

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO



LICENCIATURA EN BIOINGNIERIA

**EFFECTO EN LA SUSTITUCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO
EN DIETAS PARA EL JUREL *Seriola dorsalis***

Alumno

GUILLERMO RENE PAREDES GUTIERREZ

Director:

Dr. José Antonio Mata Sotres

Ensenada, Baja California, abril de 202

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

EFFECTO EN LA SUSTITUCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO EN DIETAS PARA
EL JUREL *SERIOLA DORSALIS*

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIOINGENIERO

PRESENTA:

GUILLERMO RENE PAREDES GUTIERREZ

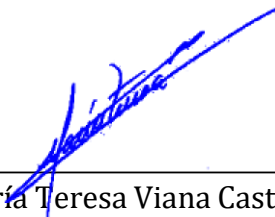
Aprobada por:



Dr. José Antonio Mata Sotres
Director



Dr. Rubén Cesar Villarreal Sánchez
Codirector



Dra. María Teresa Viana Castrillón
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis el Dr. José Antonio Mata Sotres, por todo el apoyo brindado y ayuda en el transcurso del proyecto.

A mi sinodal, Dra. María Teresa Viana Castrillón, por aceptarnos como practicantes y por el apoyo y conocimiento brindado.

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

A mi familia, en especial a mis padres, por la educación, el amor y el apoyo incondicional que me han brindado.

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, apoyo y trabajo en equipo brindado.

A Andrea, por la contribución y por ser mi compañera de tesis, gracias por todo el apoyo, por siempre avanzar a mi lado y motivarme a cada paso.

RESUMEN de la tesis que presenta Guillermo Rene Paredes Gutiérrez como requisito parcia para la obtención el grado de Licenciado en Bioingeniería.

“Efecto en la sustitución de harina y aceite de pescado en dietas para el jurel
Seriola dorsalis”

Resumen aprobado por:

Dr. José Antonio Mata Sotres
Director de Tesis

El objetivo de la presente tesis fue evaluar el efecto del reemplazo parcial a total de la harina y el aceite de pescado en las dietas para el Jurel, *Seriola dorsalis*, con el fin de contar con dietas sostenibles libres de pescado. Cuatro dietas isoprotéicas (45%) e isolipídicas (12%) fueron preparadas. La dieta control tenía 21% de harina de pescado y 6% de aceite de pescado, los cuales fueron reemplazados gradualmente hasta eliminarlos por completo usando harina de subproductos de ave, así como una mezcla de sebo de res con extracto de microalgas rico en EPA y DHA. 180 juveniles de jurel (14.53 ± 0.19 g) se distribuyeron aleatoriamente en 12 estanques de 500 L (con tres repeticiones por dieta). Los peces fueron alimentados durante 48 días, con una ración diaria equivalente al 10% de su peso, dividido en tres alimentaciones 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 con relación al peso. Sin embargo, el único tratamiento que presentó una reducción significativa en el crecimiento ($p < 0.05$), fue el que tenía los menores niveles de sustitución (D2), sin haber diferencias entre el Control (D1) y los demás tratamientos (D3 y D4). Por tanto, se concluye que la harina de ave junto con una mezcla de sebo bobino suplementado con DHA en concentraciones indicadas, pueden llegar a sustituir el uso de harina y aceite de pescado en dietas para el jurel, *Seriola dorsalis*.

Este fue un trabajo realizado en conjunto con Andrea Zulema Manríquez Patiño dentro de un programa de la UABC como Proyecto de Vinculación.

Palabras Clave: Harina de Ave, Sebo bovino, DHA, *Seriola dorsalis*.

ABSTRACT of the thesis presented by Guillermo Rene Paredes Gutiérrez as a partial requirement to obtain the Bachelor of Bioengineering degree.

"Effect on the substitution of fishmeal and fish oil in diets for the California yellowtail
Seriola dorsalis"

Abstract approved by:

Dr. José Antonio Mata Sotres
Thesis director

The thesis's aim was to evaluate the effect of partial to total replacement of fishmeal and fish oil in diets for California yellowtail, *Seriola dorsalis*, in order to have sustainable fish-free diets. Four isoproteic (45%) and isolipidic (12%) diets were prepared. The control diet had 21% fishmeal and 6% fish oil, which were gradually replaced until eliminated using poultry by-product meal and a mixture of beef tallow with DHA extract. 180 juvenile *Seriola* (14.53 ± 0.19 g) were randomly distributed in 12 ponds (500 L each), with three repetitions per diet. The fish were fed for 48, with a daily ration equivalent to 10% of their weight, divided into three rations per day. Fish were weighed and measured at the beginning and end of the experiment to assess their performance. At the end of the experimental period, no significant differences were observed concerning weight. However, the only treatment that presented a significant reduction in growth ($p < 0.05$) was the one with the lowest levels of substitution (D2), with no differences between Control (D1) and the other treatments (D3 and D4). Therefore, in this thesis, it is concluded that poultry by-product meal, together with a mixture of bovine tallow supplemented with DHA in indicated concentrations, could replace fishmeal and fish oil in diets of California yellowtail, *Seriola dorsalis*.

This was a work carried out together with Andrea Zulema Manriquez Patiño within a UABC program as a Linking Project.

Keywords: poultry meal, bovine tallow, DHA, *Seriola dorsalis*.

1	ÍNDICE GENERAL	
2	Introducción	1
3	Hipótesis	6
4	Objetivo general	6
	4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	6
5	Materiales y Métodos	7
	5.1 FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	7
	5.2 Análisis proximales	9
	5.3 Diseño experimental y prueba de alimentación	11
	5.4 Mantenimiento del sistema	13
	5.5 Crecimiento, recolección de muestras y análisis	14
6	Evaluación de desempeño	15
	6.1 COEFICIENTE TÉRMICO DE CRECIMIENTO	15
	6.2 TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA	15
	6.3 TASA DE EFICIENCIA PROTEICA	15
	6.4 TASA ESPECÍFICA DE CRECIMIENTO	15
7	Análisis estadísticos	16
8	Resultados	17
9	Discusión	21
10	Conclusiones	26
11	Recomendaciones	26
12	Bibliografía	27
13	ANEXOS	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición proximal (g kg^{-1}) en base a materia seca) de harina de subproductos avícolas (HSA) y harina de pescado (HP).	7
Cuadro 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, <i>Seriola dorsalis</i> , durante 48 días.	8
Cuadro 3. Composición proximal y perfil de aminoácidos teórico de las cuatro dietas experimentales utilizadas para alimentar a juveniles de jurel, <i>Seriola dorsalis</i> , durante 48 días.	11
Cuadro 4. Distribucion aleatoria de los tratamientos experimentales por estanque. 12	
Cuadro 5. Índices biológicos de Jureles alimentados con cuatro dietas experimentales por 48 días (media \pm desviación estándar). Valores en la misma fila con superíndice distinto fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$).	18
Cuadro 6. Composición proximal (%) del musculo de Jurel (<i>Seriola dorsalis</i>) tras 48 días de experimento alimentados con cuatro dietas experimentales. Los valores representan la media \pm desviación estándar.	19
Cuadro 7. Composición proximal (%) del hígado de Jurel (<i>Seriola dorsalis</i>) tras 48 días de experimento alimentados con cuatro dietas experimentales. Los valores representan la media \pm desviación estándar.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Jurel (<i>Seriola dorsalis</i>).....	4
Figura 2. Distribución del Jurel, <i>S. dorsalis</i>	5

2 Introducción

La alimentación de cualquier organismo de cultivo requiere que sus necesidades estén cubiertas, tanto para cubrir sus demandas energéticas, como lograr un buen crecimiento. De tal manera que al alcanzar la talla comercial contemos con un producto de calidad con un nivel óptimo de nutrientes para el consumo por el humano. Actualmente las dietas comerciales (formuladas) son buenas para lograr dicha tarea. Sin embargo, el alimento se importa del extranjero, lo cual pudiera indicar una baja credibilidad en la calidad de las dietas producidas en México (SAGARPA, 2011).

De acuerdo con el Consejo Nacional de fabricantes de alimentos balanceados (CONAFAB), México es el sexto productor mundial de alimentos formulados (CONAFAB, 2020). Lo que indica que México es una potencia en la producción de alimentos. Lo cual desestima cualquier duda sobre la calidad de esta producción. Sin embargo, es importante llevar a cabo investigación sobre los requerimientos en el país que resulte en la credibilidad de las formulaciones hechas bajo nuestras condiciones específicas, debido a que los requerimientos y los ingredientes utilizados en las formulaciones varían regionalmente (FAO, 2020).

El alimento comercial importado, actualmente se elabora a partir de una alta variedad de ingredientes y suplementos, donde podemos encontrar harina y aceite de pescado, los cuales tienen precios bastante elevados, aunque son ingredientes considerados como esenciales. Es decir, de no ofrecerse en la dieta en una proporción adecuada, el crecimiento de los organismos, en este caso el jurel, se puede ver comprometido resultando en un bajo crecimiento o malas condiciones de salud. Al realizar las actividades de formulación y fabricación de alimentos que

satisfagan las necesidades nutricionales de un animal debemos resaltar la importancia tanto de las características de molienda de las mezclas como también el su contenido nutricional (FAO, 2020).

La harina de pescado (HP) es 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 el 50% o más de la inversión total para su producción. 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 su costo.

La causa de preferencia a la harina de pescado sobre otras fuentes proteicas, es por poseer un perfil nutritivo ideal para la mayoría de las especies acuáticas. Con proteína de alta digestibilidad y un perfil de ácidos grasos esenciales único, que no puede ser reemplazado directamente 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. Sin embargo, dependiendo del cultivo y costos, esta se ha ido descartando de la mayoría de las especies domésticas (cerdos y aves, principalmente) (Figuroa et al., 2019). Por lo que hoy en día una gran parte de la harina y aceite se utiliza en acuicultura. Aun así, la disponibilidad de éstas es reducida, por lo anteriormente expuesto, resultando primordialmente en la necesidad de su sustitución. En las últimas décadas se han

realizado un gran número de estudios para encontrar otras fuentes de proteína que puedan ser utilizadas como alimento en los cultivos acuícolas. Estudios que 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) como de fuentes animales como la harina de sangre (HS), harina de carne y huesos (HCH) y harina de subproducto de ave (HSA), dichas fuentes tienen un alto potencial para remplazar 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, indican que no hay alguna disminución significativa en el crecimiento de los peces (Sabbagh et al., 2019). De hecho, el HSA podría reemplazar el 75% de HP en la dieta de juveniles de dorada (*Sparus aurata*) sin suplementar aminoácidos (Nengas et al., 1999). Un estudio reciente de Karapanagiotidis et al. (2020), demostró que el 50% de la HP puede ser reemplazada por HSA sin comprometer el rendimiento del crecimiento, la utilización del alimento y la composición proximal en *S. aurata*.

Por tanto, en la presente tesis se analizó el efecto de la sustitución de HP por HSA sobre la composición bioquímica del organismo, y su desempeño en crecimiento y rendimiento, con el objetivo de desarrollar dietas sostenibles para el jurel *S. dorsalis*.

El Jurel se agrupa en la clase Actinopterygii, orden Perciformes y familia Carangidae. Se caracteriza por presentar una aleta anal precedida por dos espinas distintas, un pedúnculo caudal delgado, una aleta caudal profundamente furcada y escamas en la línea lateral, la coloración de sus aletas dorsales oscuro con una banda submarginal amarillenta, aletas pectorales y pélvicas amarillas negruzcas (Avilés y Castelló, 2004).

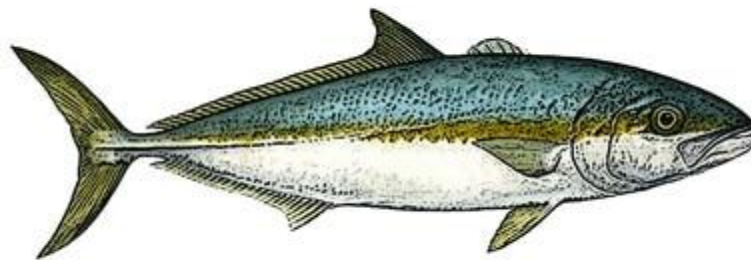


Figura 1. Jurel (*Seriola dorsalis*)

Dado sus características de rápido crecimiento, excelente eficiencia alimenticia, calidad de su carne y facilidad para adaptarse al cautiverio, hacen que el cultivo de esta especie sea considerado atractivo e interesante para la industria acuícola nacional (Medrano, 2014).

El jurel (*Seriola dorsalis*) es un pez llamado azul por su músculo graso. El jurel 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 Acuicultura y Pesca, 2018). Debido a que su carne es muy nutritiva y contiene todo lo necesario para mantener una salud óptima, sobre todo por el perfil

de ácidos grasos, la producción de jurel en México juega un papel importante como una opción alimentaria ideal para la población. Por lo que se estima sea una alternativa viable para su cultivo, y así mantener un suministro de jurel, tanto a través de la pesca como de cultivos acuícolas. Lo anterior mandata que los estudios de nutrición sean de vital importancia para producir peces con la mejor calidad posible, incluso que la de sus similares silvestres. En donde el conocer sus requerimientos nutricionales óptimos, es crucial, y así, enfocarnos en mantener el crecimiento de los cultivos en los mejores niveles.

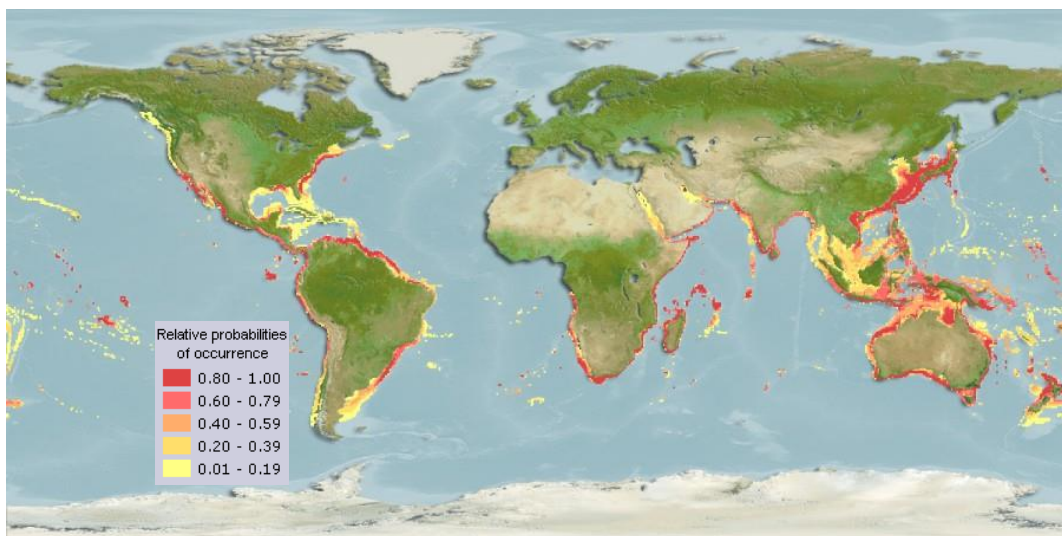


Figura 2. Distribución del Jurel, *S. dorsalis*

3 Hipótesis

La sustitución de harina y aceite de pescado en las dietas formuladas para el jurel, *S. dorsalis*, por fuentes alternativas como harina de ave y una mezcla de sebo bobino enriquecido con DHA no afectará el desempeño final en peso y talla, lo que permitirá el desarrollo de alimentos libres de fuentes marinas.

4 Objetivo general

Evaluar el desempeño del jurel *S. dorsalis* a partir de dietas con distintos niveles de sustitución de la harina de pescado (parcial a total), utilizando harina de ave y sebo de bovino con extracto de DHA de microalgas.

4.1 Objetivos específicos

- Formular y elaborar dietas libres de harina y aceite de pescado para juveniles de jurel *S. dorsalis*
- Determinar los niveles de lípidos, proteínas, humedad y cenizas de las diferentes dietas experimentales.
- Evaluar el desempeño final en talla y peso para juveniles de jurel *S. dorsalis*
- Evaluar la composición proximal presente en los hígados de los organismos sometidos a diferentes tratamientos

5 Materiales y Métodos

5.1 Formulación y elaboración de las dietas experimentales

Se formularon cuatro dietas distintas, basadas en formulaciones previamente reportadas por Mata-Sotres et al. (2018) y que mostraron un crecimiento adecuado. Se realizaron los análisis proximales correspondientes a la Harina de subproducto de Ave (HSA) y a la Harina de Pescado (HP) (Cuadro 1) para hacer las formulaciones teóricas.

Cuadro 1. Composición proximal ($g\ kg^{-1}$ en base a materia seca) de harina de subproductos avícolas (HSA) y harina de pescado (HP).

Composición proximal ($g\ kg^{-1}$)	Ingredientes	
	HSA	HP
Proteína cruda	650	647
Grasa cruda	147	95
Cenizas	186	231

Con relación a la formulación, el porcentaje de HSA fue aumentando mientras que los porcentajes de harina de pescado fueron disminuyendo. De igual manera, el aceite de pescado fue disminuyendo conforme se aumentaba la proporción de sebo de bovino y extracto de DHA. Las dietas se formularon para contener 45% de proteína cruda (CP) y 12% de lípidos crudos (CL) (Cuadro 2).

Cuadro 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 (HP) ¹	21	14	7	0
Harina de ave (HSA) ²	22	29.3	36.6	44
Feed 77 ^{TM3}	5	5	5	5
Soya 42% ⁴	4	4	4	4
Proplex T ^{TM5}	4	4	4	4
Gelatina ⁶	6	6	6	6
Gluten de maíz ⁷	4	4	4	4
Rovimix ⁸	2	2	2	2
Stay C ⁹	0.1	0.1	0.1	0.1
Taurina ¹⁰	2	2	2	2
Sebo ¹¹	0	2.7	2.8	2.9
Almidón ¹²	21.6	21	20.9	20.7
Lisina ¹³	1	1	1	1
Metionina ¹⁴	0.4	0.4	0.4	0.4
Nature-DHA ⁵	1	2.80	4.40	4
Aceite de pescado ¹⁵	6	1.8	0.9	0
Benzoato de sodio ¹⁶	0.2	0.2	0.2	0.2
Cloruro de colina ¹⁷	0.09	0.09	0.09	0.09
Colesterol ¹⁸	0	0.02	0.25	0.3

1 de sardina proveniente de Ensenada; 2 Donada por la NARA (North America Renderers Association); 3 subproducto de levadura con 77% de proteína; 4 Soyatole con 42% de PC; 5 Subproducto de levadura, donado por ADM de México; 6 grado comercial con 85% de PC; 7 donado por INGREDION de México SA de CV con 65% de PC; 8 mezcla de vitaminas y minerales de DSM; 9 vitamina C de DSM; 10 proveniente de Insumos NUBIOT SA de CV, México; 11 donado por Grasas y Derivados de Tijuana; 12 Maicena; 13 donada por ADM; 14 proveniente de Future Foods; 15 extracto de microalgas con 24% de DHA, donado por ADM; 16 de sardina, proveniente de Mazatlán; 17 Sigma Aldrich; 18 Donado por Mitsui, colesterol de lana de borrego.

Las dietas experimentales fueron elaboradas en el Laboratorio de Nutrición y Fisiología Digestiva de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) (laboratorio LINDEAACUA).

Los macro ingredientes se pulverizaron en un pulverizador IMIMEX SA de CV con una criba de 800 micrones. Posteriormente se tamizaron a 500 micrones utilizando un tamiz centrífugo KEMUTEK, Inc, USA. Posteriormente se mezclaron en un cortador/mezclador vertical ROBOTCOUPE xxxxx. El almidón y la gelatina se hidrataron y cocieron individualmente (sin llegar al 50% de humedad del total de los macroingredientes), y se agregaron con el resto mezclándolos hasta obtener una masa homogénea. Los micro ingredientes se mezclaron al mismo tiempo que se agregaron los líquidos (almidón, gelatina y grasa). Se mezclaron bien hasta lograr la textura deseada. Las dietas se pasaron a través de un molino de carne tipo comercial (Tor-O-Rey con motor de 5HP) y se secaron a temperatura ambiente hasta que se alcanzó >90% de humedad.

5.2 Análisis proximales

Todas las dietas experimentales y tejidos de los peces, se analizaron por triplicado para confirmar la composición proximal. 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 y la cantidad de estimó por diferencia. La proteína cruda se determinó por el método de Kjeldahl (KJELDATHERM® / VAPODEST®) siguiendo la metodología proporcionada en el manual del equipo, que en resumen, la muestra se digirió a alta temperatura con ácido sulfúrico, para después ser destilada atrapando

el nitrógeno en ácido bórico, para después ser titulada utilizando un colorante de viraje a pH7. De ahí los moles de N obtenidos son multiplicados por 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) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición proximal y perfil de aminoácidos de las cuatro dietas experimentales utilizadas para alimentar a juveniles de jurel, *Seriola dorsalis*, durante 48 días. El perfil de aminoácidos se calculó teóricamente, de acuerdo al contenido de aminoácidos de sus fuentes.

Composición proximal (% de materia seca)	D1	D2	D3	D4
Proteína cruda (%)	45.37	45.32	45.31	45.30
Cenizas (%)	2.5	2.6	2.7	2.7
Lípidos (%)	12.08	12.10	12.09	12.11
Perfil de aminoácidos (%)				
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	2.01	2.06	2.13	2.19
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

5.3 Diseño experimental y prueba de alimentación

Los jureles fueron obtenidos de un criadero comercial (Maricultivos Baja Sel SA De Cv) 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. Nuestro diseño experimental se basó en pruebas por

triplicado, partiendo de un control o dieta de referencia formulada con aceite y harina de pescado, las cuales se fueron disminuyendo hasta su totalidad. Mientras que HSA y sebo suplementado con una fuente comercial de DHA (DHA-NATUR™ de ADM México) se fueron agregando para no alterar la composición proximal.

Para la fase experimental, se prepararon 12 estanques de 500 L cada uno, conectados en un sistema de recirculación conformado por un biofiltro, espumador de proteínas y filtro UV, utilizando piedras aireadoras en cada uno de los estanques. Los jureles se distribuyeron aleatoriamente, 15 Jureles en cada estanque, con un promedio total en peso de entre 212-225 g. Posteriormente, se dividieron los 12 tanques al azar en grupos de 3, para alimentarlos con las dietas que se prepararon, la dieta control, la dieta “*fish free*” y dos dietas intermedias para ir disminuyendo y aumentando los ingredientes ya establecidos (Cuadro 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 ppm y el nivel de oxígeno a 6-8 mg L⁻¹.

Cuadro 4. Distribucion aleatoria de los tratamientos experimentales por estanque

Dieta	Estanques
1	1, 4, 7
2	2, 8, 10
3	6, 9, 12
4	3, 5, 11

5.4 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 utilizó un termómetro, refractómetro y oxímetro respectivamente.

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 utilizando una paleta de colores. Es decir, si tiene un color claro, la concentración química es baja, si el color es oscuro, entonces la concentración química es alta.

Para evitar el incremento de estas sustancias se realizaron recambios de agua en el sistema en caso de obtener niveles altos. Además de hacer retro-lavados en el biofiltro del sistema y limpieza directa en cada tanque mediante sifoneo.

El jurel bajo condiciones de cultivo es susceptible a presencia de parásitos como *Zeuxapta seriolae*. Este monogéneo se adhiere a las branquias del jurel y se alimenta de sangre, por lo que causa alteraciones en los parámetros sanguíneos y una disfunción en la transferencia de gases, situación que los hace susceptibles a otros parásitos o incluso les ocasiona la muerte. Dicho parásito aloja sus huevecillos en el

biofiltro, por lo que para evitarlo, el biofiltro fue tratado con Metronidazol (conocido anti parasitocida), 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.

5.5 Crecimiento, recolección de muestras y análisis

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

$$\%Aumento\ de\ peso = \left[\frac{(Promedio\ peso\ final - Promedio\ peso\ inicial) * 100}{Promedio\ peso\ inicial} \right] \quad (1)$$

$$FCR\ (Feed\ Conversion\ ratio) = \frac{Promedio\ consumo\ de\ alimento}{Promedio\ aumento\ de\ peso} \quad (2)$$

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⁻¹) como anestesia. Fueron sacrificados bajo el protocolo del laboratorio para evitar sufrimiento por hipotermia. Los peces fueron medidos y pesados para obtener los parámetros morfométricos:

$$HSI = 100 * \left(\frac{Peso\ del\ hígado}{Peso\ corporal\ total} \right) \quad (3)$$

$$VSI = 100 * \left(\frac{Peso\ de\ las\ vísceras}{Peso\ corporal\ total} \right) \quad (3)$$

6 Evaluación de desempeño

6.1 Coeficiente térmico de crecimiento

Para calcular el coeficiente térmico de crecimiento (TCG), se utilizó la siguiente fórmula con los datos obtenidos de las biometrías.

$$TCG = \frac{Pf^{\frac{1}{3}} - Pi^{\frac{1}{3}}}{T * D} * 100 \quad (5)$$

Donde:

Pf: Peso final

Pi; Peso inicial

T: Temperatura en grados Celsius (°C)

D: Días transcurridos del experimento

6.2 Tasa de conversión alimenticia

Se calculó la tasa de conversión alimenticia (TCA) para cada tratamiento con la siguiente ecuación:

$$TCA = \frac{\text{Alimento consumido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}} \quad (6)$$

6.3 Tasa de eficiencia proteica

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

$$TEP = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento consumido (g)} * \text{Proteína consumida}} \quad (7)$$

6.4 Tasa específica de crecimiento

$$TCE = \frac{\ln Pf - \ln Pi}{\text{Tiempo (días)}} * 100 \quad (8)$$

Donde:

lnPf: logaritmo natural del peso final.

lnPi: logaritmo natural del peso inicial.

7 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.

8 Resultados

Después de 48 días de alimentación, no se obtuvieron diferencias significativas, en relación al peso final ($p = 0.065$) ni a la ganancia en peso % ($p=0.087$), en donde D1 presentó un mayor peso final 43.5 ± 1.4 (g) con su respectiva ganancia en peso, con un 200% de incremento. Mientras que D2, fue la dieta que presentó un incremento menor con un peso final de 37.9 ± 2.2 g y una ganancia en peso de 163.2 ± 16.8 %. Sin embargo, la única diferencia significativa encontrada fue en la longitud total final ($p < 0.05$), en donde D2 (14.4 ± 0.18 cm) presentó un crecimiento significativamente menor que D1 (15.4 ± 0.15 cm), mientras que D3 y D4 no mostraron diferencia en comparación con los demás tratamientos (15.0 ± 0.5 y 14.8 ± 0.3 cm, respectivamente; Cuadro 5).

Además, la tasa de crecimiento específico (TCE); mostró una tendencia similar en donde, si bien los resultados no mostraron diferencias significativas ($p = 0.170$), el tratamiento libre de pescado (D4, 2.05 ± 0.11) mostró un valor menor a los tratamientos Control (D1) y D3 (2.3 y 2.2 $\%^{-1}$ día, respectivamente; Cuadro 5).

Por otro lado, el consumo de alimento fue similar entre los tratamientos ($p=0.73$), en donde D2 presentó el valor más alto (3.09 ± 0.02), mientras que D1, D3 y D4 mostraron valores menores, aunque similares entre ellos (3.0 ± 0.1 , 3.0 ± 0.1 y 3.0 ± 0.3 , respectivamente; Cuadro 5).

Con relación a los índices de condición, pese a que no se encontraron diferencias significativas para el índice hepatosomático (HSI, $p=0.510$) e índice

viscerosomático (VSI, $p=0.596$), los valores mayores fueron obtenidos de la dieta libre de harina y aceite de pescado (D4), con valores de 2.3 ± 0.7 para IHS y de 8.7 ± 1.9 para IVS. Mientras que los valores menores fueron obtenidos en D1 con valores de 1.9 ± 0.4 y 7.6 ± 1.0 para IHS e IVS, respectivamente (Cuadro 5).

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

Índices	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 total 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 total final (cm)	15.42 \pm 0.154a	14.42 \pm 0.174b	14.99 \pm 0.516ab	14.83 \pm 0.30ab	0.031
TCE (% día ⁻¹)	2.28 \pm 0.06	2.02 \pm 0.13	2.21 \pm 0.22	2.05 \pm 0.11	0.170
TGC	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
Ingestión	2.95 \pm 0.11	3.09 \pm 0.02	2.99 \pm 0.10	2.95 \pm 0.29	0.723
TCA	1.39 \pm 0.06	1.61 \pm 0.08	1.45 \pm 0.16	1.52 \pm 0.10	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
CF	1.18 \pm 0.02	1.26 \pm 0.02	1.27 \pm 0.02	1.19 \pm 0.09	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	8.55 \pm 0.40	7.58 \pm 1.00	7.87 \pm 0.38	8.66 \pm 1.89	0.596

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

Con relación a la composición proximal (%) del músculo del jurel, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el contenido de lípidos entre los tratamientos. En donde la mayor cantidad de lípidos se obtuvo con el D2 (6.72 ± 0.10), contrastando con la menor cantidad de lípidos encontrada en D4 (4.2 ± 0.2) (Cuadro 6).

En relación con el contenido de proteínas, se observa una diferencia significativa ($p < 0.05$) con una tendencia a aumentar conforme se redujo el contenido de harina de pescado en las dietas, con valores de 77.0 ± 0.02 (D1), 78.2 ± 1.4 (D2), 78.6 ± 0.2 (D3) y 83.2 ± 0.8 (D4) (Cuadro 6). Para las Cenizas, el único tratamiento que presentó un contenido significativamente menor ($p < 0.05$) fue para D3 (6.1 ± 0.3^b). Del mismo modo, la única diferencia significativamente menor ($p < 0.05$) fue en Humedad registrada para el caso de D4 (69.5 ± 1.4) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Composición proximal (%) del músculo de Jurel (*Seriola dorsalis*) tras 48 días de experimento alimentados con cuatro dietas experimentales. Los valores representan la media \pm desviación estándar y los valores están dados en base seca.

	Tratamientos				p
	D1	D2	D3	D4	
Lípidos	$5.0 \pm 2.62ab$	$6.72 \pm 0.10a$	$6.48 \pm 0.20ab$	$4.22 \pm 0.24b$	0.031
Proteínas	$76.95 \pm 0.02c$	$78.21 \pm 1.35bc$	$78.62 \pm 0.24b$	$83.19 \pm 0.83a$	0.001
Cenizas	$7.36 \pm 0.49a$	$7.25 \pm 0.25a$	$6.08 \pm 0.25b$	$6.84 \pm 0.34a$	0.001
Humedad	$74.58 \pm 0.30a$	$74.85 \pm 0.80a$	$73.87 \pm 2.65a$	$69.47 \pm 1.43b$	0.009

En cuanto a la composición proximal del hígado del jurel, el contenido de lípidos fue significativamente mayor ($p < 0.05$) con la dieta control (D1, 8.5 ± 5.7), en comparación con D2 (2.6 ± 1.5). Mientras que los tratamientos D3 y D4 no presentaron

diferencias en comparación a los otros tratamientos (5.9 ± 0.03 y 3.3 ± 1.8 , respectivamente; Cuadro 7). Con relación al contenido de Cenizas, la dieta libre de pescado presentó un porcentaje significativamente mayor (D4, 6.8 ± 0.3 ; $p < 0.05$) que las dietas con un mayor contenido de aceite y harina de pescado como lo son la dieta control (D1, 7.4 ± 0.5) y D2 (7.3 ± 0.3) (Cuadro 7).

Desafortunadamente, debido a la falta de muestra durante la realización de la medición de Humedad en el hígado de jurel, las mediciones no se pudieron medir por triplicado, por lo que no se ha podido determinar la existencia de diferencias significativas (valor de p). Sin embargo, se observa una tendencia a incrementar la Humedad conforme se reduce la presencia de aceite y harina de pescado con un valor de 72.4 % para D4 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Composición proximal (%) del hígado de Jurel (*Seriola dorsalis*) tras 48 días de experimento alimentados con cuatro dietas experimentales. Los valores representan la media \pm desviación estándar.

	Tratamientos				p
	D1	D2	D3	D4	
Lípidos	$8.48 \pm 5.69a$	$2.62 \pm 1.49b$	$5.92 \pm 0.03ab$	$3.28 \pm 1.80ab$	0.0387
Cenizas	$7.36 \pm 0.49b$	$7.25 \pm 0.25b$	$6.08 \pm 0.25ab$	$6.84 \pm 0.34a$	0.007
Humedad	69.45	70.84	71.28	72.44	-

9 Discusión

En el presente trabajo se evaluó el efecto del reemplazo parcial a total de HP por HSA. Hoy en día existen un alto número de trabajos dentro de este tema, por considerarse primordial el lograr la eliminación del uso de peces pelágicos como alimento para otras especies que no sea el humano (Booman et al., 2018; Monteiro et al., 2018). 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.

En el presente trabajo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos a excepción de la longitud total final ($p < 0.05$). Nuestra dieta control consistió en un aporte del 21% de Harina de pescado (HP) y 6% de aceite de pescado (AP), cantidades que fueron disminuyendo proporcionalmente por cada tratamiento hasta el reemplazo total de ambas (21, 14, 7 y 0% de HP para las dietas D1, D2, D3 y D4 respectivamente; 6, 1.8, 0.9 y 0% de AP para las dietas D1, D2, D3 y D4 respectivamente). 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, M.T. et al., 2019). Sin embargo, Badillo et al. (2014), en el reemplazo total de HSA, utilizando a la *Totoaba macdonaldi*, reportó un crecimiento significativamente menor, 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 concluyen que 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 lograr una formulación exitosa en relación con el contenido de lípidos. Es decir, que, si la HSA contiene entre 13 y 15% de grasa, ésta se puede ser utilizada hasta cierto punto topando la cantidad deseada de grasa, no dando espacio a otras fuentes de ácidos grasos.

Por lo tanto, en este trabajo se utilizaron otras fuentes proteicas, 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 cantidades de dichas fuentes proteicas no variaron entre tratamientos, de esta forma se puede notar el efecto de las otras variables. Las dos primeras son subproductos de levadura y la soya era pasta de soya con 42% de proteína. Dichas fuentes proteicas, junto con la gelatina (85% de proteína) utilizada como ligante, se agregaron en una baja proporción 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 (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 *T. macdonaldi*, solo obteniendo una diferencia significativa en el factor de conversión alimenticia (CA). 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 con HSA en la dieta comercial de la dorada (*S. aurata*) se puede lograr sin comprometer el rendimiento en crecimiento de los peces. Así como su bienestar y la calidad del filete. Incluso, se sugiere que la HSA podría considerarse como una buena materia prima sostenible para el alimento (Sabbagh et al., 2019). Otros estudios mostraron que la HSA es adecuada como un reemplazo parcial o completo en las dietas para la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), pero la sustitución completa requirió 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 (Steffens, 2003).

En general, las HSA proveniente de los Estados Unidos, contienen ya un enriquecimiento con harina de pluma para estandarizar el perfil de aminoácidos. 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 AA 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. La síntesis de la taurina 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, por lo que se ha establecido como un nutriente esencial (Salze y Davis, 2015). Por lo tanto, al eliminar la HP, el cual es un ingrediente rico en taurina, puede crear una deficiencia cuyos síntomas incluyen un crecimiento, supervivencia reducidos y mayor susceptibilidad a enfermedades (Salze y Davis, 2015). Razón por la que como se planteó su suplementación dentro de la formulación de las dietas y se agregó un porcentaje fijo de Taurina y otros aminoácidos para evitar algún problema al sustituir la HP con HSA.

Al inicio de este experimento se planteó la hipótesis de obtener resultados similares con respecto al crecimiento al comparar la dieta control con la dieta “fish free”, al haber utilizado todos los nutrientes planteados al inicio del experimento se tenía entendido que serían suficientes para lograr dichos resultados. No obstante, al final del período experimental los peces alimentados con la Dieta 1 tuvieron un mayor crecimiento, aunque no significativo, podría indicar que a largo plazo si se llegaran a tener diferencias.

Como se mencionó anteriormente, dicha tendencia no pudo haberse debido a un aprovechamiento deficiente por parte de la HSA, ni a la falta de algún nutriente, ya

sean ácidos grasos o aminoácidos. 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. 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. De tal manera que se observa con frecuencia que llegan a regurgitar el alimento, el cual, de alguna manera van perdiendo estabilidad, dificultando su pesado para el cálculo de la ingestión. Debido a lo anterior, 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" esté 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.

10 Conclusiones

Los resultados aquí obtenidos demuestran que, para el caso del Jurel, *S dorsalis*, sí es posible sustituir por completo la harina y aceite de pescado utilizando fuentes proteicas alternas no marinas, como la harina de subproducto de ave.

El DHA proveniente de las microalgas, junto con el sebo de bovino, resultó ser una rica fuente de ácidos grasos esenciales para el jurel, lo que generó un crecimiento similar al obtenido con harina y aceite de pescado.

11 Recomendaciones

- Probar distintos atrayentes en el alimento a modo de que se logre incrementar el consumo del alimento
- Reducir al máximo el efecto de variables externas que puedan afectar el experimento. Dado que a determinadas horas la luz del sol iluminaba de manera desigual a los estanques, lo que al parecer afectaba el comportamiento de los organismos.

12 Bibliografía

- Armuelles, C. (2016). Efecto del ajo (*Allium sativum*) adicionado a la dieta del jurel (*Seriola dorsalis*) para el tratamiento preventivo contra infestaciones de *Zeuxapta seriolae* (Meserve, 1938) Price, 1962.
- Avilés, A. y Castelló, F. (2004). Manual para el Cultivo de *Seriola dorsalis* (Pisces: Carangidae) en Baja California Sur, México. Instituto Nacional de Pesca. 47 p.
- 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. 1778-1789. Consultado el 17 de enero de 2020, en <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 el 20 de noviembre de 2019, en <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 Clariid 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. Estudio FAO Produccion y Sanidad 134, 129-137
- 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., Shamsavary, M., 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.
- Mata-Sotres, J.A., Tinajero-Chavez, A., Barreto-Curiel, F., Pares-Sierra, G., Del Rio-Zaragoza, 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.
- Medrano Reyes, B.I. (2014). Evaluación del efecto de la temperatura en el crecimiento, digestibilidad y las enzimas digestivas de juveniles de jurel cola amarilla (*Seriola lalandi dorsalis*.) Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 55 pp.
- 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, 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.

Oikawa, C.K., March, B.E. (2011). Communications: A method for assessment of the efficacy of feed attractants for fish. *American Fisheries Society*.59, 213-217.

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. Recuperado 29 marzo, 2020, de <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/requerimientos-nutricionales/es/>

P. Psafakis, I.T. Karapanagiotidis, E.E. Malandrakis, E. Golomazou, A. Exadactylos & E. Mente. (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.

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, 734220.

SAGARPA. (2011). Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables.

Salze, G. y Davis, D.A. (2015). Taurine: A critical nutrient for future fish feeds. *Aquaculture*. 437, 215-229

Steffens, W. (2003). *Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss**. *Aquaculture*. 124, 27-34

- Tacon, A.G.J. and 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.
- 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*, 513,
- Yee, J., Zúñiga, M., Camacho, M, García, J. (2018). Relacion longitud-peso e índices morfofisiologicos del pez cochito *Balistes polylepis* (*Steindachner, 1886*) En el corredor san Cosme-punta coyote, Baja California Sur. Consultado el 20 de noviembre de 2019, en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416517/memoria_IX_Foro_Cientifico_de_Pesca_Riberea_en_Mazatlan_2018_p111-p220.pdf

13 ANEXOS

ANEXO 1: Preparación de alimento, etiquetado de frascos y almacenamientos de las dietas para uso posterior.



ANEXO 2: Biometría final y toma de muestras y vísceras



ANEXO 3: Peso ganado individual de *Seriola dorsalis* alimentado con cuatro dietas con distintas concentraciones de HO, HSA y AP.

