Salze, G., McLean, E., Battle, P. R., Schwarz, M. H., & Craig, S. R. (2010). Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination off fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 298, 294-299.
- Saleh, R., Burri, L., Benitez-Santana, T., Turkmen, S., Castro, P., & Izquierdo, M. (2018). Dietary krill meal inclusion contributes to better growth performance of gilthead seabream juveniles. *Aquaculture Research*, 49, 10.

- Sarker, P. K., Kapuscinski, A. R., Vandenberg, G. W., Proul, E., & Sitek, A. J. (2020). Towards sustainable and ocean-friendly aquafeeds: Evaluating a fish-free feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using three marine microalgae species. *Science of the Anthropocene*, 8, 5.
- Sánchez-Lozano, N. B., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., & Jover-Cerdá, M. (2009). Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture*, 298, 83–89.
- Sánchez-Lozano, N. B., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., & Jover-Cerdá, M. (2011). Amino acid retention of gilthead sea bream fed with pea protein concentrate. *Aquaculture Nutrition*, 17, 604-614.
- Sevgili, H., Kanyilmaz, M., Emre, Y., & Uysal, R. (2002). Effects of Replacement of Fishmeal with Hazelnut Meal on Growth Performance, Body Composition, and Nutrient Digestibility Coefficients in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 61, 103-113.
- Sealey, W. M., Gaylord, G., Barrows, F. T., Tomberlin, J., Mcguire, M. A., Ross, C. F., & St-Hilaire, S. (2011). Sensory Analysis of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42, 34-45.
- Steffens, W. (1994). Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124, 27-34.
- Storebakken, T., Shearer, K. D., Baeverfjord, G. (2000). Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture*, 184, 115-132.
- Tacon, A. G. J., Heaster, J. V., Featherstone, P. B., Kerr, K., & Jackson, A. J. (1983). Studies on the utilization of full-fat soybean and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout. *Journal of the Japanese Society of Fisheries Science*, 49, 1437–1443.
- Tacon, A. G. T., Metian, M. & Hasan, M. R. (2009) Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals: sources and composition. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN: ISBN 978-92-5-106421-4.
- Tang, B., Bu, X., Lian, X., Zhang, Y., Muhammad, I., Zhou, Q., Liu, H., & Yang, Y. (2017). Effect of replacing fish meal with meat and bone meal on growth,

feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion for juvenile *Pseudobagrus ussuriensis*. *Aquaculture Nutrition*, 24, 1-9.

Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Endo, M., Yamashita, H. & Ukawa, M. (2008). Taurine is an essential nutrient for yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fish meal diets based on soy protein concentrate. *Aquaculture*, 280, 198-205.

Takakuwa, F., Fukada, H., Hosokawa, H., & Masumoto, T. (2006). Availability of poultry by-product meal as an alternative protein source for fish meal in diet for greater amberjack (*Seriola dumerili*). *Aquaculture Science*, 54, 473 – 480.

Takakuwa, F., Suzuri, K., Horikawa, T., Nagahashi, K., Yamada, S., Biswas, A., & Tanaka, H. (2019). Availability of potato protein concentrate as an alternative protein source to fish meal in greater amberjack (*Seriola dumerili*) diets. *Aquaculture Research*, 00, 1–10.

Thiessen, D. L., Campbell, G. L., & Adelizi, P. D. (2003). Digestibility and growth performance of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with pea and canola products. *Aquaculture Nutrition*, 9, 67-75.

Tibaldi, E., Tulli, F., Piccolo, G., & Guala, S. (2003). Wheat gluten as a partial substitute for fish meal protein in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) diets. *Italian Journal Animal Science*, 2, 613-615.

Tibaldi, E., Hakim, Y., Uni, Z., Tulli, F., Francesco, M., Luzzana, U., & Harpaz, S. (2006). Effects of the partial substitution of dietary fish meal by differently processed soybean meals on growth performance, nutrient digestibility and activity of intestinal brush border enzymes in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 261, 182-193.

Tomás, A., De La Gándara, F., García-Gomez, A., Pérez, L., & Cerda-Jover, M. (2005). Utilization of soybean meal as an alternative protein source in the Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*). *Aquaculture Nutrition*, 11, 333–340.

Tomás-Vidal, A., Monge-Ortiz, R., Jover-Cerdá, M., & Martínez-Llorens, S. (2019). Apparent digestibility and protein quality evaluation of selected feed ingredients in *Seriola dumerili*. *Journal of World Aquaculture Society*, 1–14.

Thompson, K. R., Rawles, S. D., Metts, L. S., Gannam, A. L., Brady, Y. J., Gannam, A., Twibell, R., Johnson, R. B., Brady, Y., & Webster, C. D. (2008). Digestibility of dry matter, protein, lipid and organic matter of two fish meals, two poultry by-product meals, soybean meal and distillers dried grains with

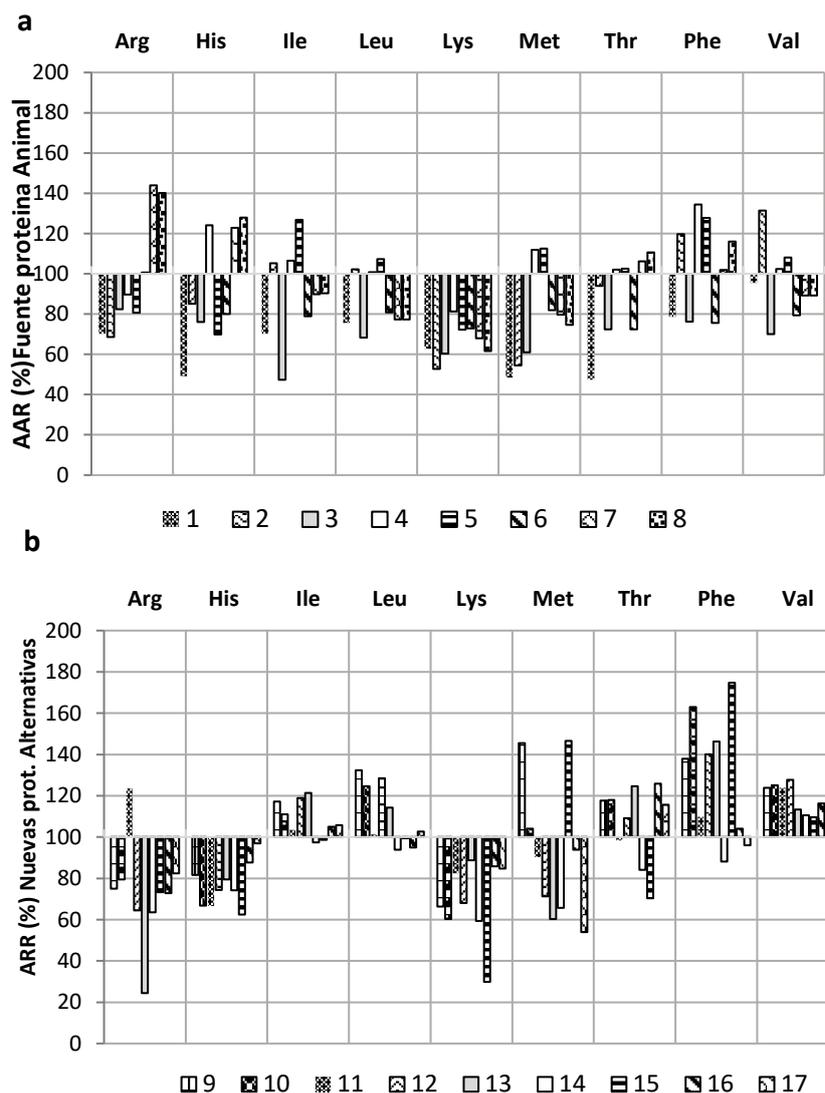
- soluble in practical diets for sunshine bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 39, 352-363.
- Toften, H., & Jobling, M. (1997). Feed intake and growth of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fed diets supplemented with oxytetracycline and squid extract. *Aquaculture Nutrition*, 3, 145-151.
- Velarde, J. C., Martínez-Llorens, S., Jover-Cerdá, M., Rodríguez, C., Estefanell, J., & Gairín, J. I. (2013). Amino acids composition and protein quality evaluation of marine species and meals for feed formulations in cephalopods. *Aquaculture International*, 21, 413-433.
- Vizcaíno, A. J., López, G., Saéz, M. I., Jiménez, J. A., Barros, A., Hidalgo, L., Camacho, J., Martínez, T. F., Cerón, M. C., & Alarcón, F. J. (2014). Effects of the microalga *Scenedesmus almeriensis* as fish meal alternative in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*), juveniles. *Aquaculture*, 431, 34-43
- Vizcaíno, A. J., Saéz, I., López, G., Arizcun, M., Abellán, E., Martínez, T. F., Cerón-García, M. C., & Alarcón, F. J. (2015). Tetraselmis suecia and Tisochrysis lutea meal as dietary ingredients for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fry. *Journal of Applied Phycology*, 28, 2843–2855.
- Vassallo-Agius, R., Imaizum, I. H., Watanabe, T., Yamazaki, T., Satoh, S., & Kiron, V. (2001). Effect of squid meal in dry pellets on the spawning performance of striped jack *Pseudocaranx dentex*. *Fisheries Science*, 67, 271–280.
- Valente, L. M. P., Custódio, M., & Batista, S. (2019). Defatted microalgae (*Nannochloropsis* sp.) from biorefinery as a potential feed protein source to replace fishmeal in European sea bass diets. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45, 1067–1081.
- Wang, Y., Guo, J. J., Li, K. & Bureau, D. P. (2006). Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients in feeds for cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*, 252, 476-483.
- Wilson, R. P. (2002). Amino acids and proteins. In: Halver, J. E. & Hardy, R.W. (Eds.) *Fish nutrition*. New York: Academic Press, pp.143-179.
- Wilson RP. (1986) Protein and amino acid requirements of fishes. *Annual Review of Nutrition*, 6, 225-44.
- Wisman, E. L., Holmes, C. E., & Engel, R. W. (2006). Utilization of poultry by-products in poultry rations. *Poultry Science*, 37, 834-838.

- Williams, K. C., Barlow, C. B., Rodgers, L. J. & Ruscoe, I. (2003). Potential of meat meal to replace fishmeal in extruded dry diets for barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch). I. Growth performance. *Aquaculture Research*, 34, 23-32.
- Yano, Y., Oikawa H., & Satomi, M. (2008). Reduction of lipids in fish meal prepared from fish waste by a yeast, *Yarrowia lipolytica*. *International Journal Food Microbiology*, 121, 302-307.
- Yones, A. M. M., & Metwalli, A. A. (2015). Effects of fishmeal substitution with poultry by-product meal on Growth Performance, Nutrients Utilization and Blood Contents of Juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Aquaculture Research Development*, 6, 389.
- Yiğit, M., Bulut, M., Ergün, S., & Güroy, D. (2012). Utilization of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*) juveniles. *Journal of Fisheries Sciences*, 6, 63-73.
- Yoshitomi, B., Aoki, M., Oshima, S-I., Hata, K. (2006). Evaluation of krill (*Euphausia superba*) meal as a partial Replacement for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*, 261, 440-446.
- Yoshitomi, B., & Nagano, I. (2012). Effect of dietary fluoride derived from Antarctic krill (*Euphausia superba*) meal on growth of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Chemosphere*, 86: 891-897.
- Yang, Y., Wang, Y., Lu, Y., & Li, Q. (2011). Effect of replacing fishmeal with soybean meal on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*, 19, 405-419.

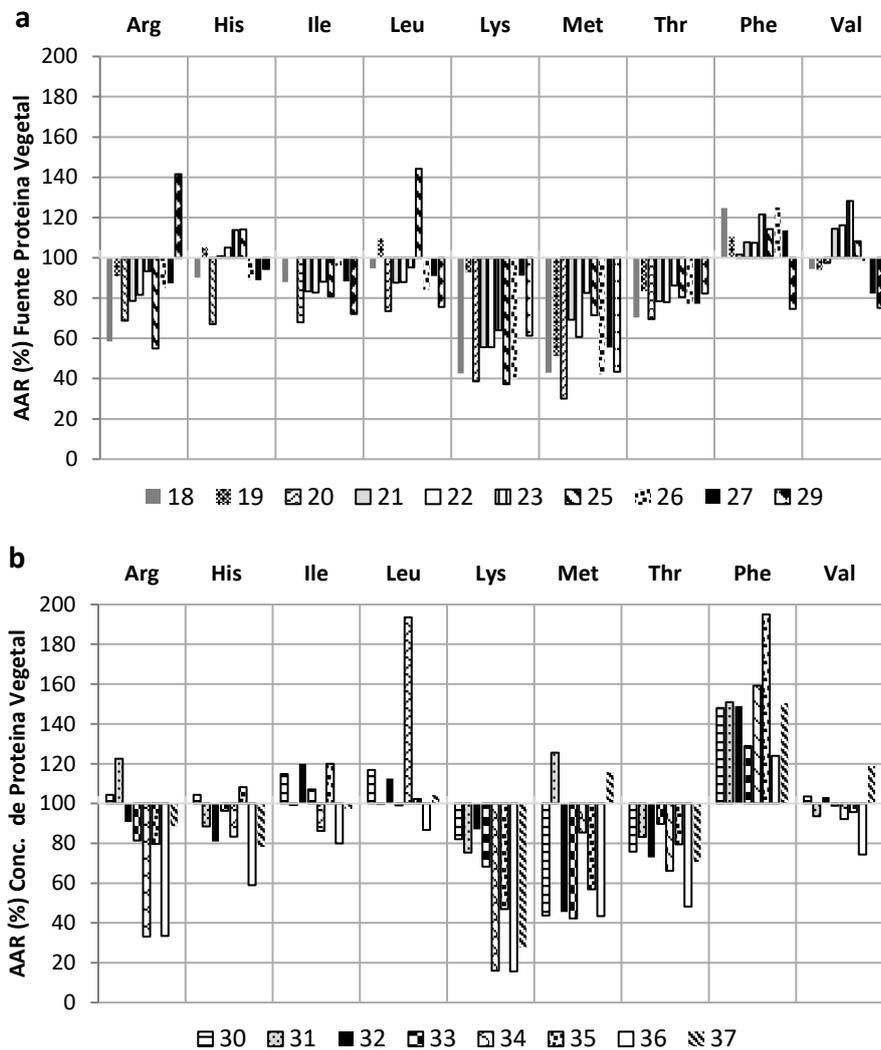
## VIII. MATERIAL SUPLEMENTARIO

Relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas con las muestras de los ejemplares de juveniles y adultas de dorada.

Evaluación de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares de juveniles de dorada.

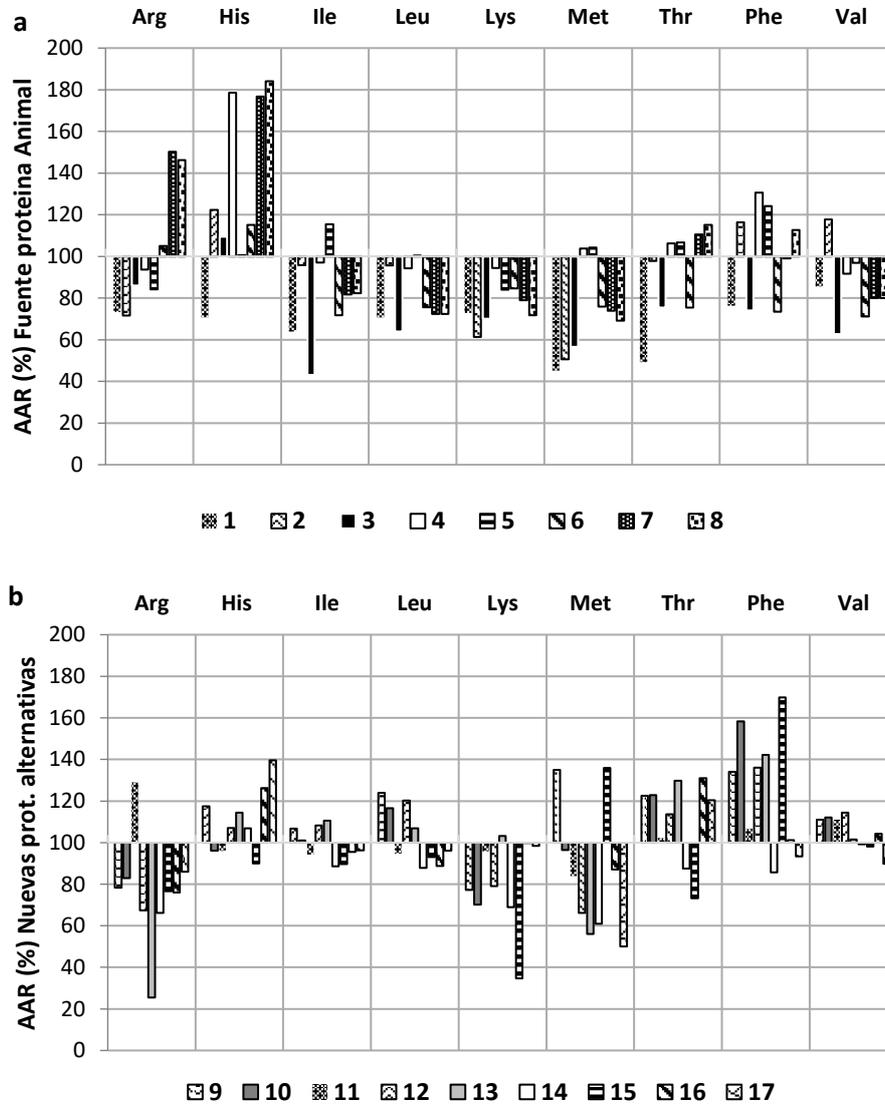


**Figura S1** Ratio de Amino ácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de proteína animales (a— Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) y nuevas proteínas alternativas (b— *I. galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)) en ejemplares de Dorada de 70g aprox.

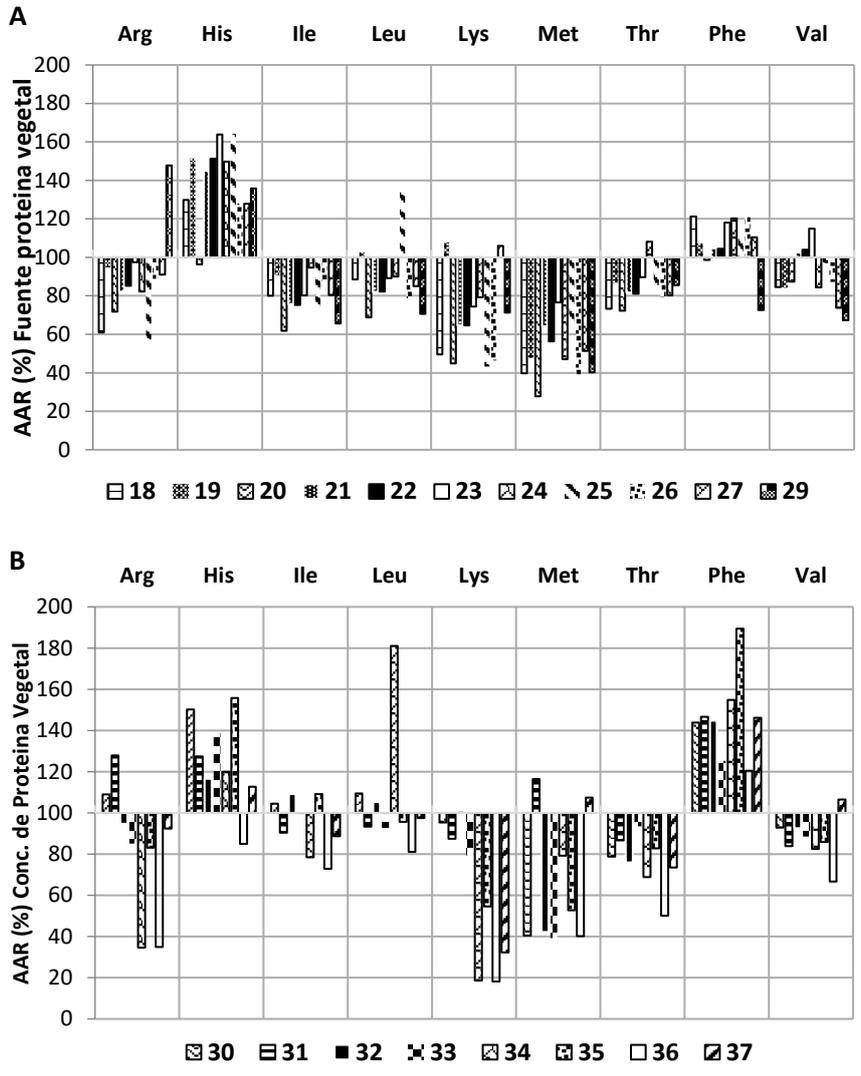


**Figura S2** Ratio de aminoácido (%) para amino ácidos esenciales de las Fuentes proteína vegetal (a — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de Proteína Vegetal** (b— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34), Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37) ) en ejemplares de Dorada de 70g aprox.

Evaluación de la relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares de adultos de dorada.



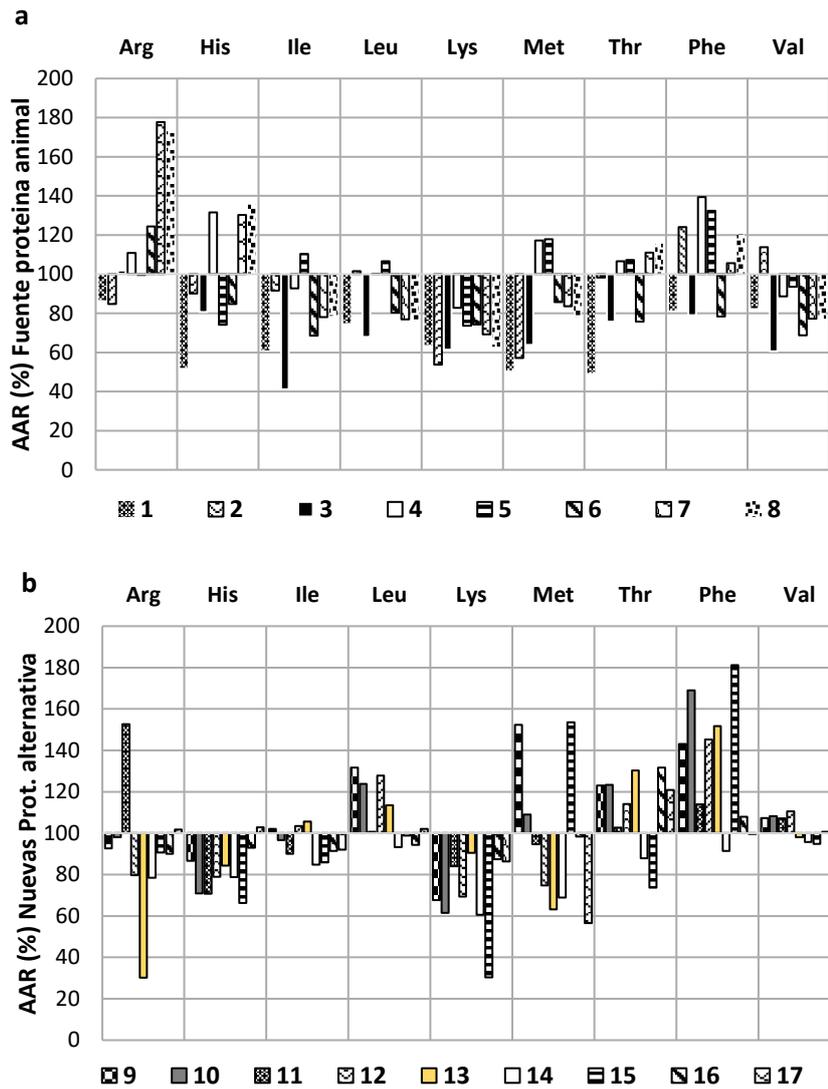
**Figura S3 Ratio de Amino ácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de proteína animal (a —Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) y nuevas proteínas alternativas (b— *I. galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)) en ejemplares de Dorada de 350g aprox.**



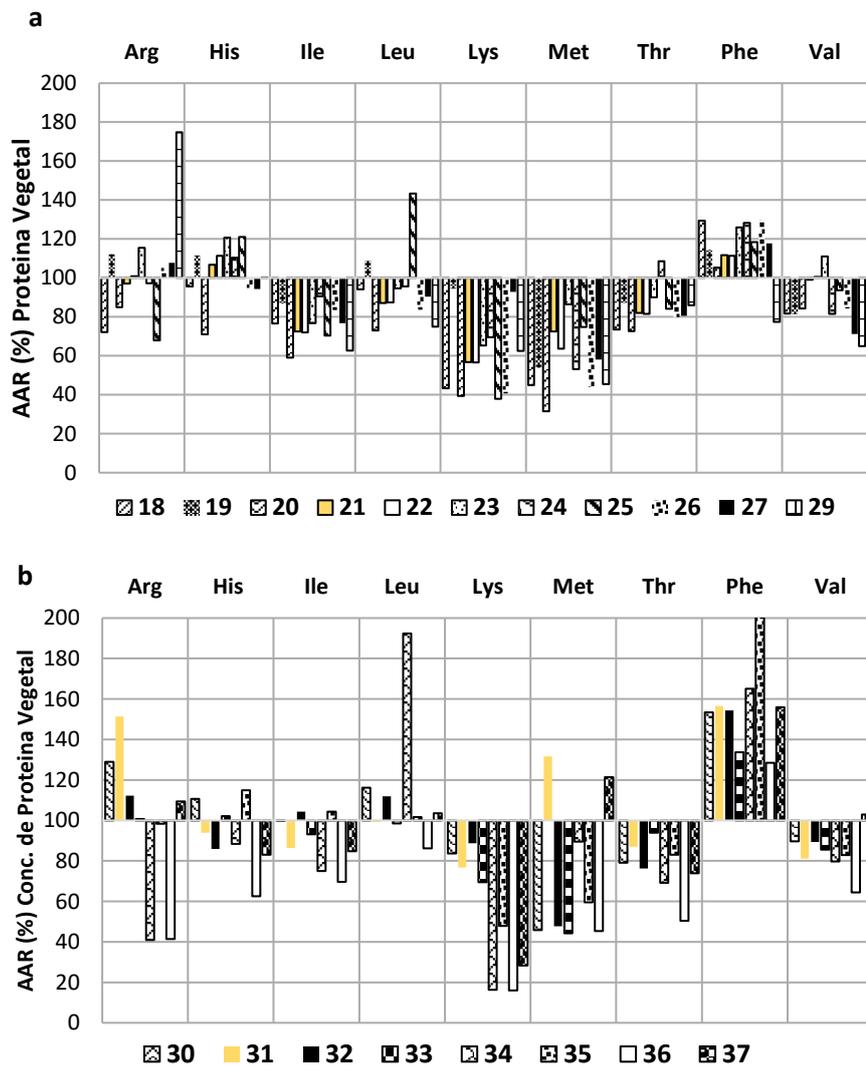
**Figura S4** Ratio de Aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de Proteína Vegetal (A — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de Proteína Vegetal** (B— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de dorada de 350g aprox.

**Evaluación de la relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares de juvenil y adulto de *Seriola*.**

Evaluación de la relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares de juveniles de *Seriola*

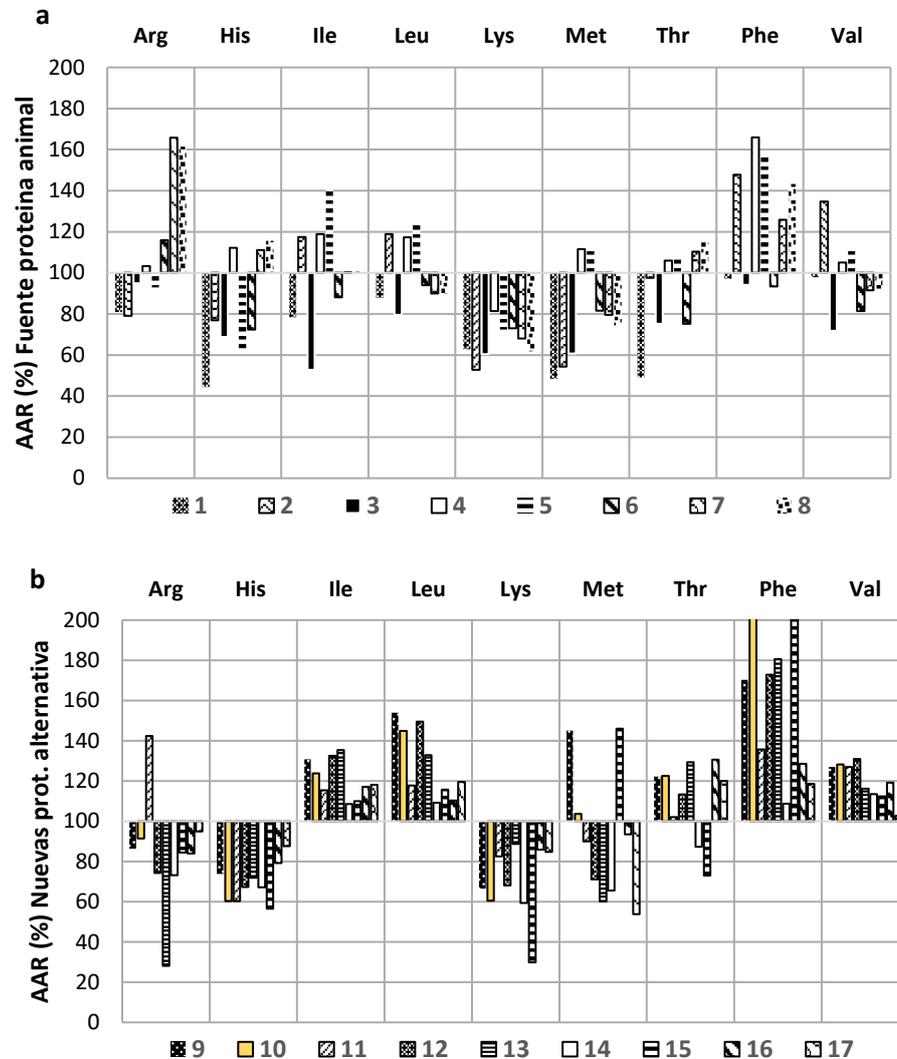


**Fig. S5 Ratio de Amino ácido (%) para amino ácidos esenciales de las Fuentes de proteína animal (a — Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) y nuevas proteínas alternativas (b— *Isochrysis galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)) en ejemplares de *Seriola* de 365g.**

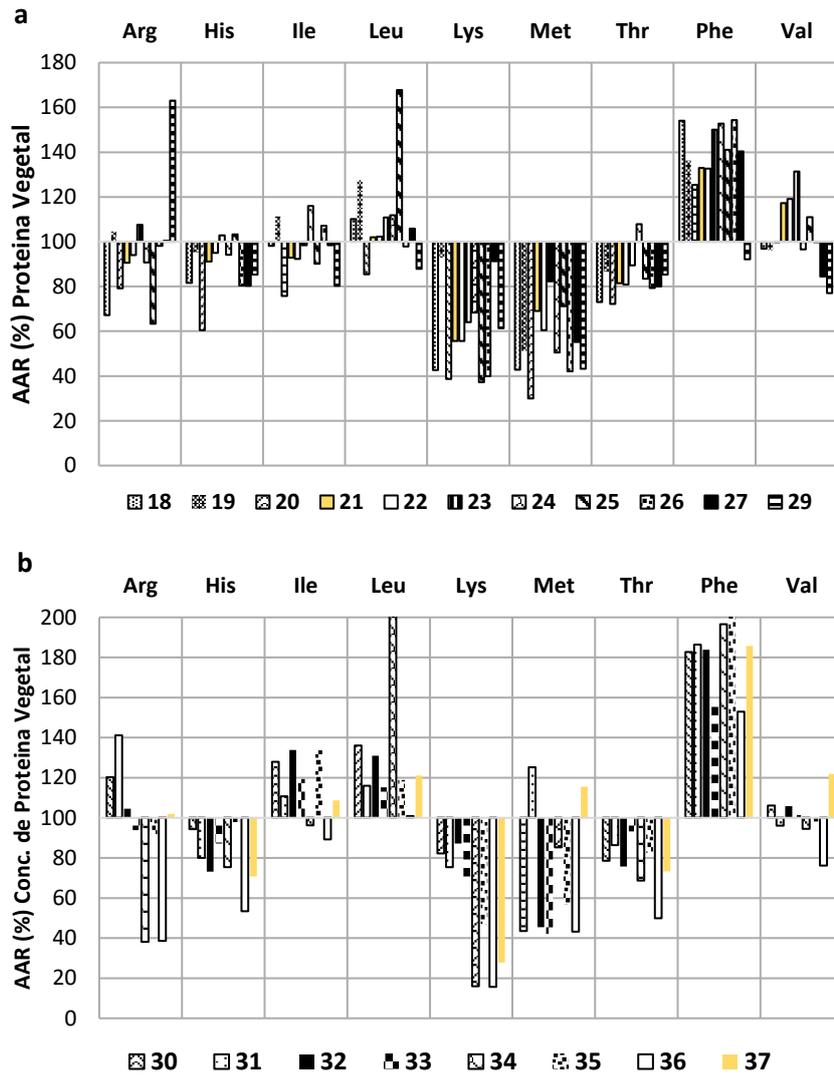


**Figura S6** Ratio de aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de Proteína Vegetal (a — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de Proteína Vegetal** (b— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de **Seriola de 365g** .

Evaluación de la relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares adultos de *Seriola*.

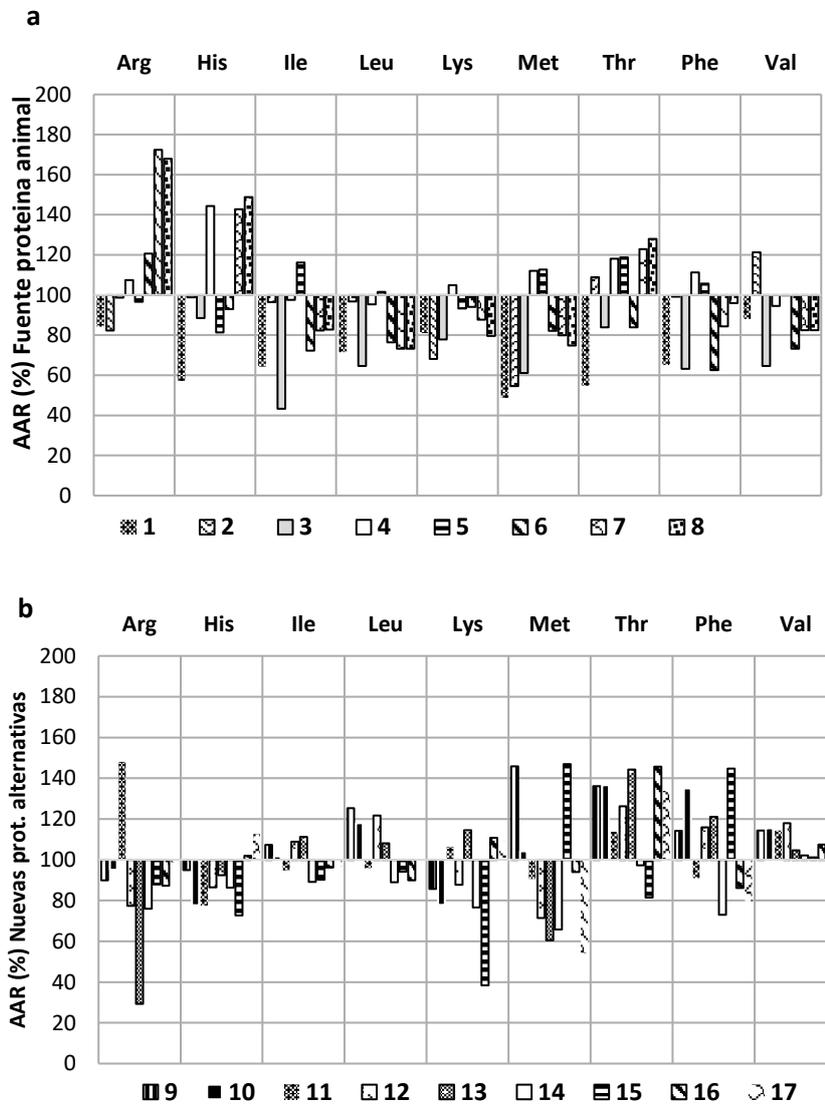


**Figura S7** Ratio de Aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de proteína animal (a —Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) y nuevas proteínas alternativas (b— *Isochrysis galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)) en ejemplares de *Seriola* de 840g.

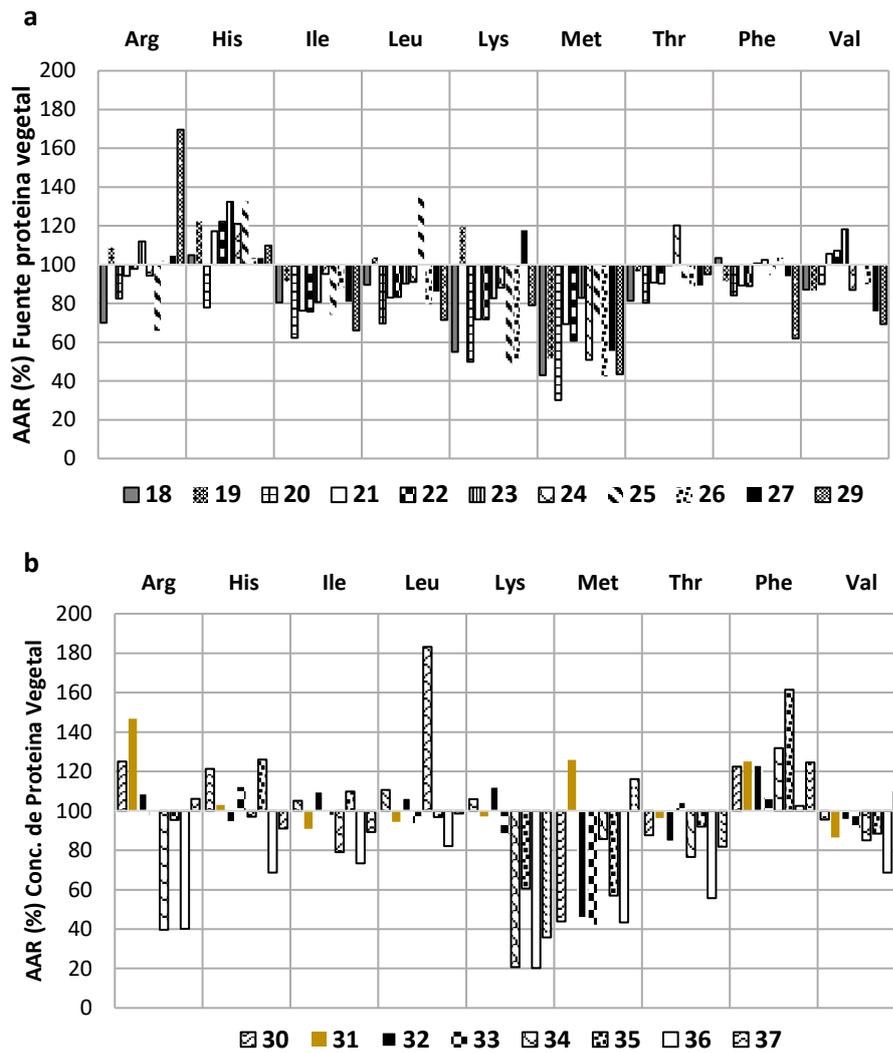


**Figura S8** Ratio de Aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de Proteína Vegetal (A — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de Proteína Vegetal** (B— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de Seriola de 840g aprox.

**Evaluación de la relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares adultos de lubina.**

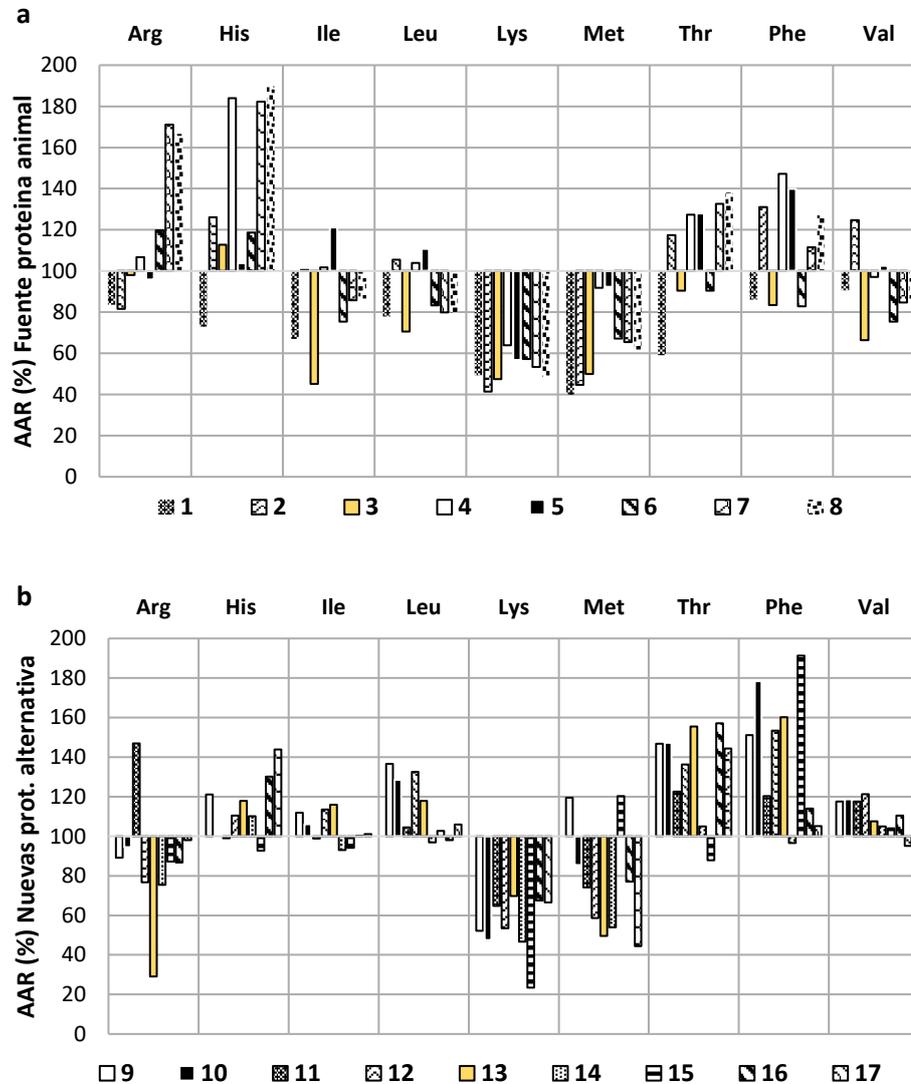


**Figura 9** Ratio de aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína animal (a — Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) y nuevas proteínas alternativas (b— *Isochrysis galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)) en ejemplares de Lubina de 350g aprox.

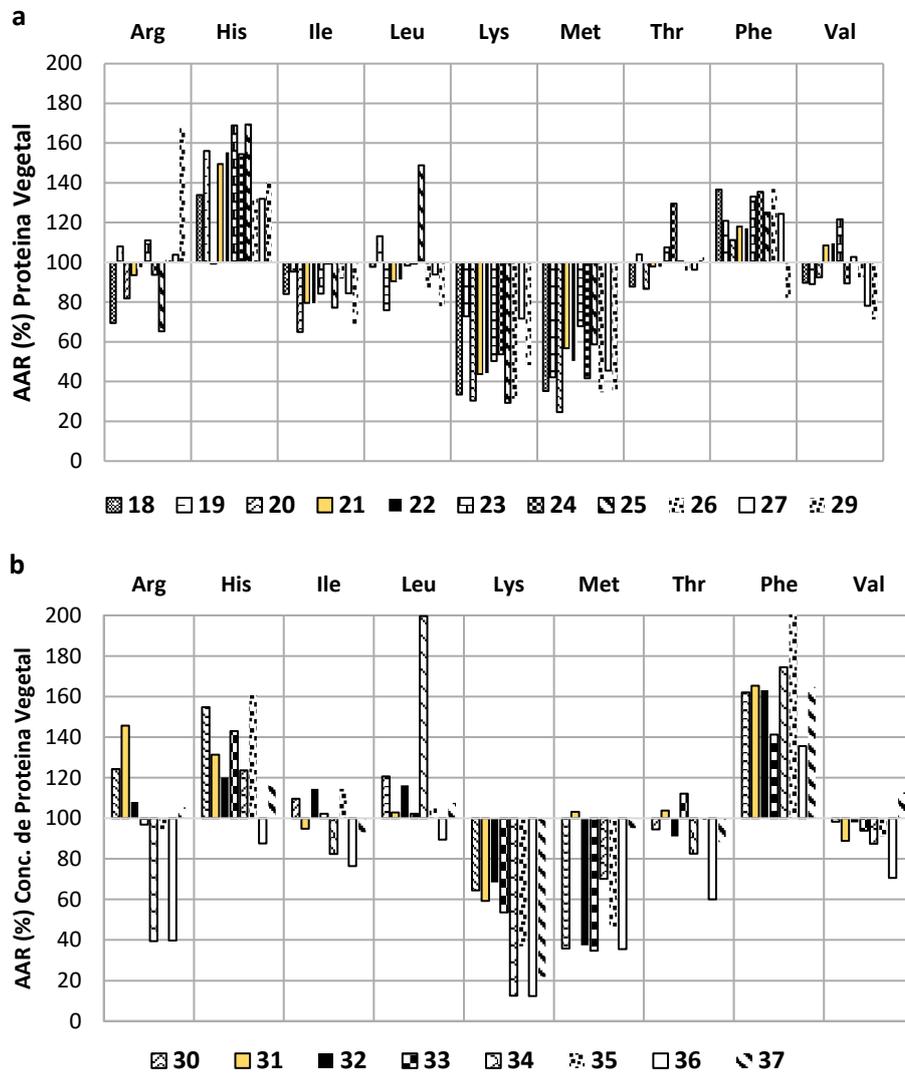


**Figura S10** Ratio de Aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las fuentes de proteína vegetal (a — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de proteína vegetal** (b— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de Lubina de 350g aprox.

**Evaluación de la relación de aminoácidos esenciales de las fuentes de proteínas y las muestras de los ejemplares de las dietas de Trucha.**



**Figura S11 Ratio de Aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de proteína animal (a — Intestino de cerdo Ibérico (1), H. de Pollo (2), H. de carne (3), H. de pescado (4), H de Krill (5), H. de calamar (6), H. de cangrejo entero (7), H. de cangrejo sin caparazón (8)) y Nuevas proteínas alternativas (b— *Isochrysis galbana* (9), *N. gaditana* (10), *S. mangrovei* (11), *Lemma sp.* (12), Leche de Vinagre (13), Pulpa cítrico (14), Arroz fermentado (15), H. Pulga de agua (16) y H. de Lombriz (17)) en ejemplares de Trucha de 70g aprox.**



**Figura S12** Ratio de aminoácido (%) para aminoácidos esenciales de las Fuentes de proteína vegetal (a — H. de Trigo (18), H. Habas (19), H. Camelina (20), Salvado de trigo (21), Afrechillo de Trigo (22), Afrechillo de Arroz (23), H. de Soja (24), H. Maíz (25), H. Girasol (26), H. de guisante (27) y H. de germen de garrofin (29)) y **Concentrado de proteína vegetal** (b— Guisante 75% (30), Guisante 55% (31), Proteína de Guisante (32), Turto de soja (33), Gluten de Maíz (34) Concentrado de Soja (35), Gluten de Trigo (36) y Proteína de Arroz (37)) en ejemplares de trucha de 70g aprox.