

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**



**“DIETAS LIBRES DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO:  
EFECTO EN LA SUSTITUCIÓN PARCIAL A TOTAL DE  
HARINA DE PESCADO”**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de  
BIOINGENIERO**

**Presenta:**

**ANDREA ZULEMA MANRIQUEZ PATIÑO**

**Ensenada, Baja California, abril de 2020.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

DIETAS LIBRES DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO: EFECTO EN LA SUSTITUCIÓN  
PARCIAL A TOTAL DE HARINA DE PESCADO

TESIS

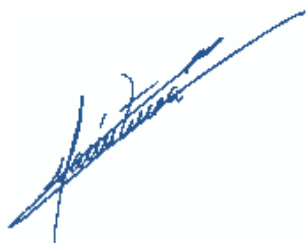
PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**BIOINGENIERO**

PRESENTA:

**ANDREA ZULEMA MANRIQUEZ PATIÑO**

Aprobada por:



---

Dra. María Teresa Viana Castrillón  
Director



---

Dra. Claudia M. Gómez Gutiérrez  
Codirector



---

Dr. José Antonio Mata Sotres  
Sinodal



---

Dr. Dante A. Magdaleno Moncayo  
Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis la Dra. María Teresa Viana Castrillón, por aceptarme como su estudiante y por todo el apoyo brindado.

A mi codirectora, Dra. Claudia M. Gómez Gutiérrez, por el apoyo brindado

A mi sinodal, Dr. José Antonio Mata Sotres, por su ayuda y contribución durante el progreso de este trabajo.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas y el laboratorio de Nutrición y Fisiología por haberme otorgado la oportunidad de trabajar en sus instalaciones.

A mi familia en especial a mis papás, por los consejos, el amor, la confianza y apoyo incondicional, éste nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes.

A todos los técnicos y compañeros del laboratorio de Nutrición y Fisiología, en especial a Aurora por su apoyo a lo largo de todo el experimento, a Bryana y Alicia por todo el esfuerzo y el trabajo en equipo realizado.

A Guillermo, por ser mi compañero de tesis, gracias por ser parte de mi vida, siempre apoyarme y tenerme paciencia.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del reemplazo parcial a total de la harina y el aceite de pescado en las dietas para el Jurel de Castilla, *Seriola dorsalis*. Con este propósito, se prepararon cuatro dietas experimentales para contener 45% de proteína cruda y 12% de grasa cruda. La dieta de control tenía 21% de harina de pescado y 6% de aceite de pescado, los cuales fueron reemplazados progresivamente hasta eliminarlos por completo, usando harina de subproductos de aves, así como una mezcla de sebo de res con extracto de DHA. Las otras fuentes proteicas se mantuvieron constantes (fuentes de subproductos de levadura, gluten de maíz, harina de soya y gelatina como ligante). Los juveniles de jurel ( $14.53 \pm 3.58$  g) se distribuyeron en cuatro grupos experimentales los cuales consistieron en 15 organismos cada uno en estanques de 500L, todos los grupos se hicieron por triplicado. Los peces fueron alimentados durante 48 días hasta saciedad aparente, con un régimen del 10% de su peso, dividido en tres raciones por día. Los peces se pesaron y midieron al principio y al final del experimento para evaluar su rendimiento. Al final del período experimental, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En los tratamientos intermedios se registraron valores ligeramente bajos; sin embargo, no se observó diferencia significativa por lo que no se puede atribuir al reemplazo. Se concluye que, aunque la suplementación con DHA fue valiosa para sustituir el aceite de pescado, así como el uso de harina de aves, se recomienda hacer un experimento a largo plazo para comprobar si este crecimiento se mantiene a lo largo del tiempo.

Este fue un trabajo realizado en conjunto con Guillermo René Paredes Gutiérrez dentro de un programa de la UABC como Proyecto de Vinculación.

## ABSTRACT

This work aims to evaluate the effect of partial to total replacement of fishmeal and fish oil in diets for the yellowtail, *Seriola dorsalis*, to formulate sustainable diets free of fish. Four experimental diets were then prepared to contain 45% crude protein and 12% crude fat. The control diet had 21% fishmeal and 6% fish oil, replaced progressively until eliminating them using poultry by-product meal, as well as a blend of beef tallow with DHA extract. The rest of the protein sources were maintained at a constant level (yeast by-product sources, corn gluten, soybean meal and gelatin as a binder). Yellowtail juveniles (220 g average weight) were randomly distributed into 12 ponds of 500L (three repetitions per diet). Fish were fed for 48 days to apparent satiety, but with a regime of 10% of its weight, divided into three rations per day. The fish were weighed and measured at the beginning and end of the experiment to evaluate their performance. No significant differences were observed among treatments, while two intermediate groups presented a lower but not significant growth. Differences that cannot be associated to the experimental treatments. It is concluded that, although DHA supplementation was valuable to replace fish oil, as well as the use of poultry meal, in the future, these treatments should be used in long terms experimentation. This was a work carried out together with Guillermo René Paredes Gutiérrez within a UABC program as a Linking Project.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS.....	5
OBJETIVOS.....	5
Generales.....	5
Específicos.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
Preparación de alimento y análisis.....	6
Diseño experimental y prueba de alimentación.....	9
Mantenimiento del sistema.....	11
Análisis químicos.....	12
Crecimiento y desempeño.....	13
Análisis estadísticos.....	14
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN.....	18
CONCLUSIONES.....	24
RECOMENDACIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25
ANEXOS.....	30

## 1. 1. Introducción

El jurel de castilla (*Seriola dorsalis*) es un pez de músculo graso por lo que se le suele llamar como pez azul. Se captura en la Península de Baja California, el Golfo de México y Mar Caribe, así como otras regiones del territorio nacional. Su producción en México alcanza más de 30 mil toneladas en volumen, con un valor de 291 millones de pesos (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, 2018). Actualmente, en México la producción de jurel juega un papel importante al ser una opción alimentaria ideal para la población debido a que su carne es muy nutritiva. Además de contener todo lo necesario para mantener una salud óptima, no solo por su contenido de proteína, sino también por el perfil de ácidos grasos ricos en omega 3. Debido a la importancia de este pez, es que se ha señalado como una alternativa viable para su cultivo, y así mantener un suministro de jurel, tanto por medios de pesca como de cultivos acuícolas. Para lograr su cultivo, es importante conocer sus requerimientos dietarios y así poder balancear de una mejor manera sus alimentos a manera de pellets, a un costo mínimo. Para lograr esto, la industria cuenta con una serie de ingredientes y costos de ellos, los cuales son seleccionados cuidando que, a largo plazo, el costo del alimento no supere el precio de venta (Limbu, 2020). Razón, por la que estudios de nutrición son de vital importancia para mantener el producto con la mejor calidad posible que sus similares silvestres. Por lo anterior, el conocer sus requerimientos nutricionales óptimos, es crucial, para enfocarnos en mantener el crecimiento de los cultivos en los mejores niveles, tanto en incorporación de masa, y manteniendo a los organismos sanos (Opiyo et al., 2018).

La alimentación de cualquier organismo de cultivo requiere que sus necesidades estén cubiertas, tanto para cubrir sus demandas energéticas, como

lograr un buen crecimiento (Hardy, 2003). Lo anterior para que a talla comercial contemos con un producto de calidad con un nivel óptimo de nutrientes para su consumo por el humano. Actualmente las dietas comerciales son buenas para lograr dicha tarea. Sin embargo, el alimento que se utiliza actualmente en las granjas de peces marinos en México se importa del extranjero, con lo cual es fácil intuir la elevación de los costos, entre los ingredientes, manufactura y flete (SAGARPA, 2011).

De acuerdo con el Consejo Nacional de fabricantes de alimentos balanceados (CONAFAB) México es el cuarto productor mundial de alimentos formulados, lo que nos pone como un referente en la producción de alimentos. Aspecto que desestima cualquier duda sobre la calidad de estos. Sin embargo, resultaría interesante analizar a fondo a que se debe la participación en la elaboración de los alimentos para peces marinos en México. Por otro lado, los alimentos que se utilizan para el cultivo de peces de agua dulce, como la tilapia, y camarón si son producidos en México. Lo anterior nos lleva a pensar que llegará el momento en el que la industria mexicana terminará de alguna manera supliendo también esta área de producción. De cualquier manera, será importante llevar a cabo investigación sobre los requerimientos en el país que resulte en la credibilidad de las formulaciones hechas bajo nuestras condiciones. Lo anterior, debido a que los ingredientes utilizados en las formulaciones varían regionalmente (FAO, 2020). Por otro lado, la mejora constante en las formulaciones, tanto en ingredientes como en aditivos, debe estar continuamente renovándose para estar al alcance del acuicultor, con relación a la disponibilidad de insumos, a la vanguardia del conocimiento (Uyeu et al., 2019). Este trabajo responde a la demanda de buscar formulaciones que permitan mantener los cultivos con crecimiento óptimo, pero disminuyendo los costos que dicha tarea conlleva, debido a que actualmente el alimento comercial importado se elabora a partir de una alta variedad de ingredientes

y suplementos, donde podemos encontrar harina y aceite de pescado. Ambos insumos, tienen precios bastante elevados, además de ser considerados como esenciales. Es decir, de no ofrecerse en la dieta, el crecimiento del jurel se puede ver comprometido resultando en un bajo crecimiento o salud pobre.

La harina de pescado (HP) es actualmente una de las principales fuentes de proteínas de alto valor en los alimentos para peces (Fasakin et al., 2003; Tacon y Metian, 2008). Sin embargo, su disponibilidad es limitada debido a la sobrepesca, competencia con el humano (consumo directo) y al cambio climático. Hoy en día el proceso de alimentación en los cultivos acuícolas puede representar de un 30 hasta el 70% de los costos de producción (Luna et al., 2019). Causa que repercute en una alta demanda de harina y aceite de pescado y a su vez, del producto derivado de los cultivos acuícolas. Razón por la que el alimento elaborado a base de pescado aumente de costo, además de no ser sostenible.

La causa por la que se prefiera la harina de pescado es por poseer un perfil nutritivo ideal para la mayoría de las especies (NRC, 2011). Con proteína de alta digestibilidad y un perfil de ácidos grasos esenciales único, ricos en ácidos grasos de cadena larga omega 3 (LC-PUFAs, por sus siglas en inglés), que no puede ser reemplazado por aceites vegetales o grasas animales.

Históricamente, la producción animal siempre ha considerado a la harina y aceite de pescado como una de las mejores fuentes alimenticias irremplazable. Sin embargo, dependiendo del cultivo y costos, esta se ha ido descartando de la mayoría de las especies domésticas (cerdos y aves, principalmente; Flachowsky, 2020). Por lo que hoy en día la mayor parte de la harina y aceite de pescado se utilizan en acuicultura. Aún así, hoy en día la disponibilidad de éstas es reducida, por el

incremento en la producción acuícola, que aparte de buscar la sostenibilidad de la producción, hace que su sustitución sea primordial. En las últimas décadas se han realizado gran número de estudios para encontrar otras fuentes de proteína que puedan ser utilizadas como alimento en los cultivos acuícolas. Estos estudios se basan en encontrar resultados similares en el crecimiento de los peces o en algunos casos midiendo la digestibilidad vs. otras fuentes proteicas (Castillo-López et al., 2016; Mata-Sotres et al., 2018). Así es como se han investigado ingredientes tanto vegetales (soya, lupino, trigo, maíz, papa, entre otros; con o sin aditivos alimenticios) como de fuentes animales [harina de sangre (HS), harina de carne y huesos (HCH) y harina de subproducto de ave (HSA)], dichas fuentes tienen un alto potencial para reemplazar la HP (Keramat et al., 2014).

Algunos de los estudios sobre la HSA informan que el reemplazar el 75% o incluso el 100% de HP indica que no hay alguna disminución significativa en el crecimiento de los peces (Sabbagh et al., 2019). De hecho, la HSA podría reemplazar el 75% de HP en la dieta de dorada juvenil (*Sparus Aurata*) sin suplementación de aminoácidos (Nengas et al., 1999). Un ejemplo reciente del estudio de Karapanagiotidis et al. (2019), demostraron que el 50% de la HP puede ser reemplazada por HSA sin comprometer el rendimiento del crecimiento, el uso del alimento y la composición próxima.

En el presente estudio se llevaron a cabo análisis multidisciplinarios tales como los análisis proximales y la evaluación de algunas métricas de rendimiento, con el objetivo de evaluar los posibles efectos de la sustitución de HP por HSA en la dieta del jurel.

## **2. 2. Hipótesis**

La dieta libre de aceite y harina de pescado, utilizando harina de subproductos avícolas (HSA) combinado con un suplemento de DHA (Docosahexaenoic Acid- un LC-PUFA, tipo de omega-3), presentará resultados similares a una dieta con harina y aceite de pescado.

## **3. 3. Objetivo general**

Desarrollar alimentos que sustituyan a la harina y aceite de pescado, medir el impacto en el crecimiento utilizando al jurel de Castilla, *Seriola dorsalis*.

### **3.1 Objetivo específico**

**3.1.1** Producir dietas sostenibles que contengan otras fuentes proteicas, para reducir o eliminar la dependencia de el aceite y harina de pescado.

**3.1.2** Medir el desempeño del jurel alimentado con distintos niveles de sustitución de la harina y aceite de pescado.

**3.1.3** Optimizar los cultivos acuícolas desde un punto económico sin afectar al desempeño de crecimiento.

## 4. Materiales y Métodos

### 4.1 Preparación de alimento y análisis

Se formularon cuatro dietas distintas, basadas en formulaciones previamente validadas (Mata-Sotres et al., 2018; García Organista et al., 2019) (Tabla 1 y 2), en donde el porcentaje de HSA fue aumentando mientras que los porcentajes de harina y aceite de pescado fueron disminuyendo, las dietas se formularon para contener 45% de proteína cruda (CP) y 12% de lípidos crudos (CL). Todos los alimentos experimentales fueron elaborados en el Laboratorio de Nutrición y Fisiología Digestiva (laboratorio FEED-AQUA, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), B.C., México).

**Tabla 1.** Composición proximal (g kg<sup>-1</sup> en base a materia seca) de harina de subproductos avícolas (HSA) y harina de pescado (HP).

Composición proximal (g kg <sup>-1</sup> )	Ingredientes	
	HSA	HP
Proteína cruda	650	647
Grasa cruda	147	95
Cenizas	186	231

Los macro-ingredientes fueron pulverizados y tamizados para ser mezclados en el cortador/mezclador vertical hasta que se obtuvo una masa homogénea. Los micro-ingredientes se mezclaron para después ser incorporados a la masa junto con los ingredientes líquidos como lo son el aceite de pescado, sebo de res y gelatina, se mezclaron bien hasta lograr la textura deseada. Las dietas se pasaron por un extrusor en frío para hacer pasta (Rosito bisani™) para formar los pelets. Los cuales fueron

cortados al meter las tiras de alimento en un procesador de alimentos, durante 3 a 5 segundos. El alimento se secó en una estufa de aire forzado a 60°C hasta obtener un 6% de humedad.

**Tabla 2.** Ingredientes utilizados para las dietas experimentales con el fin de reemplazar la harina y aceite de pescado sustituyéndolos con harina de subproducto de ave y sebo de bovino con un extracto de algas. Dietas que se utilizaron para alimentar a juveniles de jurel, *Seriola dorsalis*, durante 48 días.

Ingredientes	TRATAMIENTOS			
	D1	D2	D3	D4
Harina de pescado <sup>a</sup>	21	14	7	0
Harina de ave (HSA) <sup>b</sup>	22	29.3	36.6	44
Feed 77 <sup>TM</sup> <sup>c</sup>	5	5	5	5
Soya 42% <sup>d</sup>	4	4	4	4
Proplex T <sup>TM</sup> <sup>e</sup>	4	4	4	4
Gelatina <sup>f</sup>	6	6	6	6
Gluten de maíz <sup>g</sup>	4	4	4	4
Rovimix <sup>h</sup>	2	2	2	2
Stay C <sup>i</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1
Taurina <sup>j</sup>	2	2	2	2
Sebo de res <sup>k</sup>	0	2.7	2.8	2.9
Almidón <sup>l</sup>	21.6	21	20.9	20.7
Lisina <sup>m</sup>	1	1	1	1
Metionina <sup>n</sup>	0.4	0.4	0.4	0.4
Nature-DHA <sup>o</sup>	1	2.80	4.40	4
Aceite de pescado <sup>p</sup>	6	1.8	0.9	0
Benzoato de sodio <sup>q</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2
Cloruro de colina <sup>q</sup>	0.09	0.09	0.09	0.09
Colesterol <sup>r</sup>	0	0.02	0.25	0.3

<sup>a</sup> de sardina proveniente de Ensenada; <sup>b</sup> Donada por la NARA (North America Renderers Association); <sup>c</sup> subproducto de levadura con 77% de proteína; <sup>d</sup> Soyatole con 42% de PC; <sup>e</sup> Subproducto de levadura, donado por ADM de México; <sup>f</sup> grado comercial con 85% de PC; <sup>g</sup> donado por INGREDION de México SA de CV con 65% de PC; <sup>h</sup> mezcla de vitaminas y minerales de DSM; <sup>i</sup> vitamina C de DSM; <sup>j</sup> proveniente de Insumos NUBIOT SA de CV, México; <sup>k</sup> donado por Grasas y Derivados de Tijuana; <sup>l</sup> Maicena; <sup>m</sup> donada por ADM; <sup>n</sup> proveniente de Future Foods <sup>o</sup> extracto de microalgas con 24% de DHA, donado por ADM; <sup>p</sup> de sardina, proveniente de Mazatlán; <sup>q</sup> Sigma Aldrich; <sup>r</sup> Donado por Mitsui, colesterol de lana de borrego.

**Tabla 3.** Composición proximal y perfil de aminoácidos teórico de las cuatro dietas experimentales utilizadas para alimentar a juveniles de jurel, *Seriola dorsalis*, durante 48 días.

Composición proximal (% de materia seca)	D1	D2	D3	D4
Proteína cruda (%)	45.37	45.32	45.31	45.30
Genizas (%)	2.5	2.6	2.7	2.7
Lípidos (%)	12.08	12.10	12.09	12.11
<b>Perfil de aminoácidos (%)</b>				
Metionina	0.94	0.91	0.88	0.84
Metionina+Cisteina	0.70	0.68	0.67	0.66
Cisteina	0.21	0.22	0.22	0.22
Lisina	2.55	2.58	2.59	2.61
Taurina	1.91	1.89	1.87	1.84
Treonina	1.06	1.04	1.02	1.00
Valina	1.28	1.25	1.21	1.17
Arginina	1.75	1.77	1.80	1.82
Triptófano	0.19	0.17	0.15	0.13
Isoleucina	1.03	1.00	0.96	0.93
Leucina	1.74	1.71	1.68	1.65
Fenilalanina	0.94	0.92	0.90	0.88
Tirosina	0.47	0.43	0.38	0.32

#### **4.2 Diseño experimental y prueba de alimentación**

Se prepararon 12 estanques de 500 L cada uno, conectados en un sistema de biofiltro, utilizando piedras aireadoras en cada uno de los estanques. Los peces (*Seriola dorsalis*) se distribuyeron aleatoriamente, 15 Jureles en cada estanque, con un peso de 218g  $\pm$ 3.68 Los jureles fueron obtenidos de un criadero comercial localizado en Eréndira Baja California. Fueron transportados por tierra a una distancia

de 80 km al laboratorio. Se aclimataron y alimentaron con una dieta comercial durante 2 semanas antes de iniciar el experimento. El diseño experimental se basó en pruebas por triplicado, partiendo de un control positivo el cual fue una dieta muy parecida a la comercial, con aceite y harina de pescado. En el resto de los tratamientos, se fue disminuyendo la cantidad de harina y aceite de pescado y aumentando la cantidad de HSA y suplementado con DHA y sebo de res hasta disminuir a cero los primeros factores y llegar a su punto máximo los suplementos.

Se seleccionaron los 12 estanques al azar en los cuatro grupos experimentales; el control y tres niveles de sustitución; la dieta control, la dieta “*fish free*” y dos dietas intermedias para ir disminuyendo y aumentando los ingredientes ya establecidos (Tabla 3).

Los niveles de oxígeno, salinidad y temperatura de los estanques se registraron a diario (YSI-55, YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA); mientras que los niveles totales de nitritos y amonio dos veces por semana (API test kits, Mars Fishcare Inc., Chalfont, PA, USA). La temperatura se mantuvo a 19 °C, salinidad a 34-35 ppt y el nivel de oxígeno a 6-8 mg  $L^{-1}$ .

**Tabla 4.** Distribución aleatoria de los tratamientos experimentales por estanque.

<b>Dieta</b>	<b>Estanques</b>
1 (control)	1, 4, 7
2 (bajo)	2, 8, 10
3 (medio)	6, 9, 12
4 (libre de pescado)	3, 5, 11

### **4.3 Mantenimiento del sistema**

Las condiciones que se tuvieron en el sistema fueron lo más parecidas posibles al medio natural en el que la especie vive. Para esto, el sistema se mantuvo con una temperatura, salinidad y oxígeno ideales. Para tal efecto se bomba de golpe de calor “heat shock pump” con la capacidad de calentar o enfriar. Esta estaba alimentando el reservorio para llevar el agua a los estanques. Los cuales a su vez están recubiertos con poliuretano para conservar la temperatura lo más constante posible. Los 12 estanques están conectados entre si, llevando el agua de salida de los estanques a un precipitador de sólidos y extracción de espuma. De ahí pasan a un biofiltro con partículas plásticas para servir de sustrato para las bacterias. En el biofiltro, se reducirán los desechos orgánicos (amonio, nitritos y nitratos) con el fin de mantener la calidad del agua constante. Los parámetros se evaluaron con la periodicidad que se indicó en el punto anterior.

El amonio y nitritos son compuestos que al estar presentes en el agua pueden debilitar a los peces y hacerlos más susceptibles a enfermedades, incluso, si las concentraciones son muy altas, pueden provocar la muerte. La determinación de la cantidad de estas sustancias en el agua se hizo con ayuda de un kit de análisis

basado en el método Nessler, el cual reacciona con el amoniaco, bajo condiciones alcalinas fuertes, para formar un complejo de color. Dichos kits miden la fuerza o debilidad de una presencia química de acuerdo con el grado de saturación de color. Es decir, si tiene un color pálido, la concentración química es baja, si el color es fuerte, entonces la concentración química es alta.

Para evitar el incremento de estas sustancias, en caso de que lo hubiera, se realizaron recambios de agua en el sistema. Además, para eliminar los sólidos, se realizaron retro-lavados en el biofiltro del sistema y limpieza directa en cada tanque mediante sifoneo.

El jurel bajo condiciones de cultivo es susceptible a la presencia de parásitos. Tales como *Zeuxapta seriolae*, monogéneo que se adhiere a las branquias del jurel y se alimenta de sangre, por lo que causa alteraciones en los parámetros sanguíneos. Además, una disfunción en la transferencia de gases, situación que los hace susceptibles a otros parásitos o incluso les ocasiona la muerte por asfixia. Ya que estos parásitos ponen sus huevecillos en partículas inertes, como las que contiene el biofiltro, y su ciclo de vida es de 14 días, se dieron tratamientos periódicos. El biofiltro fue tratado con Metronidazol (conocido antiparasitico), a razón de cada semana durante tres días consecutivos (dos paquetes de 30 tabletas de 500 mg), agregando un porcentaje a cada uno de los 12 estanques del sistema.

#### **4.4 Análisis químicos**

Todas las dietas experimentales, así como los tejidos se analizaron por triplicado para confirmar la composición proximal y bioquímica. La humedad y las cenizas se determinaron gravimétricamente secando muestras molidas a 60 °C durante 24 horas, mientras que las cenizas calcinando las muestras pre pesadas en

un horno de mufla a 550 °C durante 6 horas. La proteína cruda se determinó por el método de Kjeldahl (KJELDATHERM® / VAPODEST®) siguiendo la metodología proporcionada en el manual del equipo. En resumen, la muestra se digirió a alta temperatura con ácido sulfúrico, en presencia de un catalizador y antiespumante, para después ser destilada atrapando el nitrógeno en ácido bórico. Las muestras obtenidas, fueron tituladas utilizando un colorante (azul de metileno con rojo de metilo) de viraje a pH7. De ahí los moles de N obtenidos fueron multiplicados por un factor de 6.25 para obtener el valor de proteína cruda (AOAC, 1995). La grasa cruda se cuantificó gravimétricamente por arrastre según el método de Soxhlet usando éter de petróleo como disolvente. Ya secas las muestras se calculó por diferencia el contenido (AOAC, 1995).

#### **4.5 Crecimiento, y desempeño**

Después de seis semanas de alimentación (48 días), se contaron los peces y se pesaron por estanque para evaluar:

Tasa de crecimiento específico (TCE)

$$(1)TCE = \frac{\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial}}{\text{Días}} * 100$$

Coeficiente térmico de crecimiento (CTC)

Para calcular el coeficiente de crecimiento de unidades termales, se utilizó la siguiente fórmula con los datos obtenidos de las biometrías.

$$(2)CTC = 1000 * \frac{\text{Peso final}^{1/3} - \text{Peso inicial}^{1/3}}{\Sigma (\text{días} * ^\circ C)}$$

Ganancia de peso (GP)

$$(3) \%GP = \left[ \frac{(\text{Promedio peso final} - \text{Promedio peso inicial}) * 100}{\text{Promedio peso inicial}} \right]$$

Conversión alimenticia (CA)

$$(4) CA = \frac{\text{Promedio consumo de alimento}}{\text{Promedio aumento de peso}}$$

La tasa de eficiencia proteica (TEP) se calculó con la siguiente ecuación:

$$(5) TEP = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento consumido (g)} * \text{Proteína consumida}}$$

Los peces se manipularon con mucho cuidado para evitar el estrés excesivo. Además, se utilizó una solución de 2-fenoxi-etanol (0.5 ml L<sup>-1</sup>) como anestesia. Fueron sacrificados por hipotermia bajo el protocolo del laboratorio para evitar sufrimiento. Los peces fueron medidos y pesados para obtener los parámetros morfométricos:

Índice hepatosomático (IHS)

$$(6) IHS = 100 * \left( \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso corporal total}} \right)$$

Índice viserosomático (VSI)

$$(7) VSI = 100 * \left( \frac{\text{Peso de las vísceras}}{\text{Peso corporal total}} \right)$$

#### **4.6 Análisis estadísticos**

Las pruebas estadísticas fueron realizadas con el programa STATISTICA® (StatSoft, Inc. USA), utilizando una prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una

vía, con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ . En aquellos casos en que se encontraron diferencias significativas entre las medias se utilizó la prueba post hoc de Tukey.

## **5. Resultados**

Después de 48 días de alimentación, no se obtuvieron diferencias significativas, ni en el peso final, así como tampoco en la tasa de crecimiento (Tabla 5), o cualquier otro índice de crecimiento como TCE.

Sin embargo, la única diferencia encontrada fue en la longitud furcal final, mostró diferencias significativas, aunque éstas no mostraron una tendencia definitiva.

La tasa de crecimiento específico (TCE; Tabla 5) mostró una tendencia similar en donde, si bien los resultados no mostraron diferencias significativas, el tratamiento libre de pescado (D4) mostró un valor menor al D1 (control) y D3, ambos presentando un valor mayor e igual (2.28 y 2.21 %  $\cdot$  día).

En cuanto a la composición proximal del músculo del jurel (Tabla 6), no se observaron diferencias significativas, con valores entre 77 y 83% de proteína cruda, con un 5 a 6.7% de lípidos. Mientras que en el hígado se reportaron valores variables en el contenido de grasa, entre 8 y 2.6% (Tabla 7).

**Tabla 5.** Índices biológicos de Jureles alimentados con cuatro dietas distintas por 48 días (media  $\pm$  desviación estándar). Valores en la misma fila con superíndice distinto fueron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Índices biológicos	Tratamientos				p
	D1	D2	D3	D4	
Peso inicial (g)	14.51 $\pm$ 0.02	14.30 $\pm$ 0.14	14.77 $\pm$ 0.26	14.55 $\pm$ 0.18	0.122
Peso final (g)	43.48 $\pm$ 1.41	37.90 $\pm$ 2.17	42.88 $\pm$ 9.95	39 $\pm$ 1.82	0.065
Longitud furcal inicial (cm)	10.98 $\pm$ 0.09	10.82 $\pm$ 0.15	10.99 $\pm$ 0.10	10.92 $\pm$ 0.05	0.285
Longitud furcal final (cm)	15.42 $\pm$ 0.154 <sup>a</sup>	14.42 $\pm$ 0.174 <sup>b</sup>	14.99 $\pm$ 0.516 <sup>ab</sup>	14.83 $\pm$ 0.30 <sup>ab</sup>	0.031
TCE (% día <sup>-1</sup> )	2.28 $\pm$ 0.06	2.02 $\pm$ 0.13	2.21 $\pm$ 0.22	2.05 $\pm$ 0.11	0.170
CTC	10.07 $\pm$ 0.46	8.20 $\pm$ 0.80	9.77 $\pm$ 1.44	8.50 $\pm$ 0.67	0.096
Ganancia de peso (g)	28.96 $\pm$ 1.35	23.59 $\pm$ 2.32	28.10 $\pm$ 4.16	24.44 $\pm$ 1.92	0.096
Ganancia de peso (%)	200.94 $\pm$ 9.39	163.2 $\pm$ 16.79	191.4 $\pm$ 25.28	168.8 $\pm$ 15.27	0.087
Consumo de alimento	2.95 $\pm$ 0.11	3.09 $\pm$ 0.02	2.99 $\pm$ 0.10	2.95 $\pm$ 0.29	0.723
CA	1.39 $\pm$ 0.06	1.61 $\pm$ 0.08	1.45 $\pm$ 0.16	1.52 $\pm$ 0.10	0.177
IHS	2.23 $\pm$ 0.24	1.87 $\pm$ 0.44	1.89 $\pm$ 0.23	2.34 $\pm$ 0.72	0.510
IVS	17.10 $\pm$ 0.80	15.17 $\pm$ 2.01	15.73 $\pm$ 0.76	17.33 $\pm$ 3.79	0.596
CA	1.18 $\pm$ 0.02	1.26 $\pm$ 0.02	1.27 $\pm$ 0.02	1.19 $\pm$ 0.09	0.177
TEP	1.59 $\pm$ 0.07	1.37 $\pm$ 0.07	1.53 $\pm$ 0.18	1.46 $\pm$ 0.10	0.203

TCE=Tasa de crecimiento específico; CTC=Coefficiente térmico de crecimiento; CA=conversión alimenticia; IHS=índice hepatosomático; IVS: índice visceral; CA: factor de conversión alimenticia; TEP: tasa de eficiencia proteica.

**Tabla 6.** Composición proximal (%) del músculo de Jurel cola amarilla (*Seriola dorsalis*) en las 4 dietas.

Los valores representan la media  $\pm$  DE.

Tratamientos				
	D1	D2	D3	D4
Lípidos	5.0 $\pm$ 2.62	6.72 $\pm$ 0.10	6.48 $\pm$ 0.20	4.22 $\pm$ 0.24
Proteínas	76.95 $\pm$ 0.02	78.21 $\pm$ 1.35	78.62 $\pm$ 0.24	83.19 $\pm$ 00.83
Cenizas	7.36 $\pm$ 0.47	7.23 $\pm$ 0.25	6.06 $\pm$ 0.25	6.84 $\pm$ 0.34
Humedad	74.58 $\pm$ 0.30	74.85 $\pm$ 0.80	73.87 $\pm$ 2.65	69.47 $\pm$ 1.43

**Tabla 7.** Composición proximal (%) del hígado de Jurel cola amarilla (*Seriola dorsalis*) en las 4 dietas.

Los valores representan la media  $\pm$  DE.

Tratamientos				
	D1	D2	D3	D4
Lípidos	8.48 $\pm$ 5.69	2.62 $\pm$ 1.49	5.92 $\pm$ 0.03	3.28 $\pm$ 1.80
Cenizas	7.36 $\pm$ 0.49	7.25 $\pm$ 0.25	6.08 $\pm$ 0.25	6.84 $\pm$ 0.34
Humedad	69.45	70.84	71.28	72.44

\*Debido a la falta de muestra durante los análisis proximales de hígado no se pudo realizar muestreo por triplicado y por lo tanto no se realizó un ANOVA.

## 6. Discusión

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la sustitución parcial a total de la HP por HSA y una mezcla de DHA con sebo de res. Hoy en día existen un alto número de trabajos dentro de este tema, por considerar importante la eliminación de peces pelágicos como alimento para otros que no sea el humano (Booman et al., 2018; Monteiro et al., 2018). Como se mencionó en la introducción, la harina de pescado (HP) es actualmente una de las principales fuentes de proteínas de alto valor en los alimentos para peces (Fasakin et al., 2003; Tacon y Metian, 2008). Sin embargo, su disponibilidad es limitada debido a la sobrepesca, competencia con el humano (consumo directo) y al cambio climático. Esto último, es importante resaltar, ya que, si el humano consume sardina de manera directa, a través de la cadena alimenticia será mejor, a que éstas se utilicen para elaborar harina de pescado y ésta a su vez para utilizarla a elaborar alimentos para peces (Figueroa y Sánchez, 1994).

En el presente trabajo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Si bien la dieta control no fue formulada en su totalidad con harina de pescado, la dieta control consistió en un aporte por parte de la HP de 21% (correspondiendo al 50% de la proteína presente), con 6% de aceite de pescado, (AP), cantidades que fue disminuyendo proporcionalmente hasta el reemplazo total de ambas (14 y 1.8; 7 y 0.9; hasta 0.0 de ambas). En este trabajo se utilizó harina de subproducto ave HSA como reemplazo, harina que ha demostrado tener una alta digestibilidad (Castillo-López et al., 2016) y un buen aprovechamiento en retención de proteína (Mata-Sotres et al., 2018; Viana, et al., 2019). Sin embargo, Badillo et al. (2014), en un modelo de reemplazo total, utilizando a la *Totoaba macdonaldi*, reportó un desempeño malo, en donde incluso los peces, además de no incrementar su peso, observaron mortalidades. Dichos autores, concluyen que el bajo desempeño

mostrado, se debió en particular, a la falta de ácidos grasos esenciales provenientes del aceite y grasa de la harina de pescado. De tal manera que su conclusión era que la HSA es una buena fuente de nutrientes cuando se usa en un nivel de reemplazo de HP de hasta 67% en dietas que contienen 52% de proteína. El problema de reemplazar totalmente con HSA es su alto contenido de grasa, lo que dificulta la formulación de grasa. Es decir, que, si la HSA contiene entre 13 y 15% de grasa, ésta se puede usar hasta cierto punto topando la cantidad deseada de grasa, no dando espacio a otras fuentes de ácidos grasos.

Por lo anterior, en este trabajo se utilizaron otras fuentes proteicas de base, con un bajo contenido de grasa para así tener espacio para la formulación de grasa. De esta manera se utilizó Feed 77™, proplex T™ y harina de soya. Las dos primeras son subproductos de levadura y la soya consistiendo en pasta de soya con 42% de proteína. Dichas fuentes proteicas, junto con la gelatina (85% de proteína), utilizada como enlazante, se agregaron en una proporción baja para no alterar significativamente el efecto de la HSA vs HP. Por tanto, la grasa, o aceite de pescado, se reemplazó principalmente con sebo; agregando una fuente de ácidos grasos esenciales, como lo es, el DHA-Natur™. Mata-Sotres et al. (2018), demostraron que es factible reemplazar totalmente la grasa de pescado utilizando sebo y el DHA-Natur™ en dietas para la *T. macdonaldi*, sin obtener diferencias significativas. Dichos autores utilizaron harinas desengrasadas (HP y HSA) para evitar la presencia de cualquier ácido graso esencial proveniente de fuentes marinas, así como cualquier alteración en los ácidos grasos.

Otros trabajos referentes a la sustitución de HP, demuestran que la sustitución total de HP por HSA en la dieta comercial de la dorada (*Sparus aurata*), se puede lograr sin comprometer el rendimiento del crecimiento de los peces; así como su

bienestar y la calidad del filete. Incluso, se sugiere que la HSA podría considerarse como una materia prima sostenible y deseable para el alimento (Sabbagh et al., 2019). Otros estudios (Steffens, 2003), mostraron que la HSA es adecuada como un reemplazo parcial o completo en las dietas para la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), aunque la sustitución completa requirió de la suplementación de aminoácidos (lisina y metionina principalmente). Así mismo, lo recomiendan junto con la harina de plumas como aditivo para conformar un ingrediente adecuado y ahorrador de HP en las dietas (Psofakis et al., 2020).

En general, las HSA proveniente de los Estados Unidos, contienen ya un enriquecimiento con harina de pluma para estandarizar el perfil de aminoácidos (North America Renderers Association (NARA), personal communication; Liu et al., 1989). Este trabajo, utilizó precisamente este tipo de harina por lo que su aprovechamiento y digestibilidad debería estar asegurada de acuerdo con lo encontrado anteriormente (Castillo-López et al., 2016).

Otro aspecto para considerar es el contenido de taurina, un derivado de la metionina y/o cisteína encargado de la osmorregulación, formación de sales biliares entre otras cosas (Salze y Davis, 2015). Este derivado aminoacídico se encuentra de manera natural y en una alta concentración, en los organismos marinos, por estar expuestos al agua de mar con un alto grado de estrés osmótico (Sokolov y Sokolova, 2019). La síntesis de la taurina (Rodwell et al., 2018) se da gracias a dos rutas metabólicas, una, la más estudiada es a través de la conversión de la cisteína a ácido cisteinosulfínico el que posteriormente es convertido a ácido cisteico y finalmente es transformado en taurina por una descarboxilasa dependiente de ácido cisteico (enzima cisteinosulfínico descarboxilasa). Mientras que, en la otra ruta, el ácido cisteinosulfínico es convertido en hipotaurina y finalmente en la taurina (Cañas, 2002).

La mayoría de los organismos la sintetizan principalmente en hígado y cerebro en cantidades adecuadas. Sin embargo, en peces marinos se ha detectado esta deficiencia, indicando que su síntesis no es tan eficiente (Wang et al., 2014) por lo que se ha establecido como un nutriente esencial (Salze y Davis, 2015). Por tanto, al eliminar la HP, el cual es un ingrediente rico en taurina, puede crear una deficiencia cuyos síntomas incluyen un crecimiento y supervivencia reducidos, así como una mayor susceptibilidad a enfermedades (Salze y Davis, 2015). Razón por la que en este trabajo se agregó taurina a todas las dietas en un porcentaje fijo para evitar algún problema al sustituir la HP con HSA. Es importante establecer que una posible diferencia de taurina en las dietas debido al contenido de la HP en los distintos niveles, no sería de relevancia, según lo encontrado por diversos autores (Salze y Davis, 2015).

La hipótesis de este trabajo se planteó para obtener resultados similares con respecto al crecimiento entre las dietas control y experimentales. Hipótesis que se cumplió, ya que después de haber alimentado a los peces durante 48 días, no se observaron diferencias significativas en la tasa de crecimiento específica (TCE; % - día;  $P=0.170$ ) o tasa térmica de crecimiento (TTC;  $P=0.96$ ). Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas ( $P=0.031$ ) en la longitud furcal final, en donde el tratamiento D1 fue mayor al resto. Es importante notar que, si bien no hubo diferencias en peso, sería importante hacer una prueba a largo plazo para ver si se comportan de igual manera, o la diferencia entre tratamientos se acentúe a largo plazo.

El efecto en la diferencia en longitud no pudo haberse debido a un aprovechamiento deficiente por parte de la HSA, ni a la falta de algún nutriente (ácidos grasos o aminoácidos), considerando los valores teóricos calculados (Tabla 3). Sin

embargo, pudiera ser posible que las dietas con menor cantidad de HP hubieran resultado con menor palatabilidad.

La palatabilidad o gustocidad es la acción de ser atraído por el alimento e ingerirlo. Los peces pueden estar condicionados al consumo de partículas, pero si éstas no son apetecibles no las consumirán en mayor cantidad.

Es conocido que al reemplazar la HP es importante utilizar algún tipo de atrayentes en la dieta (Wang et al., 2020). Algo que no se llevó a cabo en el presente trabajo. La razón por la que no se hizo, fue porque pensamos que, al poner algún tipo de atrayente, como harina de krill o calamar, podríamos interferir en el objetivo de este trabajo. Sin embargo, para un trabajo futuro, se recomienda utilizar la dieta “fish-free” como base e ir agregando distintas proporciones de algún atrayente para estudiar su efecto en la ingestión, y, por ende, crecimiento y desempeño en general.

Por lo general, la ingestión suele medirse por diferencia entre el alimento dado y el remanente. Sin embargo, en el caso particular del jurel (*S. dorsalis*), presentan una actitud voraz para ingerir el alimento, a tal grado que, pasada la alimentación, regurgitan los pelets, los cuales de alguna manera van perdiendo estabilidad, dificultando su pesado para el cálculo de la ingestión. Debido a lo anterior, en el presente trabajo, se prefirió alimentar bajo un régimen estrictamente por porcentaje de su peso, dando lugar a incrementos en la alimentación con relación a su crecimiento.

Para futuros experimentos y continuar con este tipo de investigación, la dieta no es el único factor en el que debemos enfocarnos. Sino otros factores que se deben intentar controlar lo mejor posible como lo es la ingesta de los alimentos. Con un enfoque estrictamente en jurel (*S. dorsalis*). O bien, estudiar el efecto de atrayentes en donde la dieta “fish-free” este suplementada con atrayentes (Oikawa y March,

2011), como lo son, harina de calamar o kril en distintas proporciones para conocer el mínimo necesario que nos sirva para incrementar la ingestión. De esta manera, podremos saber si con una mayor ingestión, el crecimiento se favorece; al mismo tiempo es importante el enfocarnos en otro factor como lo es la luz del sol, ya que observamos que en algunos estanques que se encontraban más expuestos a la luz del sol, aumentaba su apetito.

## **7. Conclusiones**

Los resultados aquí obtenidos demuestran que si es posible sustituir la harina de pescado utilizando otras fuentes proteicas, como la harina de subproducto de ave.

De igual manera, el aceite de pescado puede ser fácilmente reemplazado utilizando sebo de bovino junto con una mezcla de DHA proveniente de las microalgas, al resultar una rica fuente de ácidos grasos (LC-PUFAs) para obtener un crecimiento similar al obtenido con harina y aceite de pescado.

## **8. Recomendaciones**

- Evitar que variables externas afecten el experimento como lo es que la luz del sol les pegue solo a ciertos estanques.
- Probar distintos atrayentes en el alimento tratando de incrementar el consumo del alimento.
- Encontrar una manera para medir con mayor precisión el consumo de alimento.

## 9. Bibliografía

- AOAC, 2015. *Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International*. vol. 1 AOAC International, Arlington, VA.
- Badillo, D., Lazo, J., Herzka, S. & Viana, M. (2014) *The effect of substituting fishmeal with poultry by-product meal in diets for *Totoaba macdonaldi* juveniles*. Consultado de <https://doi.org/10.1111/are.12636>
- Booman, M., Forster, I., Vederas, J.C., Groman, D.B., Jones, S. R. M., 2018. *Soybean meal-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) but not in pink salmon (*O. gorbuscha*)*. *Aquaculture* 483, 238-243.
- Castillo-López, E., Espinoza-Villegas, R. E. & Viana, M. T. (2016). *In vitro digestion comparison from fish and poultry by-product meals from simulated digestive process at different times of the Pacific Bluefin tuna, *Thunnus orientalis**. *Aquaculture* 458, 187-194.
- Cañas D, Patricio. (2002). *Rol biológico y nutricional de la taurina y sus derivados*. *Revista chilena de nutrición*, 29(3), 286-292. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182002000300003>
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. (2018). *Consume jurel, un pescado de gran nivel*. Consultado de <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/consume-jurel-un-pescado-de-gran-nivel?idiom=es>
- Fasakin, E.A., Balogun, A.M., Ajayi, O.O., 2003. *Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of Claid catfish, *Clarias gariepinus* fingerlings*. *Aquac. Res.* 34, 733–738.
- Figuroa, V. y Sánchez, M. (1994). *Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. FAO.

- Flachowsky, G. (2020). Book review (Wouter H. Hendriks, Martin W.A. Verstegen, László Babinszky. *Poultry and Pig Nutrition: Challenges of the 21st Century*. Animal Feed Science and Technology. 263, 114450. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114450.
- Hardy, R.H. y Barrows, F.T. (2003). Diet formulation and manufacture. Fish nutrition 3ed 506-600. Academic Press, New York, NY, USA
- Keramat, A.A., Shahsavary, M., y Hedayatifard, M. (2014). *Full Replacement of Fishmeal by Poultry by-Product Meal in Rainbow Trout, Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972) Diet. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 13. 1069-1081. 10.22092/IJFS.2018.114416.
- Limbu, S.M. (2020). *The effect of on-farm produced feeds on growth, survival, yield cost of juveniles African sharptooth catfish (Clarias gariepinus)*. Aquaculture and Fisheries. 5, 58-64. Doi: 10.1016/j.aff.2019.07.002.
- Liu, J.K., Waibel, P.E., Noll, S.L. (1989). *Nutritional evaluation of blood meal and feather meal for turkey*. Poultry Sci. 68, 523-527.
- Luna, M., Llorente, I., Cobo, A. (2019). *Integration of environmental sustainability and product quality criteria in the decision-making process for feeding strategies in seabream aquaculture companies*. Journal of Cleaner Production. 217, 691-701. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.248.
- Mata-Sotres, J. A., Tinajero-Chavez, A., Barreto-Curiel, F., Pares-Sierra, G., Del Rio-Zaragosa, O. B., Viana, M. T., & Rombenso, A. N. (2018). *DHA (22:6n-3) supplementation is valuable in Totoaba macdonaldi fish oil-free feeds containing poultry by-product meal and beef tallow*. Aquaculture 497, 440-451. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.08.015.

- Monteiro, M., Matos, E., Ramos, R., Capos, I., Valente, L. M. P., 2018. *A blend of land animal fats can replace up to 75% fish oil without affecting growth and nutrient utilization of European seabass*. *Aquaculture* 487 (2017), 22-31
- Nengas, I., Alexis, M., 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.
- NRC, 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shellfish*. National Academy Press, Washington D.C (376 pp.).
- Oikawa, C. K., March, B. E. (2011). *Communications: A method for assessment of the efficacy of feed attractants for fish*. American Fisheries Society.
- Opiyo, M.A., Marijani, E., Muendo, P., Odede, R., Leschen, W., Charo-Karisa, H. (2018). *A review of aquaculture production and health management practices of farmed fish in Kenya*. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 6, 141-148. Doi: 10.1016/j.ijvsm.2018.07.001
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura*. Consultado el 29 de marzo, 2020, de <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/niletilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Requerimientos nutricionales y Formulación y preparación de alimentos*. Consultado el 29 de marzo, 2020, de <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/requerimientos-nutricionales/es/>

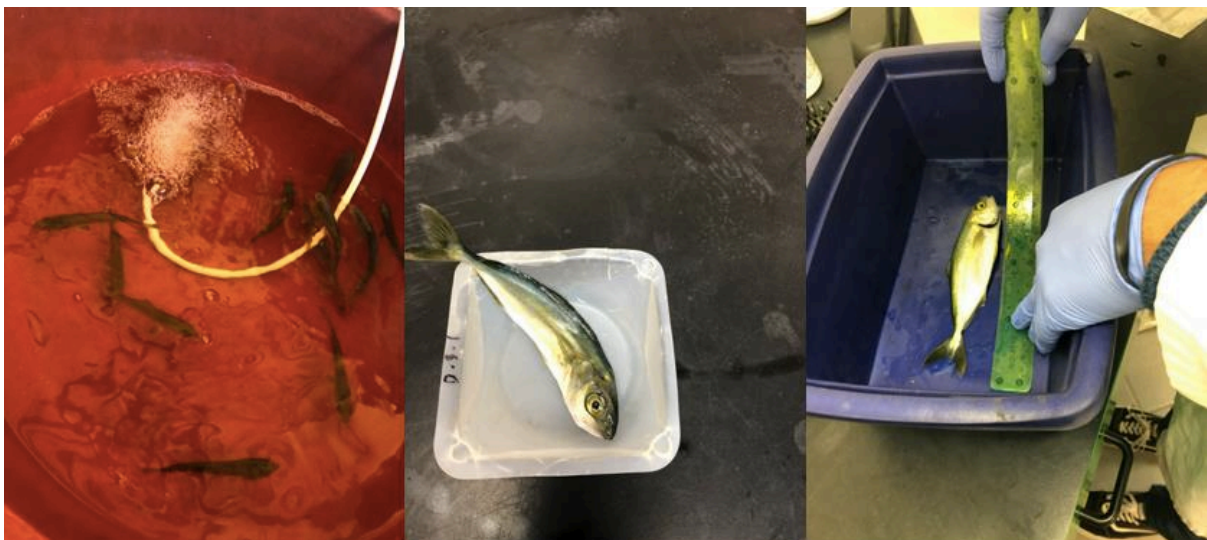
- Psafakis, P., Karapanagiotidis, I.T., Malandrakis, E.E., Golomazou, E., Exadactylos, A. y Mente, E. (2020). *Effect of fishmeal replacement by hydrolyzed feather meal on growth performance, proximate composition, digestive enzyme activity, haematological parameters and growth-related gene expression of gilthead seabream (Sparus aurata)*. *Aquaculture*. 521. 735006. 10.1016/j.aquaculture.2020.735006.
- Rodwell, V.W., Bender, D.A., Botham, K.M., Kennelly, P.J., Weil, P.A. (2018). *Harper's Illustrated Biochemistry*, 31e. McGraw-Hill Medical, ISBN 1043-9811.
- 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*.
- SAGARPA. (2011). *Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables*.
- Salze, G.P., Davis, D.A., 2015. *Taurine: a critical nutrient for future fish feeds*. *Aquaculture* 437, 215–229.
- Sokolov, E.P., Sokolova, I.M. (2019). *Compatible osmolyte modulate mitochondrial function in marine osmoconformer Crassostrea gigas (Thunberg, 1793)*. *Mitochondrion*. 45, 29-37. Doi: 10.1016/j.mito.2018.02.002.
- Steffens, W. (2003). *Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*
- Tacon, A.G.J. y Metian, M. (2008) *Global Overview on the Use of Fish Meal and Fish Oil in Industrially Compounded Aquafeeds: Trends and Future Prospects*. *Aquaculture*, 285, 146-158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>

- Viana, M. T., Rombenso, A. N., Rio-Zaragoza, O. B., Nomura, M., Díaz-Argüello, R. & Mata-Sotres, J. A. (2019). *Intestinal impairment of the California yellowtail, *Seriola dorsalis*, using soybean meal in the diet*. *Aquaculture*.
- Wang, Q., He, G., Wang, X., Mai, K., Xu, W., Zhou, H. (2014). *Dietary sulfur amino acid modulations of taurine biosynthesis in juvenile turbot (*Psetta maxima*)*. *Aquaculture*, 422-423, 141-145. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.12.014.

## Anexos



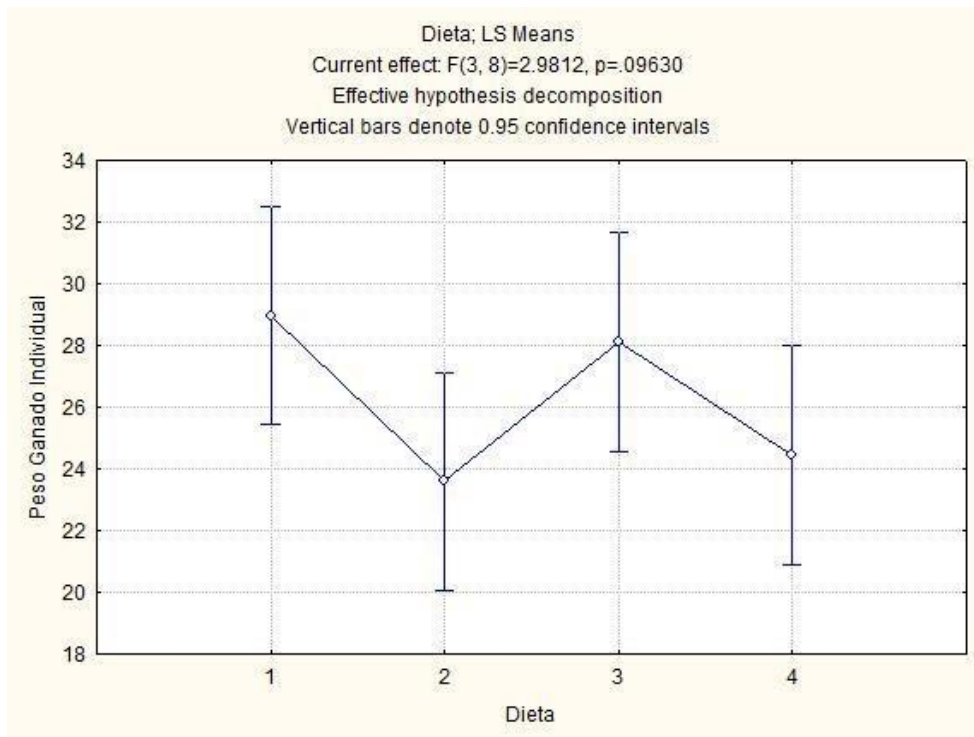
*Fig 1. Preparación de alimento, etiquetado de frascos y almacenamiento de las dietas para uso posterior.*



*Fig 2. Biometría parcial y final*



**Fig 2.** Toma de muestras de músculo y vísceras de cada tratamiento



**Figura 3.** Peso ganado individual de *Seriola dorsalis* alimentado con cuatro dietas con distintas concentraciones de HP, HSA y AP.