

# MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN ACUICULTURA



## **Sustitución del aceite de pescado en piensos para *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae): Efectos en el crecimiento, parámetros nutritivos, composición corporal y calidad del filete.**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**Alumno:**

César Abram Cruz Castellón

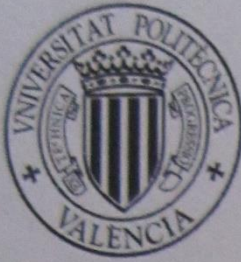
**Directoras Académicas:**

Dra. Ana Tomás Vidal.

Dra. Silvia Martínez Llorens.

**VALENCIA, SEPTIEMBRE 2015**

# MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN ACUICULTURA



Sustitución del aceite de pescado en piensos para *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae): Efectos en el crecimiento, parámetros nutritivos, composición corporal y calidad del filete.

Alumno:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Cruz", written over a horizontal line.

Blgo. Acui. César Abram Cruz Castellón.

Tutores:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ana Tomás Vidal", written over a horizontal line.

Dra. Ana Tomás Vidal.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Silvia Martínez Llorens", written over a horizontal line.

Dra. Silvia Martínez Llorens.

## **Agradecimientos**

A mis Directoras Ana Tomás y Silvia Martínez, por la información bibliográfica y asesoramiento prestado en el experimento y las correcciones del presente informe ya que sin ellas no podría haber hecho.

Gracias a Ana Isabel Navarro para enseñarme las técnicas para analizar los parámetros, por su paciencia y apoyo.

Gracias al equipo de Nutrición del Grupo de Acuicultura y Biodiversidad.

Gracias a todos.

<b>Contenidos</b>	<b>Páginas</b>
Abstract-Resumen	2-3
1.- Introducción	4-8
2.- Material y métodos	8
2.1. <i>Condiciones experimentales y ensayo de crecimiento</i>	8-11
2.2. <i>Formulación y preparación de las dietas</i>	11-12
2.3. <i>Análisis químicos</i>	13
2.4. <i>Análisis hematológicos</i>	13
2.5. <i>Índices de crecimiento y parámetros nutritivos</i>	13-14
2.6. <i>Índices biométricos</i>	15
2.7. <i>Análisis de calidad físico, químico, organoléptico y de sabor de la carne</i>	15-19
2.8. <i>Análisis estadístico</i>	19
3.- Resultados	20-28
4.- Discusión	29-34
5.- Conclusiones	35
6.- Bibliografía	36-49

## **Fish oil substitution in *Seriola dumerili* (Pisces: Carangidae) diets: Effects on growth, nutritive parameters, body composition and fillet quality.**

**César, Cruz-Castellón.**

### **Abstract**

The effect of total and partial replacement of fish oil (FO) vegetable oils (VO) on growth, nutritional parameters, body composition and quality of the steak in greater amberjack is evaluated in this work. At the beginning of the trial, fish (174 g of initial weight) were fed in triplicated groups with four diets were formulated with 0% (FO 100), 75% (FO 25) and 100% (with or without probiotic, FO 0 and FO 0+) of fish oil replacement by a mixture of linseed, sunflower and palm oil. After 109 days of the experiment, no differences on growth and nutritional parameters were observed. However, the survival of fish fed with 100% of fish oil dietary replacement showed the lowest survival. Overall, no significant differences were found in whole body composition. On biometric parameters, significant differences in viscerosomatic index (VSI) were observed between fish fed FO 0+ diet and FO 100 and FO 25; as well as on dressout percentage (ID) between treatments FO 0 and FO 100 and FO. Fatty acids of whole body fish they reflected the dietary fatty acids profile. Fatty acids production values were higher for those that were low proportion in diets. Concerning to the haematological parameters, no significant differences between treatments were showed. However, fish fed without fish oil (with or without probiotic), presented the lowest cholesterol level and a reduction of lactate dehydrogenase activity (LDH) and fish fed with 25% fish oil showed the highest glucose level. Regarding to sensory analysis and meat quality, significant differences were found lightness, red and yellow index. While for the Chroma and the colour difference no significant differences were found. Similarly it occurred in the analysis of texture, pH and humidity. In the organoleptic and taste tests, the panelists did not discriminate among fillets from fish fed the different experimental diets (F100, FO and FO 25 0) in uncooked or cooked fillet.

**Keywords:** sensory analysis, fatty acids, vegetable oils, fish oil, *Seriola dumerili*.

## Resumen

En el presente trabajo se ha estudiado el efecto de la sustitución total y parcial del aceite de pescado (AP) por aceites vegetales (AV) sobre el crecimiento, parámetros nutritivos, composición corporal y calidad del filete en *Seriola dumerili*. Se trabajó con ejemplares de un peso inicial de 175 g. Se formularon 4 piensos con un 0% (FO 100), 75% (FO 25) y 100% (con FO 0+ o sin probiótico FO 0) de sustitución de aceite de pescado por una mezcla de aceites de linaza, girasol y palma. Después de 109 días de experimentación, no se observaron diferencias en el crecimiento ni en los parámetros nutritivos. Por el contrario se pudo comprobar que la supervivencia fue inferior en los tratamientos con el 100% de sustitución del AP. En general, no se encontraron diferencias significativas en la composición corporal. En los parámetros biométricos, se encontraron diferencias significativas en el índice viscerosomático (IVS) de los tratamientos FO 100 y FO 25 frente al tratamiento FO 0+, y en el índice de descabezado (ID) entre los tratamientos FO 100 y FO 0. La composición de ácidos grasos del pez entero reflejó la composición del pienso. Los valores productivos de los ácidos grasos fueron superiores para aquellos ácidos grasos que se encontraban en menores proporciones en los piensos. Respecto a los parámetros hematológicos, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, los peces alimentados sin aceite de pescado (con o sin probiótico), presentaron un menor contenido en colesterol y una menor actividad de lactato deshidrogenasa (LDH) y los peces alimentados con el 25% de aceite de pescado presentaron el mayor contenido en glucosa. En lo referente al análisis sensorial y la calidad del filete, se encontraron diferencias significativas en la luminosidad, el índice de rojos y el de amarillos. En las pruebas organolépticas y de sabor, los panelistas no discriminaron entre los piensos probados (FO 100, FO 25 y FO 0) ni en crudo, ni cocinadas.

Palabras clave: análisis sensorial, ácidos grasos, aceites vegetales, aceite de pescado, *Seriola dumerili*.

## 1. Introducción

Según la FAO (2014), la producción mundial de la pesca y la acuicultura proporcionó unos 136 millones de toneladas de pescado para consumo humano en el 2012 (en el 2011, hubo 131 millones toneladas de pescado); y un 49 % de esa cantidad correspondió a la acuicultura (67 millones de toneladas). Mientras que para el año 2013, la producción mundial acuícola aumento en un 4% (70 millones de toneladas) (FISHSTAT, 2015).

Si bien las cifras indican que el consumo de pescado aumenta cada año; éstas a su vez indican que hay una mayor presión en la extracción en los recursos pesqueros, siendo uno de ellos, la extracción de especies pelágicas como la anchoveta Peruana *Engraulis ringens*; el jurel Chileno *Trachurus murphyi*, la anchoa Japonesa *Engraulis japonicus*, y entre otros; los cuales son la principal materia prima en la elaboración de harina (HP) y aceite de pescado (AP) (Perón *et al.*, 2010).

Shepherd & Bachis (2014), indican que el abastecimiento mundial de AP no se está incrementando, a pesar de la importancia que brindan los ácidos grasos n-3 para la salud. Asimismo, mencionan que el crecimiento de la demanda y la inseguridad en la oferta del mismo (AP), están causando un incremento en el precio, lo que está impulsando a las industrias acuícolas a buscar sustitutos en los aceites vegetales. Tal situación pone en riesgo la sostenibilidad de la actividad acuícola, ya que el AP es el compuesto principal para piensos de peces marinos carnívoros, debido a su alta digestibilidad y contenido suficiente de ácidos grasos esenciales (AGE), en particular a los ácidos grasos altamente insaturados de cadena n-3 (n-3 HUFA) (Nasopoulou & Zabetakis, 2012).

Por lo tanto, ante esta situación, en los últimos años se ha venido investigando la sustitución de HP y AP por fuentes vegetales (Bolasina & Fenucci, 2005; Xiao-Yi *et al.*, 2006; Lupatsch & Kissil, 1997; Kikuchi, 1999; Lee, 2002). En lo que respecta al AP, éste ha sido sustituido principalmente por aceites de origen vegetal (AV) tales como soja, palma, colza, lino y girasol en especies tanto marinas, dorada *Sparus aurata* (Izquierdo *et al.*, 2003; 2005; Montero *et al.*, 2003; 2008; Martínez-Llorens *et al.*, 2007; Fountoulaki *et al.*, 2009; Benedito-Palos *et al.*, 2009; 2010; Ganga *et al.*, 2011), sargo picudo *Diplodus puntazo* (Almaida-Pagán *et al.*, 2007; Piedecausa *et al.*, 2007; Nogales-Mérida, 2011), dorada del Pacífico *Pagrus auratus* (Glencross *et al.*, 2003), lubina *Dicentrarchus labrax* (Mourete *et al.*, 2005; Richard *et al.*, 2006), bacalao del Atlántico *Gadus morhua* (Mørkøre *et al.*, 2007), pargo negro *Acanthopagurus schlegeli* (Peng *et al.*, 2008) así como en especies eurihalinas, tales como el salmón *Salmo salar* (Grisdale-Helland *et al.*, 2002; Ruyter *et al.*, 2006; Aslaksen *et al.*, 2007; Olsvik *et al.*, 2007; Pratoomyot *et al.*, 2008; Turchini *et al.*, 2003; 2011) o en especies continentales como el bagre *Mystus nemurus* (Ng *et al.*, 2000) tilapia *Oreochromis niloticus* (Ng & Wang, 2011; Teoh *et al.*, 2011), la perca de Murray *Maccullochella peelii peelii* (Francis *et al.*, 2007) y el pacú *Piaractus mesopotamicus* (Tanamati *et al.*, 2009). Estas materias primas tienen como ventaja su abundancia en el mercado y bajos precios en comparación con el AP. Aunque, en los últimos años como consecuencia del auge de los biocombustibles, el precio de las mismas se ha incrementado (FAO, 2008).

De igual forma, se han empleado grasas animales para la sustitución del AP, tales como la manteca de cerdo, el sebo de vaca y la grasa de pollo, tanto en especies marinas como el sargo picudo *D. puntazo*, el corvinón ocelado *Sciaenops ocellatus*, el halibut *Hippoglossus hippoglossus*, salmón real *Oncorhynchus tshawytscha*, perca japonesa *Lateolabrax japonicus* y la corvina amarilla *Pseudosciaena crocea* (Nogales-Mérida 2011; Mugrditchian *et al.*, 1981; Craig & Gatlin, 1995; Xue *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2012), como continentales como en la perca *Perca flavescens*, surubi moteado *Pseudoplatystoma coruscans*, trucha marrón *Salmo trutta*, trucha arco iris *O. mykiss*, camarón marino *Litopenaeus vannamei*, salmón real *O. tshawytscha* (juveniles) y surubi *Pseudoplatystoma* sp. (Heck & Calbert, 1977; Martino *et al.*, 2002; Turchini *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2007; Noffs *et al.*, 2009; Regan *et al.*, 2010) para sustituir parcialmente al AP.

Además de los estudios mencionados que demuestran que hay un gran interés por encontrar nuevas fuentes alternativas para sustituir el AP, los AV constituyen candidatos prometedores para la sustitución del AP. Y esto se debe a que algunos AV tales como el aceite de soja y aceite de colza son ricos en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), especialmente linoleico (18:2n-6) y ácidos oleicos (18:1n-9), los cuales, el primero es muy importante porque es uno de precursores indirectamente en la producción de eicosanoides, mientras que el último es utilizado preferentemente en los peces como fuente de energía metabólica (Rodríguez *et al.*, 2009), pero son carentes de n-3 HUFA, (Guillame *et al.*, 2004). El aceite de palma es también un candidato potencial debido a su nivel relativamente bajo de 18:2n-6 y abundante de los ácidos palmítico (16:0) y 18:1n-9 (Ng *et al.*, 2003), y su producción ya supera la correspondiente de aceite de soja por lo que es el aceite vegetal más abundante en todo el mundo (Nord *et al.*, 2009). Además, el uso del aceite de palma en piensos para el salmón Atlántico y trucha arco iris sobre el crecimiento y eficiencia del alimento, ha sido comparable a de los peces alimentados con niveles equivalentes de AP (Torstensen *et al.*, 2000; Rosenlund *et al.*, 2001; Caballero *et al.*, 2002). Del mismo modo, Badillo-Zapata *et al.* (2010) en dietas con mezclas de aceites vegetales como maíz y linaza sobre juveniles de lenguado de California *Paralichthys californicus* no encontró diferencias significativas en el crecimiento al comparar en el tratamiento control (dieta con AP). Sin embargo, a pesar de estos resultados en estos peces; en los peces marinos el uso de aceites vegetales como única fuente de lípidos es limitada ya que estas especies tienen una baja capacidad de convertir el ácido linoleico y linolénico en ácidos araquidónico (AA), eicosapentaenoico (EPA) y docosaheptaenoico (DHA) que son esenciales para peces marinos (Sargent *et al.*, 2002).

Por otro lado, en los peces los principales lugares de almacenaje de los lípidos son el hígado, el tejido adiposo perivisceral o el músculo, que es la única parte realmente comestible (Guillame *et al.*, 2004). En numerosas especies como la seriola de aleta amarilla *Seriola lalandi*, trucha arco iris *O. mykiss*, dorada *S. aurata*, el lenguado de California *P. californicus*, y el bacalao de Murray *Maccullochella peelii*, se ha comprobado que las dietas ya sean formuladas con AP o AV, conducen a modificaciones de la composición corporal de los peces (Bowyer *et al.*, 2012; Badillo-Zapata *et al.*, 2010; Caballero *et al.*, 2002; Izquierdo *et al.*, 2005; Turchini *et al.*, 2011), y en especial en la composición de los AG. Es decir la naturaleza y el contenido en materias grasas influyen de manera considerable en la composición de ácidos grasos (AG) corporales (Guillame *et al.*, 2004). Además cuanto más elevado sea el aporte de lípidos alimentarios, más se verá disminuido la síntesis de novo de los AG y tendrá lugar el depósito de AG exógenos. Por tanto, la composición de los AG corporales refleja la de los lípidos alimentarios.



Por lo que la sustitución del AP por una fuente lipídica alternativa, ya sea vegetal como animal, no sólo afecta el crecimiento y la eficiencia alimentaria de los peces, sino que también afecta y de forma muy importante (Turchini *et al.*, 2009), al porcentaje de ácidos grasos corporales del animal, como consecuencia de la capacidad para biosintetizar dichos ácidos grasos de la especie objeto de estudio.

Por otro parte, las especies en acuicultura donde son producidas en sistemas superintensivos e intensivos, están sometidos a condiciones de estrés que se traduce en bajas tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia, así como a la presencia de enfermedades ocasionadas por patógenos oportunistas (Auro & Ocampo, 1999). Para sobrellevar estos problemas se ha estudiado el uso de suplementos alimenticios que eviten la aparición de enfermedades y operen como promotores de crecimiento. Uno de estos suplementos muy interesantes se enfoca al empleo de probióticos (Robertson *et al.*, 2000; Verschuere *et al.*, 2000; Gullian *et al.*, 2004; Balcázar *et al.*, 2006) que pueden definirse como microorganismos que administrados en la dieta promueven el bienestar de los organismos en acuicultura por medio de la estimulación del sistema inmune, así como del establecimiento del balance microbiano intestinal mediante la exclusión de microorganismos potencialmente patógenos (Verschuere *et al.*, 2000; Irianto & Austin, 2002; 2003; Lara *et al.*, 2003). Es así que el empleo de probióticos en los piensos en acuicultura y su efecto en el crecimiento y supervivencia se ha estudiado en especies acuícola como, la carpa dorada *Carassius auratus*, la tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* (Castro-Barrera *et al.*, 2011; Aly *et al.*, 2008; Abraham *et al.*, 2008). La importancia del uso de probióticos en acuicultura, se debe a que en los peces; estos ocuparían y colonizarían sitios en el tracto digestivo particularmente en el epitelio de la mucosa gastrointestinal lo cual a su vez desplazarían a agentes patógenos y por tanto se mejora el estado de salud de los organismos (Jöborn *et al.*, 1997, Korkea-Aho *et al.*, 2012; Lazado *et al.*, 2011; Macey & Coyne, 2006; Merrifield *et al.*, 2010). Así mismo, el empleo de probióticos mejora las actividades del sistema inmune innato como los fagocitos (neutrófilos y macrófagos), estadillo respiratorio, la actividad lisozima y la actividad de la peroxidasa y antiproteasa (Akhter *et al.*, 2015). También se sabe que el empleo de los probióticos en las dietas pueden causar modificaciones en la microbiota asociada al tracto gastrointestinal del hospedador y generar efectos beneficiosos como la mejora de la conversión del alimento y la digestibilidad (Díaz & Martínez-Silva, 2009; Deschrijver & Ollevier, 2000; ten Doeschate & Coyne, 2008). En efecto una mejora del crecimiento y eficiencia de alimentación en *S. dumerili* en dietas con sustitución parcial de la harina de pescado por harina de soja con o sin *Lactobacillus planntarum* se debería a las mejoras en la microbiota instestinal causada por el probiótico (Dawood *et al.*, 2015)

En lo que respecta a la especie de interés del presente trabajo, la importancia se debe a que es una especie que presenta un elevado crecimiento en comparación con la dorada y la lubina pudiendo llegar a tener tasas de crecimiento de 5,8 g/día y superar 1 kg en un año; así como también su aceptación en el mercado mediterráneo (Aviles & Castelló, 2004; Cardona-Pascual, 1993; Lazzari & Barbera, 1989; García-Gómez, 1993). Otra característica que hace interesante a esta especie, es su buena adaptación a la cautividad, aceptando una alimentación artificial (García-Gómez, 2000). Así mismo un precio de mercado actualmente superior a los 13 euros el kilo (precio superior comparado con la dorada y lubina), hacen de la seriola mediterránea una óptima candidata a la ansiada diversificación del sector. Por otra parte, destacar la creciente demanda de alevines por parte de empresas productoras en el Mediterráneo, que ven en esta especie una oportunidad para la diversificación del engorde de dorada y lubina (Mis peces.com,

2015). Sin embargo, a pesar de estas características como especie potencial en acuicultura, aún sigue siendo una especie en experimentación en la acuicultura española, en la cual falta mejorar aspectos como la producción de alevines en cautividad, reproducción, alimentación en todas las fases y el conocimiento de las patologías (OESA, 2013). Pero empresas como Futuna Blue S.L de Cádiz y PROMAN de Granada a pesar de las dificultades que presenta esta especie en su producción acuícola; han logrado llegar producir alevines y en el caso de Futuna Blue S.L que inicio sus ensayos de producción a finales del 2012 y que luego de tener éxito, es en el siguiente año (2013) que logra sus primeras ventas comerciales a empresas mediterráneas (concretamente 12 000 ejemplares entre 10 y 15 g). Mientras que esta misma empresa para el 2014 realizó ventas de 17 000 ejemplares con una talla de 14 g a la empresa Niordseas en Calpe, empresa perteneciente al Grupo Andrómeda (Mis peces.com, 2014). Si bien se está logrando superar los problemas antes mencionados en la producción acuícola de *S. dumerili* por parte de las empresas; para establecer una acuicultura sostenible de esta especie es necesario identificar efectivas fuentes alternativas de proteína y aceites, y más aún cuando la producción de la principal fuente de proteína y lípidos en la nutrición acuícola como lo son las HP y AP, no se están incrementando. Por lo tanto, esto pone de manifiesto la importancia de los estudios de nutrición en esta especie. Al respecto los estudios de requerimientos nutricionales de *S. dumerili* son escasos, pero hay varios trabajos en los que se estudió el efecto de diferentes formulaciones de dietas para especies del género seriola, incluyendo *S. quinqueradiata*, *S. lalandi* y *S. dumerili* (TaKii *et al.*, 1989; Takeuchi *et al.*, 1992; Masumoto *et al.*, 1996; Jover *et al.*, 1999; García-Gómez, 2000; Watanabe *et al.*, 2000; Tomás *et al.*, 2005; 2008; Miranda & Peet, 2008; Moran *et al.*, 2009; Booth *et al.*, 2010) y la mayoría de ellos están relacionados con la optimización de los niveles proteicos, o en la sustitución de HP por otras fuentes animales o vegetales. En tanto el estudio de fuentes alternativas de lípidos diferentes al AP son aún más escasos y limitándose únicamente a los trabajos de Khaoian *et al.* (2014) y Aoki *et al.*, (2000), donde estudiaron el uso de aceite de hígado de aves, sebo de vaca y aceite de palma en *S. quinqueradiata*.

Se sabe que las especies del género seriola necesitan niveles altos relativos de proteínas (45-55%) en la alimentación para un máximo crecimiento, ya que estas especies son altamente dependientes de las proteínas para crecer y obtener energía (Masumoto *et al.*, 1996; Jover *et al.*, 1999; Takakuwa *et al.*, 2006; Tomás *et al.*, 2008).

Las investigaciones centradas en la viabilidad de fuentes alternativas de proteína para *S. dumerili* están limitadas a tres trabajos, uno de ellos conducido por algunos de los miembros del grupo de investigación donde se desarrolló el presente trabajo (Grupo de Investigación de Acuicultura y Biodiversidad –Universitat Politècnica de València) en el que se estudió la viabilidad de la harina de soja (Tomás *et al.*, 2005). Mientras que las investigaciones lípidos por fuentes alternativas para esta especie no se ha estudiado.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la alimentación con ingredientes alternativos debe mantener la salud de los peces y la calidad de la carne, que debe ser rica principalmente en n-3 HUFA, favorable para la salud humana, ya que su ingesta disminuye la colesterolemia y la aparición de enfermedades cardiovasculares (Rubio, 2002).

Por ello, el objetivo de este trabajo fue valorar el efecto de la sustitución de aceite de pescado por una mezcla de aceites vegetales, teniendo en cuenta que a uno de los tratamientos se le añadió un probiótico compuesto por *Lactobacillus brevis* y *L. buchneri*, para analizar la repercusión, en el crecimiento y parámetros nutritivos, la composición en ácidos grasos y en los parámetros sensoriales del filete de la seriola (*S. dumerili*).

## 2. Material y métodos

### 2.1. Condiciones experimentales y ensayo de crecimiento

El trabajo se realizó en el laboratorio de acuicultura (LAC) del Departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de Valencia. Dicho laboratorio se encuentra equipado para realización de diversos trabajos experimentales en peces. Está instalación cuenta con sistema de recirculación de agua marina de 65 m<sup>3</sup> de capacidad, sistema de aireación, sistema de oxigenación en casos de emergencia, sistema de bombeo (3 bombas de 5.5 kw c/u), pozas de almacenaje de agua marina y dulce, sistema de depuración de agua a través de un filtro mecánico tipo rotatorio de tambor, biofiltro; así mismo 18 tanques de fibra de vidrio 1750 L, y otros elementos importantes dentro de un sistema de recirculación de agua marina. Por otro lado, los peces (juveniles de *S. dumerili*) se obtuvieron de la empresa Futuna Blue S.L. (Cádiz). Un mes antes de iniciar el experimento, los peces se aclimataron a las nuevas condiciones del laboratorio. Durante este periodo los ejemplares se alimentaron con un pienso control a saciedad aparente dos veces al día durante seis días a la semana. Posteriormente, 300 juveniles con un peso medio inicial de 175 g fueron distribuidos aleatoriamente (25 peces/tanque) en 12 tanques de 1750 L de capacidad (1500 L de volumen de agua) (Figura 1). Se formularon 3 piensos experimentales y un pienso control, los cuales se asignaron de forma aleatoria y por triplicado a los tanques. El fotoperiodo fue natural y las condiciones de iluminación fue similar en todos los tanques.



**Figura 1.** Tanques de la línea 2 en el LAC, donde se llevó a cabo la prueba de crecimiento.

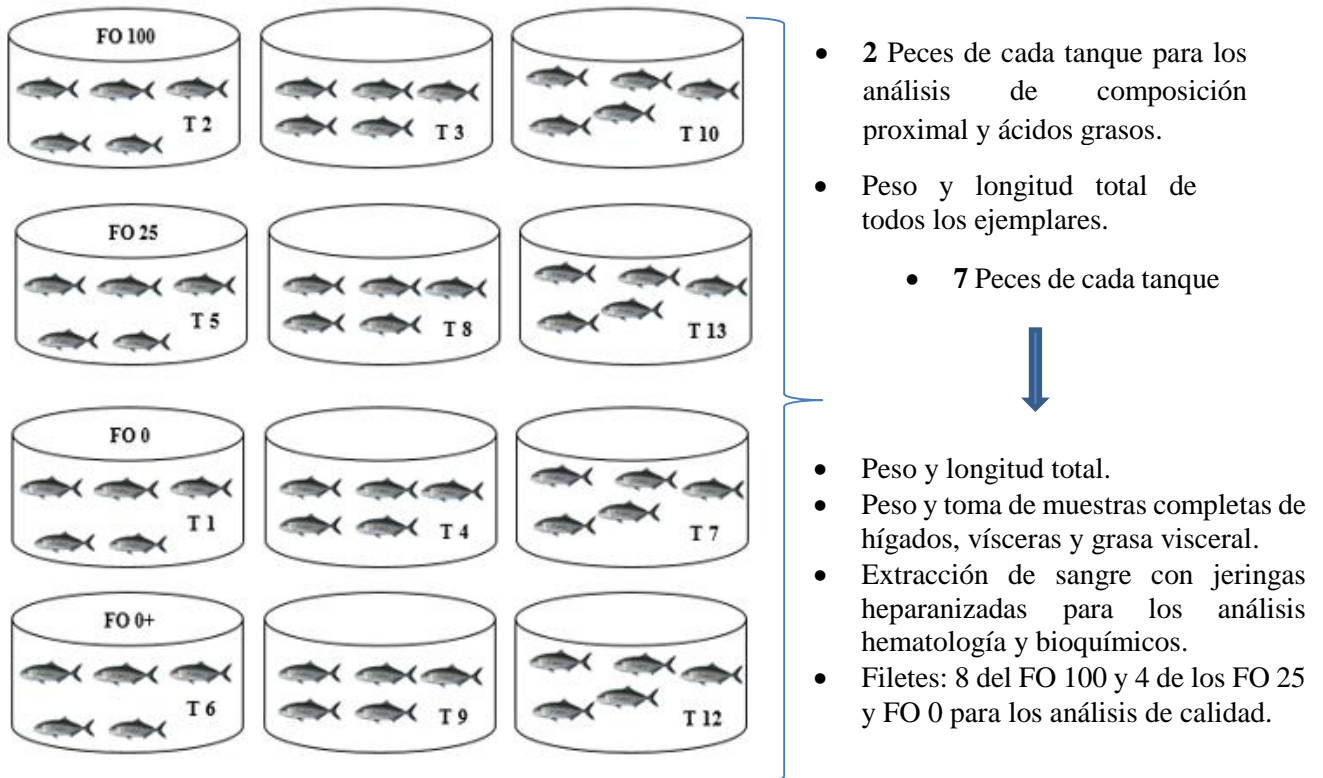
Al inicio del ensayo tres ejemplares fueron sacrificados y conservados para los análisis de composición proximal y de ácidos grasos. Tres veces por semana durante los 109 días del experimento, se tomaron mediciones de la temperatura y concentración de oxígeno del agua, con un oxímetro portátil (OxyGuard Handy Polaris), ( $\pm 0,5$  °C y  $\pm 0,1$  g. L<sup>-1</sup>, respectivamente). La salinidad, mediante un refractómetro (Hanna Instruments) ( $\pm 2$ ); el pH, con una pH-metro portátil OxyGuard Handy pH ( $\pm 0,01$ ); las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos, mediante test colorímetro (MERCCK) ( $\pm 0,01$ ).

La alimentación de los peces durante el experimento fue a saciedad aparente 2 veces por día (09:00 y 16:00 h), durante los 6 días de la semana por un tiempo de 109 días. El control de peso de los peces se llevó a cabo mensualmente. Éste se realizó de la siguiente manera: se bajaba el nivel del agua de cada tanque hasta una altura aproximada de 15 cm (Figura 2); inmediatamente con un salabre los estos fueron capturados y colocados en cubas de plástico con agua de los mismos tanques. Se adicionó a razón de 30 mg l<sup>-1</sup>, el anestésico aceite de clavo de olor (Guinama, Valencia, España) el cual contiene 87% de eugenol. Con los organismos anestesiados, se procedió a pesar y a registrar el peso de los mismos.



**Figura 2.** Ejemplares de *S. dumerili* en tanque de experimentación durante el muestreo mensual.

Al final de la prueba, 9 peces de cada tanque fueron sacrificados, y de ellos se procedió a realizar una serie de mediciones y tomas de muestras tal y como se indica en la Figura 3.



**Figura 3.** Esquema de trabajo al final del experimento, donde se indica el número de ejemplares de *S. dumerili* utilizados para los diferentes análisis correspondientes.

Para los análisis de composición proximal y ácidos grasos, los peces fueron previamente triturados en una maquina moladora de carne Kenwood pro 1600 (Figura 4).

La conservación de las muestras se realizó de la siguiente manera: las de sangre se dejaron reposar a 4 °C durante 2 horas, y posteriormente fueron enviadas al laboratorio ICTIOVET S.C.P para los análisis correspondientes. Las muestras para los análisis de calidad físico- químicos, organoléptico y de sabor de la carne fueron conservadas a – 5 °C, así como las muestras de hígado, vísceras y grasa visceral. Las de análisis proximal y ácidos grasos de los peces iniciales y finales, a – 30 °C y – 80 °C, respectivamente.



**Figura 4.** Molienda de ejemplares de *S. dumerili* para la toma de muestras y análisis de composición proximal y ácidos grasos.

Durante el experimento, la temperatura del agua fluctuó de 17,0 a 19,1°C. La salinidad fue de  $30 \pm 1 \text{ g L}^{-1}$ . El nivel del oxígeno disuelto fue de  $6,7 \pm 0,04 \text{ mg L}^{-1}$ . El pH vario desde 7,5 a 7,8. Y los niveles de amonio, nitrito y nitratos se mantuvieron en  $0,18 \pm 0,07$ ;  $0,37 \pm 0,05$  y  $93,2 \pm 6,88 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente.

## **2.2. Formulación y fabricación de las dietas**

Se formularon cuatro dietas isolipídicas (15%GB, grasa bruta) e isoproteicas (59%PB, proteína bruta y un 50%PD, proteína digestible). Las dietas contenían diferentes niveles de sustitución del aceite de pescado por una mezcla de aceites vegetales. La formulación y composición de las mismas se muestra en la Tabla 1.

En cuanto a la preparación; estas fueron preparadas en la fábrica de piensos del Departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de València. Para ello se empleó un extruder semiindustrial de la casa Cletral modelo BC45.

**Tabla 1.** Formulación (g Kg<sup>-1</sup>) y composición proximal (%) de cada una de las dietas.

Materias primas	FO 100	FO 25	FO 0
Harina de pescado	350	350	350
Harina de trigo	100	100	100
Gluten de trigo	140	140	140
H. soja desengrasada	185	185	185
H. de carne de Ibérico	110	110	110
Aceite de pescado	95	24	0
Aceite de linaza	-	28	38
Aceite de girasol	-	21	28
Aceite de palma	-	22	29
<sup>v</sup> Mix de multivitaminas y minerales	20	20	20
<b>Composición proximal (% en peso húmedo)</b>			
Materia seca	87,4	88,8	89,6
Proteína bruta	51,4	53,8	52,4
Grasa bruta	13,9	13,4	14,8
Cenizas	7,3	9,1	7,4
Humedad	12,6	11,2	10,4
Energía bruta (MJ Kg <sup>-1</sup> )	21,2	21,1	21,7

<sup>v</sup> Las vitaminas y la mezcla mineral (los valores son g kg<sup>-1</sup>, excepto aquellos en paréntesis): Pre mezcla: 25; Colina, 10; DL-a-tocoferol, 5; ácido ascórbico, 5; (PO4) 2Ca3, 5. Composición Pre mezcla: acetato de retinol, 1000000 IU kg<sup>-1</sup>; calciferol, 500 UI kg<sup>-1</sup>; DL-a-tocoferol, 10; menadiona sodio bisulfito, 0,8; hidroclorehidrato de tiamina, 2,3; riboflavina, 2,3; clorhidrato de piridoxina, 15; cianocobalamina, 25; nicotinamida, 15; ácido pantoténico, 6; ácido fólico, 0,65; biotina, 0,07; ácido ascórbico, 75; inositol, 15; betaína, 100; polipéptidos 12.



**Figura 5.** Preparación de la dieta FO 0+ con los probióticos.

Es importante indicar que la dieta FO 0+ (pienso que no se muestra en la Tabla 1), tiene la misma composición que el pienso FO 0, y se diferencia de esta última porque contenía los probióticos *Lactobacillus brevis* y *L. buchneri*. Está se preparó aplicando con un pulverizador de plástico 5 ml de los probióticos por cada 500 g de pienso seco (Figura 5). En cuanto a su composición proximal como materia seca, proteína bruta, grasa bruta, cenizas, humedad y energía bruta; estos fueron de 88,3; 51,6; 13,9; 7,4; 11,6 y 21,2 (MJ Kg<sup>-1</sup>), respectivamente.

### 2.3. Análisis químicos

Los análisis químicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de la Unidad de Alimentación del Departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de València. Estos correspondieron a los análisis de composición proximal y ácidos grasos de las dietas, así como el pescado entero (peces al inicio y al final del experimento); se analizaron de acuerdo con los procedimientos de AOAC (1990): materia seca (105 °C hasta peso constante), cenizas (mediante incineración a 550 °C hasta peso constante), la proteína por el método de Dumas que consiste en la transformación de todas las formas de nitrógeno en N gaseoso por calcinación y su determinación es por conductividad térmica (Analizador de proteína LECO CN 628), y la grasa se extrajo con éter dietílico (sistema de extracción Ankom XT10). Los análisis se realizaron por triplicado.

Los ácidos grasos fueron determinados por síntesis directa de ésteres metílicos (FAME), se prepararon de acuerdo a O'Fallon *et al.* (2007), y se analizaron por cromatografía de gases en un cromatógrafo FINNIGAN FOCUS 6C (AI 3000).

### 2.4. Análisis hematológicos

Al final del experimento 7 peces de cada tanque (pero solamente de dos replicas por tratamiento) previamente anestesiados se les extrajo muestras de sangre por punción de la vena caudal usando jeringas heparinizadas como anticoagulante. Inmediatamente las muestras fueron depositadas en frascos eppendorf rotulados previamente heparinizados y almacenados en refrigeración a 4°C para su posterior análisis.

Se realizaron análisis de las concentraciones de glucosa, lactato deshidrogenasa (LDH), colesterol y triglicéridos fueron determinados por espectrofotometría ultravioleta sensible. Así también el recuento de número de glóbulos rojos, el cual fue determinado en cámara Neubauer, el porcentaje de hematocrito por método manual de microhematocrito, la hemoglobina mediante espectrofotometría y el cortisol por quimioluminiscencia. Todos estos análisis como se mencionó, fueron realizados por el laboratorio ICTIOVET S.C.P.

### 2.5. Índices de crecimiento y parámetros nutritivos

Con los datos de peso total e ingesta total; así como también con los datos de proteína en el pez; se determinaron los índices de crecimiento y parámetros nutritivos. Estos fueron calculados según Guillaume *et al.* (2004), Hardy & Barrows (2002), y Cho & Boureau (1999), mediante las siguientes formulas:

- **Tasa de crecimiento instantáneo (TCI), (%/día):**

$$TCI = \frac{\ln_{Pf(g)} - \ln_{Pi(g)}}{n^{\circ} \text{ dias}} \times 100$$

Dónde:

Pf: Peso final en gramos y Pi: Peso inicial en gramos



- **Coefficiente térmico de crecimiento (CTC):**

$$CTC = \frac{Pf^{\frac{1}{3}} - Pi^{\frac{1}{3}}}{\sum T^{a}_{ef}}$$

Donde:

Pf: Peso final en gramos

Pi: Peso inicial en gramos

$\sum T^{a}_{ef}$ : sumatorio de temperatura efectiva = n° días \* (T<sup>a</sup> media mensual - 12°C).

- **Tasa de alimentación diaria (TAD), (%/día):**

$$TAD = \left( \frac{Ingesta_{total(g)}}{\left( \frac{Biomasa_{final(g)} + Biomasa_{inicial(g)}}{2} \right) \times n^{\circ} \text{ dias}} \right) \times 100$$

- **Coefficiente de eficacia de crecimiento (CEC):**

$$CEC = \frac{(Biomasa_{final(g)} - Biomasa_{inicial(g)})}{(Proteina \text{ ingerida})}$$

- **Índice de conversión del alimento (ICA):**

$$ICA = \frac{Ingesta_{total(g)}}{(Biomasa_{final(g)} - Biomasa_{inicial(g)})}$$

- **Valor productivo de la proteína (VPP), (%):**

$$VPP = \left( \frac{Proteina \text{ retenida}}{Proteina \text{ ingerida}} \right) \times 100$$

- **Valor productivo de la grasa (VPG), (%):**

$$VPG = \left( \frac{Grasa \text{ retenida}}{Grasa \text{ ingerida}} \right) \times 100$$

- **Valor productivo de la energía (VPE), (%):**

$$VPE = \left( \frac{Energía \text{ retenida}}{Energía \text{ ingerida}} \right) \times 100$$

## 2.6. Índices biométricos

Con los datos obtenidos de las biometrías, se procedió a determinar los índices biométricos mediante las siguientes expresiones:

- **Factor de condición (FC):**

$$FC = \left( \frac{\text{Peso}_{total}(g)}{\text{Longitud}(cm)^3} \right) \times 100$$

- **Índice viscerosomático (IVS), (%):**

$$IVS = \frac{\text{Peso total vísceras}(g)}{\text{Peso total}(g)} \times 100$$

- **Índice hepatosomático (IHS), (%):**

$$IHS = \frac{\text{Peso hígado}(g)}{\text{Peso total}(g)} \times 100$$

- **Índice de grasa visceral (IGV), (%):**

$$IGV = \frac{\text{Peso grasa visceral}(g)}{\text{Peso total}(g)} \times 100$$

- **Índice de descabezado (ID), (%):**

$$ID = \left( \frac{\text{Peso}_{total}(g) - (\text{Peso}_{vísceras}(g) + \text{Peso}_{cabeza}(g))}{\text{Peso}_{total}(g)} \right) \times 100$$

- **Índice de la carne (ICAR), (%):**

$$ICAR = \frac{100 \times (\text{Peso}_{filete}(g))}{\text{Peso}_{total}(g)}$$

## 2.7. Análisis de calidad del filete: físico, químico, textura, organoléptico y sabor

Las muestras para realizar estos análisis fueron tomadas a partir de los filetes (dos lomos) de cuatro peces de los tratamientos FO 25 y FO 0 y ocho del tratamiento FO 100. Con un lomo de la carne de cada pescado se trabajó aspectos del color, pH, humedad, y compresión al 30% y 90% y con el otro se realizaron pruebas organolépticas y sabor. Es necesario indicar que para la realización de estos análisis no se consideró trabajar con muestras del tratamiento FO 0+ debido a que se estaría repitiendo el análisis; es decir tanto el grupo de peces de este tratamiento y las del FO 0, fueron de peces alimentados

con piensos idénticos salvo la del FO 0 + que estaba suplementado con los probióticos. A continuación se describe cada uno de los análisis.

### **Color**

La medición del color se realizó en seis puntos de la carne del pescado, para ello, se empleó un espectrofotómetro Konica minolta CM 700d (Osaka, Japón) y el programa SpectraMagic para medición de muestras de color. El sistema de medición del color empleado, fue el de sistema espectrofotométrico CIELAB desde 1976. Este sistema de medición permite la estimación de tres parámetros del color:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ; donde  $L^*$  representa la luminosidad,  $a^*$  representa la posición entre el rojo (si  $a^* > 0$ ) y el verde (si  $a^* < 0$ ). Análogamente, la coordenada  $b^*$  define la desviación hacia el amarillo si  $b^* > 0$ , hacia el azul si  $b^* < 0$ . La diferencia de color ( $\Delta E$ ) fue determinada tomando como patrón las muestras del tratamiento FO 100, de acuerdo con la ecuación 1 (CIE 1986).

El Chroma del color se determinó con la ecuación 2 (CIE 1976).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

### **pH**

Fue medido con un pH-metro digital Basic 20+ ( $\pm 0.01$ ) (Instrumentos Crison, S.A., Barcelona, España), se midió y se registró el pH del filete del pescado en seis puntos diferentes.

### **Textura**

Un equipo TA.XT (Stable MicroSystems, UK) plus analizador de textura y el programa Texture Exponent 32, se utilizó para medir la textura de la carne del pescado. Se empleó muestras de 50 mm x 50 mm largo y ancho y grosor de 10 a 15 mm. En total se realizaron dos mediciones:

1. Una medición a una compresión del 30% (se realizó en la parte superior del filete sobre seis puntos) utilizando un cilindro de 6 mm y a una velocidad de 1 y 5 mm/s, con un tiempo de espera de 5 segundos entre las compresiones.
2. Otra medición a un 90% de compresión utilizando un cilindro de 45 mm y en un sólo punto (se realizó en la parte inferior del filete), y a una velocidad de 10 mm/s. En ambas pruebas, el parámetro medido fue la dureza (N), adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad.

## *Humedad*

En flaneras de aluminio conteniendo una porción pequeña de arena de mar (aproximadamente 3g) y varillas de vidrio (Figura 6a), se determinó la humedad de la carne (de la parte inferior) de seriola. Se pesó 5 g de muestra e inmediatamente se procedió a triturarlas con las varillas de vidrio. Seguidamente, fueron desecadas en estufa a 105°C hasta peso constante (Figura 6b). El propósito de trabajar con la arena de mar, se debe a que ayuda a realizar una mejor molienda de las muestras y a captar la humedad de las mimas, y por tanto el tiempo en determinar el análisis se reduce.



**Figura 6.** Flaneras de aluminio, varillas de vidrio y arena de mar empleados en la determinación de la humedad de la carne de seriola (a). Estufa (b).

## *Prueba organoléptica y de sabor*

Para el análisis organoléptico y de sabor, filetes crudos de los tratamientos FO 100, FO 25 y FO 0 (de un tamaño aproximadamente de 80 a 125 g) fueron troceados en pequeños tamaños (aproximadamente de 15 a 20 g). Seguidamente, se formaron grupos y se confrontaron muestras de los tratamientos FO 100 y del FO 25, FO 100 y del FO 0 (Figura 7). Inmediatamente, un grupo de 9 personas entrenadas realizaron el análisis organoléptico y de sabor de los dos grupos de muestras. Estos análisis correspondieron a aspectos de la carne como:

- Olor: olor marino, a degradación, a oxidación, olores extraños.
- Color: luminosidad y blancura.
- Textura: Compacidad, retención de agua, limo superficial, separación de lascas y elasticidad.

Por otro lado, con las mismas muestras sin cocinar y luego cocinadas durante 1 minuto en un horno microondas a temperatura interna superior de 70°C (CAC-GL 31-1999), se procedió a realizar el análisis organoléptico y de sabor de la carne de los siguientes aspectos:

- Color: luminosidad y blancura
- Sabor: marino, degradación, oxidación y extraños.
- Textura en boca: compacidad, retención de agua y elasticidad.



**Figura 7.** Muestras de carne de *S. dumerili* de los tratamientos FO 100, FO 25 y FO 0 para los análisis organoléptico y de sabor.

Todas las pruebas para el análisis organoléptico y de sabor cocinado y sin cocinar se calificaron con una escala de 1 a 5.



**Figura 8.** Grupo de panelistas realizando el análisis organoléptico y sabor de la carne de *S. dumerili* de los tratamientos FO 100, FO 25 y FO 0.

## **2.8. Análisis estadístico**

Los datos se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), siguiendo el diseño completamente al azar. Para determinar diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó el test de Newman-Keuls, al nivel de significancia del 5%, empleando el programa estadístico Statgraphics 5.1.

### 3. Resultados

La composición y concentración de los ácidos grasos en las dietas, reflejan las concentraciones de los tipos de aceites empleados en cada uno de ellos (Tabla 2). Así, las dietas que contenían como fuente lipídica HP, tenían mayor cantidad de ácidos grasos esenciales altamente insaturados de cadena n-3 (HUFA n-3). En cambio, en las dietas donde se empleó como fuente lipídica los aceites vegetales como linaza, girasol y palma; se caracterizaron por tener mayor concentración de ácidos linoleico y linolénico, respectivamente.

**Tabla 2.** Composición de ácidos grasos ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  en peso húmedo) de las dietas.

	<b>FO 100</b>	<b>FO 25</b>	<b>FO 0</b>	<b>FO 0+</b>
14:0	0,319	0,249	0,185	0,160
15:0	0,002	0,003	0,002	0,002
16:0	1,839	2,045	2,122	1,894
17:0	0,052	0,025	0,018	0,016
18:0	0,494	0,510	0,528	0,482
<b><math>\Sigma \text{ S}</math></b>	<b>2,707</b>	<b>2,831</b>	<b>2,855</b>	<b>2,554</b>
16:1	0,411	0,289	0,204	0,180
18:1n-9	2,643	3,096	3,663	3,270
18:1n-7	0,384	0,307	0,273	0,245
22:1n-9	0,031	0,004	0,007	0,008
<b><math>\Sigma \text{ Ms}</math></b>	<b>3,470</b>	<b>3,695</b>	<b>4,147</b>	<b>3,703</b>
18:2n-6	1,233	1,395	1,666	1,508
18:3n-6	0,010	0,009	0,010	0,008
20:3n-6	0,010	0,004	0,004	0,005
20:4n-6	0,099	0,061	0,039	0,036
22:4n-6	0,023	0,020	0,010	0,010
<b><math>\Sigma \text{ n-6 PUFA}</math></b>	<b>1,375</b>	<b>1,488</b>	<b>1,730</b>	<b>1,567</b>
18:3n-3	0,218	1,095	1,637	1,444
20:3n-3	0,015	0,008	0,006	0,005
20:5n-3 EPA	0,566	0,453	0,311	0,283
22:5n-3	0,126	0,076	0,047	0,046
22:6n-3 DHA	1,264	0,795	0,480	0,448
<b><math>\Sigma \text{ n-3 PUFA}</math></b>	<b>2,189</b>	<b>2,427</b>	<b>2,481</b>	<b>2,227</b>
<b><math>\Sigma \text{ n-3 HUFA}</math></b>	<b>1,956</b>	<b>1,324</b>	<b>0,838</b>	<b>0,777</b>
<b>EPA/DHA</b>	<b>0,448</b>	<b>0,569</b>	<b>0,648</b>	<b>0,632</b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>0,628</b>	<b>0,613</b>	<b>0,697</b>	<b>0,704</b>

$\Sigma \text{ S}$ : Sumatorio de ácidos grasos saturados;  $\Sigma \text{ Ms}$ : Sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados;  $\Sigma \text{ n-6 PUFA}$ : Sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados de cadena n-3;  $\Sigma \text{ n-3 PUFA}$ : Sumatorio ácidos grasos poliinsaturados de cadena n-3.  $\Sigma \text{ n-3 HUFA}$ : Sumatorio de ácidos grasos altamente insaturados de cadena n-3.

Por otro lado, las dietas no influyeron en los índices de crecimiento y parámetros nutritivos de seriola al final del experimento, ya que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3). Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas en la supervivencia de los peces entre el tratamiento FO 25 y los tratamientos FO 0 y FO 0+; así como diferencias significativas entre los tratamientos FO 100 y FO 0+ (Tabla 3).



**Tabla 3.** Crecimiento, parámetros nutritivos y supervivencia de *S. dumerili* al final del experimento.

	<b>Dietas</b>			
	<b>FO 100</b>	<b>FO 25</b>	<b>FO 0</b>	<b>FO 0+</b>
<b>PI (g)</b>	175,2 ± 3,62	171,5 ± 3,62	175,3 ± 3,62	180,8 ± 3,62
<b>PF (g)</b>	422,7 ± 5,25	409,1 ± 5,25	419,3 ± 5,25	422,6 ± 5,25
<b>IP (g)</b>	247,4 ± 7,03	241,0 ± 7,03	244,0 ± 7,03	241,8 ± 7,03
<b>S (%)</b>	89,67 ± 2,88 <sup>ab</sup>	92,67 ± 2,88 <sup>a</sup>	80,33 ± 2,88 <sup>bc</sup>	77,33 ± 2,88 <sup>c</sup>
<b>TCI (% día<sup>-1</sup>)</b>	0,8 ± 0,013	0,8 ± 0,013	0,8 ± 0,013	0,8 ± 0,013
<b>CTC</b>	0,00294 ± 5,23×10 <sup>-5</sup>	0,00281 ± 6,02×10 <sup>-5</sup>	0,00291 ± 5,23×10 <sup>-5</sup>	0,00295 ± 5,23×10 <sup>-5</sup>
<b>TAD (%)</b>	1,1 ± 0,034	1,1 ± 0,034	1,1 ± 0,034	1,1 ± 0,034
<b>ICA</b>	1,5 ± 0,07	1,5 ± 0,07	1,6 ± 0,07	1,6 ± 0,07
<b>CEC</b>	1,33 ± 0,06	1,28 ± 0,06	1,25 ± 0,06	1,20 ± 0,06

Los valores representan la media ± error estándar (n = 3). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a p<0,05.

Test de Newman-keuls. PI: Peso inicial; PF: Peso final; IP: Incremento de peso; CTC: Coeficiente térmico de crecimiento.

TAD: Tasa de alimentación diaria. ICA: Índice de conversión del alimento; CEC: Coeficiente de eficacia de crecimiento; S: Supervivencia.

Los análisis de composición proximal tanto de peces al inicio como final del experimento y valores productivos se muestran en la Tabla 4. Como se puede observar, no se encontraron diferencias significativas en la grasa, materia seca y cenizas de los peces alimentados con las diferentes dietas. Por el contrario, los resultados de proteína mostraron diferencias significativas en los peces finales entre los tratamientos FO 25 (19,5%) y FO 0+ (18,3%). Para el caso de los valores productivos de la proteína, grasa y energía no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 4.** Composición proximal inicial y final (% en peso húmedo), contenido de energía bruta (MJ kg<sup>-1</sup>) y valores productivos en la *S. dumerili* alimentada con los diferentes piensos experimentales.

	Inicio	FO 100	FO 25	FO 0	FO 0+
<b>Materia seca</b>	26,4	30,45 ± 0,31	30,84 ± 0,31	29,64 ± 0,31	30,09 ± 0,31
<b>Proteína</b>	17,94	18,65 ± 0,22 <sup>ab</sup>	19,5 ± 0,22 <sup>a</sup>	18,73 ± 0,22 <sup>ab</sup>	18,3 ± 0,22 <sup>b</sup>
<b>Grasa</b>	6,07	8,69 ± 0,35	8,92 ± 0,35	8,58 ± 0,35	9,13 ± 0,35
<b>Cenizas</b>	2,65	2,87 ± 0,16	2,82 ± 0,16	2,79 ± 0,16	2,61 ± 0,16
<b>Energía</b>	6,02	7,18 ± 0,12	7,33 ± 0,12	7,11 ± 0,12	7,32 ± 0,12
<b>VPP (%)</b>		25,7 ± 1,33	26,3 ± 1,33	24,1 ± 1,33	22,5 ± 1,33
<b>VPG (%)</b>		52,6 ± 3,39	56,1 ± 3,39	46,7 ± 3,39	52,3 ± 3,39
<b>VPE (%)</b>		26,1 ± 1,51	26,9 ± 1,51	24,0 ± 1,51	24,7 ± 1,51

Los valores representan la media ± error estándar (n = 3). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a p<0,05. Test de Newman-Keuls. VPP: Valor productivo de la proteína; VPG: Valor productivo de la grasa; VPE: Valor productivo de la energía.

La composición de ácidos grasos (g 100 g<sup>-1</sup> en peso húmedo) de los juveniles de seriolas alimentados con las diferentes dietas se muestra en la Tabla 5. En comparación con las dietas FO 25, FO 0 y FO 0+ (dietas con inclusión de AV), la composición de AG corporales de los ejemplares alimentados con la dieta control (FO 100), presentó niveles significativamente mayores de 20:3n-6, 20:4n-6 y 22:6n-3; mientras que en los juveniles alimentados con las dietas con inclusión de AV mostraron niveles significativamente mayores de 18:3n-3 y una mayor relación EPA/DHA. La cantidad de EPA no difirió significativamente entre los tratamientos que contenían como fuente de lípidos AP (FO 100 y FO 25) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Composición de ácidos grasos (g 100 g<sup>-1</sup> en peso húmedo) de todo el cuerpo de *S. dumerili* antes y después del periodo de alimentación con las dietas (ver Tabla 1).

	<b>Inicio</b>	<b>FO 100</b>	<b>FO 25</b>	<b>FO 0</b>	<b>FO 0+</b>
14:0	0,120	0,178 ± 0,009 <sup>a</sup>	0,141 ± 0,009 <sup>b</sup>	0,119 ± 0,009 <sup>b</sup>	0,126 ± 0,009 <sup>b</sup>
15:0	0,007	0,006 ± 0,0003	0,007 ± 0,0003	0,007 ± 0,0003	0,007 ± 0,0003
16:0	0,762	1,20 ± 0,06	1,18 ± 0,06	1,14 ± 0,06	1,21 ± 0,06
17:0	0,017	0,031 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,022 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,019 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,020 ± 0,001 <sup>b</sup>
18:0	0,365	0,46 ± 0,02	0,48 ± 0,02	0,47 ± 0,02	0,51 ± 0,02
<b>Σ Saturados</b>	1,13	1,87 ± 0,10	1,82 ± 0,10	1,76 ± 0,10	1,88 ± 0,10
16:1	0,161	0,296 ± 0,013 <sup>a</sup>	0,225 ± 0,013 <sup>b</sup>	0,189 ± 0,013 <sup>b</sup>	0,204 ± 0,013 <sup>b</sup>
18:1n-9	1,290	2,286 ± 0,126 <sup>b</sup>	2,436 ± 0,126 <sup>ab</sup>	2,655 ± 0,126 <sup>ab</sup>	2,900 ± 0,126 <sup>a</sup>
18:1n-7	0,171	0,306 ± 0,012 <sup>a</sup>	0,261 ± 0,012 <sup>ab</sup>	0,231 ± 0,012 <sup>b</sup>	0,259 ± 0,012 <sup>ab</sup>
22:1n-9	0,013	0,023 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,008 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,004 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,004 ± 0,001 <sup>b</sup>
<b>Σ Ms</b>	1,635	2,911 ± 0,149	2,929 ± 0,149	3,079 ± 0,149	3,368 ± 0,149
18:2n-6	0,967	1,144 ± 0,062 <sup>b</sup>	1,273 ± 0,062 <sup>ab</sup>	1,313 ± 0,062 <sup>ab</sup>	1,440 ± 0,062 <sup>a</sup>
18:3n-6	0,006	0,007 ± 0,0006	0,007 ± 0,0006	0,007 ± 0,0006	0,007 ± 0,0006
20:3n-6	0,005	0,010 ± 0,0007 <sup>a</sup>	0,005 ± 0,0007 <sup>b</sup>	0,003 ± 0,0007 <sup>b</sup>	0,003 ± 0,0007 <sup>b</sup>
20:4n-6	0,409	0,066 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,049 ± 0,003 <sup>b</sup>	0,036 ± 0,003 <sup>b</sup>	0,039 ± 0,003 <sup>b</sup>
22:4n-6	0,009	0,016 ± 0,0009 <sup>a</sup>	0,013 ± 0,0009 <sup>ab</sup>	0,009 ± 0,0009 <sup>b</sup>	0,010 ± 0,0009 <sup>b</sup>
<b>Σ n-6 PUFA</b>	1,396	1,244 ± 0,067	1,347 ± 0,067	1,368 ± 0,067	1,500 ± 0,067
18:3n-3	0,256	0,279 ± 0,056 <sup>c</sup>	0,672 ± 0,056 <sup>b</sup>	0,830 ± 0,056 <sup>ab</sup>	0,913 ± 0,056 <sup>a</sup>
20:3n-3	0,007	0,016 ± 0,002 <sup>b</sup>	0,020 ± 0,002 <sup>ab</sup>	0,023 ± 0,002 <sup>ab</sup>	0,028 ± 0,002 <sup>a</sup>
20:5n-3 EPA	0,180	0,281 ± 0,020 <sup>a</sup>	0,220 ± 0,020 <sup>ab</sup>	0,163 ± 0,020 <sup>b</sup>	0,173 ± 0,020 <sup>b</sup>
22:5n-3	0,071	0,138 ± 0,009 <sup>a</sup>	0,102 ± 0,009 <sup>b</sup>	0,069 ± 0,009 <sup>b</sup>	0,081 ± 0,009 <sup>b</sup>
22:6n-3 DHA	0,525	0,851 ± 0,051 <sup>a</sup>	0,584 ± 0,051 <sup>b</sup>	0,406 ± 0,051 <sup>b</sup>	0,446 ± 0,051 <sup>b</sup>
<b>Σ n-3 PUFA</b>	1,039	1,565 ± 0,120	1,599 ± 0,120	1,490 ± 0,120	1,643 ± 0,120
<b>Σ n-3 HUFA</b>	0,776	1,271 ± 0,080 <sup>a</sup>	0,907 ± 0,080 <sup>b</sup>	0,638 ± 0,080 <sup>b</sup>	0,701 ± 0,080 <sup>b</sup>
<b>n-6/n-3</b>	0,990	0,795 ± 0,052	0,842 ± 0,052	0,933 ± 0,052	0,922 ± 0,052
<b>EPA/DHA</b>	0,342	0,330 ± 0,011 <sup>b</sup>	0,376 ± 0,011 <sup>a</sup>	0,407 ± 0,011 <sup>a</sup>	0,386 ± 0,011 <sup>a</sup>

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a  $p < 0,05$ . Test de Newman-Keuls.

Los valores representan la media ± error estándar (n = 3). Σ Ms: Sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados; Σ n-6 PUFA: Sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados de cadena n-3; Σ n-3 PUFA: Sumatorio ácidos grasos poliinsaturados de cadena n-3.

Los resultados de los valores productivos de los principales AG ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  en peso húmedo) en todo el cuerpo de los juveniles de seriola alimentados con las diferentes dietas se muestran en la Tabla 6. En comparación con la dieta control, la eficiencia de retención de los ejemplares alimentados con las dietas con el 100% de mezclas vegetales (FO 0 y FO 0+) presentaron mayores eficiencias de retención de 17:0, mientras que solamente el grupo de peces alimentados con la dieta FO 0 presentó eficiencias significativamente menores de 18:3n-6, 22:4n-6 y 18:3n-3. Por el contrario, se observa para estos mismos ácidos grasos (con excepción del 18:3n-3), que el grupo de peces alimentados con el 100% de las mezclas vegetales suplementado con el probiótico (FO 0+) no difirió con el tratamiento control. Para el caso del EPA y DHA no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 6.** Valores productivos de los ácidos grasos (% en peso húmedo) en la *S. dumerili* alimentada con las dietas experimentales.

	FO 100	FO 25	FO 0	FO 0+
<b>14:0</b>	51,1 ± 3,47	47,9 ± 3,47	49,9 ± 3,47	51,3 ± 2,83
<b>16:0</b>	59,3 ± 3,07	54,3 ± 3,07	50,5 ± 3,07	52,6 ± 2,51
<b>17:0</b>	58,9 ± 6,67 <sup>b</sup>	73,7 ± 5,44 <sup>ab</sup>	88,7 ± 6,67 <sup>a</sup>	88,5 ± 5,44 <sup>a</sup>
<b>18:0</b>	68,6 ± 4,63	82,0 ± 4,63	79,6 ± 4,63	82,0 ± 3,78
<b>16:1</b>	70,6 ± 5,07	70,0 ± 5,07	78,3 ± 5,07	83,6 ± 4,14
<b>18:1n-9</b>	75,9 ± 5,14	71,9 ± 4,19	74,5 ± 5,47	81,0 ± 4,19
<b>18:1n-7</b>	76,8 ± 4,0	77,5 ± 4,0	75,9 ± 4,0	84,7 ± 3,26
<b>18:2n-6</b>	66,2 ± 3,68	79,6 ± 3,68	69,9 ± 3,68	75,9 ± 3,0
<b>18:3n-6</b>	56,1 ± 2,88 <sup>a</sup>	71,0 ± 3,52 <sup>a</sup>	34,4 ± 3,52 <sup>b</sup>	59,5 ± 3,52 <sup>a</sup>
<b>20:4n-6</b>	55,1 ± 9,58	56,6 ± 9,58	63,5 ± 9,58	73,6 ± 9,58
<b>22:4n-6</b>	67,3 ± 3,53 <sup>ab</sup>	56,1 ± 3,53 <sup>bc</sup>	47,0 ± 3,53 <sup>c</sup>	74,8 ± 3,53 <sup>a</sup>
<b>18:3n-3</b>	93,8 ± 3,24 <sup>a</sup>	65,8 ± 3,24 <sup>b</sup>	45,2 ± 3,24 <sup>c</sup>	67,3 ± 3,24 <sup>b</sup>
<b>20:5n-3 EPA</b>	39,5 ± 5,94	41,2 ± 5,94	38,9 ± 5,94	45,5 ± 5,94
<b>22:6n-3 DHA</b>	64,2 ± 8,91	54,1 ± 7,27	56,3 ± 8,91	63,0 ± 8,91

Los valores representan la media ± error estándar ( $n = 3$ ). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a  $p < 0,05$ . Test de Newman-keuls.  $\Sigma$  Ms: Sumatorio de ácidos grasos monoinsaturados;  $\Sigma$  n-6 PUFA: Sumatorio de ácidos grasos poliinsaturados de cadena n-3;  $\Sigma$  n-3 PUFA: Sumatorio ácidos grasos poliinsaturados de cadena n-3.  $\Sigma$  n-3 HUFA.

Los parámetros biométricos de las seriolas alimentadas con las diferentes dietas se presentan en la Tabla 7. Se puede observar que el IVS del tratamiento FO 0+ difirió significativamente con los tratamientos FO 100 y FO 25 y que dicho tratamiento correspondió al grupo peces que habían sido alimentados con la dieta en donde se sustituyó el 100 % el aceite de pescado por mezclas, y que además contenían los probióticos. Así también se observa que no se encontraron diferencias significativas para el ID entre los tratamientos FO 25, FO 0 y FO 0+, mientras que sí hubo diferencias significativas entre los tratamientos FO 100 y FO 0. Para los demás índices somáticos no se encontraron diferencias significativas.

**Tabla 7.** Parámetros biométricos de *S. dumerili* al final del experimento.

	<b>FO 100</b>	<b>FO 25</b>	<b>FO 0</b>	<b>FO 0+</b>
<b>FC</b>	1,51 ± 0,02	1,50 ± 0,02	1,53 ± 0,02	1,58 ± 0,02
<b>IVS (%)</b>	5,94 ± 0,15 <sup>b</sup>	5,99 ± 0,15 <sup>b</sup>	6,36 ± 0,15 <sup>ab</sup>	6,55 ± 0,15 <sup>a</sup>
<b>IHS (%)</b>	1,69 ± 0,09	1,86 ± 0,09	1,94 ± 0,04	1,96 ± 0,09
<b>IGV (%)</b>	0,36 ± 0,05	0,49 ± 0,05	0,45 ± 0,05	0,45 ± 0,05
<b>ID (%)</b>	72,4 ± 0,32 <sup>a</sup>	72,2 ± 0,32 <sup>ab</sup>	71,2 ± 0,32 <sup>b</sup>	71,9 ± 0,32 <sup>ab</sup>
<b>ICAR (%)</b>	48,5 ± 0,6	48,5 ± 0,6	47,5 ± 0,6	48,6 ± 0,6

Los valores representan la media ± error estándar (n = 7). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a p<0,05. Test de Newman-Keuls.

En los parámetros hematológicos y bioquímicos de la sangre de *S. dumerili*, los niveles de triglicéridos, cortisol, hemoglobina, así como el número de glóbulos rojos y el porcentaje de hematocrito, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 8). Mientras sí se hallaron diferencias significativas en los niveles de colesterol entre los grupos que contenían AP (FO 100:168,21 y FO 25:151,36 mg dL<sup>-1</sup>) y los que no (FO 0: 128,36 y FO 0+: 124,42 mg dL<sup>-1</sup>). También se encontraron diferencias significativas en la cantidad de glucosa del tratamiento FO 25 respecto a los tratamientos FO 100 y FO 0+, y en el nivel de lactato deshidrogenasa del tratamiento FO 100 frente al resto de tratamientos.

**Tabla 8.** Hematología y bioquímica de la sangre de *S. dumerili* al final del experimento.

	<b>FO 100</b>	<b>FO 25</b>	<b>FO 0</b>	<b>FO 0+</b>
<b>Col (mg dL<sup>-1</sup>)</b>	168,21 ± 7,40 <sup>a</sup>	151,36 ± 7,40 <sup>a</sup>	128,36 ± 7,40 <sup>b</sup>	124,42 ± 7,40 <sup>b</sup>
<b>Glc (mg dL<sup>-1</sup>)</b>	71,62 ± 13,08 <sup>b</sup>	129,14 ± 13,08 <sup>a</sup>	97,21 ± 13,08 <sup>ab</sup>	82,57 ± 13,08 <sup>b</sup>
<b>Trig (mg dL<sup>-1</sup>)</b>	119,36 ± 7,89	103,79 ± 7,89	107,57 ± 7,89	106,57 ± 7,89
<b>Cortisol (µg dL<sup>-1</sup>)</b>	6,95 ± 1,88	10,21 ± 1,81	7,01 ± 1,88	10,25 ± 1,81
<b>LDH (mg dL<sup>-1</sup>) × 10<sup>4</sup></b>	0,23 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,08 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,12 ± 0,04 <sup>b</sup>
<b>Hb (g dL<sup>-1</sup>)</b>	10,12 ± 0,58	9,56 ± 0,66	9,84 ± 0,48	8,79 ± 0,50
<b>G.R (n° × 10<sup>6</sup> µL<sup>-1</sup>)</b>	2,87 ± 0,14	2,79 ± 0,16	2,95 ± 0,11	2,73 ± 0,20
<b>H<sup>o</sup> (%)</b>	38,89 ± 1,76	42,00 ± 1,99	39,61 ± 1,46	37,41 ± 1,52

Los valores representan la media ± error estándar (n = 7). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a p<0,05. Test de Newman-Keuls. Col: Colesterol; Glc: Glicemia; Trig: Triglicéridos; LDH: Lactato deshidrogenasa; Hb: Hemoglobina; G.R: Glóbulos rojos; H<sup>o</sup>: Hematocrito.

Los análisis físicos, químicos y de textura de la carne de seriola se muestran en la Tabla 9. Se observan para el parámetro luminosidad (L) diferencias significativas del tratamiento FO 100 respecto a los tratamientos FO 25 y FO 0. En el índice de rojo (a), los resultados mostraron valores negativos lo cual indicaría que el color de la carne corresponde a un color verde. Para el caso del índice de amarillo (b), presentaron valores positivos y se encontraron diferencias significativas entre los tratamiento FO 100 (2,53) con los tratamientos FO 25 (0,73) y FO 0 (1,0). En tanto en la diferencia de color (DELTA), no se encontraron diferencias significativas entre la carne de seriola de los tratamientos FO 25 (4,76) y FO 0 (4,53); por el contrario, el DELTA de estos tratamientos sí difirió significativamente con el tratamiento control (FO 100: 2,88).

Por otro lado, el perfil de la textura (TPA) de la carne de seriola, indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para cada uno de los parámetros

estudiados (Tabla 9). Es interesante resaltar los valores de adhesividad, ya que valores negativos indican que la textura de la carne de seriola es pegajosa o adhesiva.

**Tabla 9.** Características físicas, químicas y textura de la carne de *S. dumerili* al final del experimento.

	FO 100	FO 25	FO 0
<b>Color</b>			
L	34,08 ± 0,29 <sup>b</sup>	35,51 ± 0,41 <sup>a</sup>	35,85 ± 0,41 <sup>a</sup>
a	-2,91 ± 0,11 <sup>b</sup>	-2,17 ± 0,16 <sup>a</sup>	-2,35 ± 0,31 <sup>a</sup>
b	2,53 ± 0,26 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,37 <sup>b</sup>	1,00 ± 0,37 <sup>b</sup>
CHROMA	9,30 ± 0,61	9,34 ± 0,86	8,47 ± 0,86
DELTA	2,88 ± 0,20 <sup>b</sup>	4,76 ± 0,28 <sup>a</sup>	4,53 ± 0,28 <sup>a</sup>
<b>Textura</b>			
Dureza (N)	229,49 ± 13,36	235,54 ± 18,51	235,74 ± 18,89
Adhesividad (Kg m <sup>2</sup> /s <sup>-2</sup> )	-15,22 ± 1,04	-13,46 ± 1,45	-13,47 ± 1,48
Cohesividad	0,55 ± 0,005	0,55 ± 0,007	0,56 ± 0,007
Elasticidad	0,80 ± 0,007	0,81 ± 0,010	0,81 ± 0,010
Gomosidad (N)	126,07 ± 6,68	129,07 ± 9,26	130,88 ± 9,45
Masticabilidad (Kg)	101,29 ± 5,18	103,66 ± 7,18	106,26 ± 7,33
Humedad (%)	70,71 ± 0,42	70,82 ± 0,60	71,60 ± 0,60
pH	6,27 ± 0,02	6,32 ± 0,02	6,30 ± 0,02

Los valores representan la media ± error estándar (n= 8 y n=4). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a p<0,05. Test de Newman-Keuls.

Finalmente los resultados de calidad de la carne de seriola que comprendieron una evaluación organoléptica de muestras crudas, y organolépticas y de sabor de muestras cocinadas, se muestran en las Tablas 10 y 11, respectivamente.

Se compararon las dos dietas con sustitución del AP con la dieta control de manera individual. En resumen, los evaluadores no detectaron ninguna diferencia significativa entre los tratamientos.

**Tabla 10.** Evaluación organoléptica de la carne cruda de *S. dumerili* al final del experimento.

	FO 0 vs FO 100		FO 25 vs FO 100	
	FO 0	FO 100	FO 25	FO 100
<b>Olor</b>				
Marino	2,11 ± 0,20	1,89 ± 0,20	2,2 ± 0,23	2,0 ± 0,23
Degradación	1,78 ± 0,45	1,56 ± 0,45	1,8 ± 0,50	2,1 ± 0,50
Extraños	1,67 ± 0,44	1,67 ± 0,44	1,9 ± 0,44	1,9 ± 0,44
<b>Color</b>				
Brillo	2,22 ± 0,22	2,67 ± 0,22	2,8 ± 0,36	2,9 ± 0,36
Blancura	2,56 ± 0,32	2,56 ± 0,32	3,1 ± 0,34	2,8 ± 0,34
<b>Textura</b>				
Compacidad	2,44 ± 0,27	2,00 ± 0,27	2,1 ± 0,33	1,9 ± 0,33
Retención de agua	2,78 ± 0,24	3,11 ± 0,24	3,6 ± 0,29	3,6 ± 0,29
Limo superficial	1,67 ± 0,45	1,78 ± 0,45	1,6 ± 0,42	1,6 ± 0,42
Separación de lascas	2,44 ± 0,39	2,5 ± 0,41	2,0 ± 0,23	1,8 ± 0,23
Elasticidad	2,78 ± 0,33	2,25 ± 0,35	2,5 ± 0,22	2,4 ± 0,22

Los valores representan la media ± error estándar (n = 8 y n=4). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a p<0,05. Test de Newman-Keuls.

**Tabla 11.** Evaluación organoléptica y sabor de la carne cocinada *S. dumerili* al final del experimento.

	FO 0 vs FO 100		FO 25 vs FO 100	
	FO 0	FO 100	FO 25	FO 100
<b>Color</b>				
Luminosidad	2,33 ± 0,24	2,11 ± 0,24	2,2 ± 0,28	2,7 ± 0,28
Blancura	1,89 ± 0,26	1,89 ± 0,26	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2
<b>Sabor</b>				
Marino	2,00 ± 0,30	2,11 ± 0,30	2,1 ± 0,30	2,1 ± 0,30
Degradación	1,56 ± 0,41	1,56 ± 0,41	1,7 ± 0,42	1,7 ± 0,42
Extraños	1,78 ± 0,46	1,89 ± 0,46	1,7 ± 0,41	2,1 ± 0,41
<b>Textura en boca</b>				
Compacidad	2,67 ± 0,33	2,67 ± 0,33	2,8 ± 0,37	2,6 ± 0,37
Retención de agua	2,33 ± 0,32	2,11 ± 0,32	1,9 ± 0,34	2,7 ± 0,34
Untosidad	2,44 ± 0,21	2,44 ± 0,21	2,00 ± 0,27	2,67 ± 0,28

Los valores representan la media ± error estándar (n= 8 y n=4). Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas a p<0,05. Test de Newman-Keuls.

#### 4. Discusión

En primer lugar, es importante resaltar el rápido crecimiento que tiene la *S. dumerili*, característica lo que la hace una gran candidata para la acuicultura mediterránea y que queda totalmente corroborada en el presente trabajo al observar los valores de CTC, que fluctuaron entre 0,00281 y 0,00295. Si estos valores se comparan con los de otros peces marinos como la dorada *S. aurata*, lubina *Dicentrarchus labrax* y rodaballo *Psetta maxima*, que presentan valores medios de 0,00172, 0,00085 y 0,00099 (Mayer *et al.*, 2008; Alamar *et al.*, 2002; Kaushik, 1998) se evidencia claramente que *S. dumerili* presenta mayores CTC y que dicha diferencia se debería en general a que las especies de este género presentan un rápido crecimiento (Avilés & Castelló, 2004), pudiendo ser hasta 10 veces superior a la de la lubina (Muraccioli *et al.*, 2000).

El análisis de composición de AG de las dietas formuladas con el 100 (FO 100) y 25% (FO 25) de AP como fuente lipídica, mostró mayores concentraciones de AGE para peces marinos como lo son el AA, EPA y DHA mientras que como era de esperar, los piensos formulados con el 100% de mezclas de los aceites de linaza, palma y girasol sin (FO 0) y con suplementación de probióticos (FO 0+), se caracterizaron por tener mayores concentraciones de 18:1n-9, 18:2n-6 y 18:3n-3, respectivamente. Esto no supuso un inconveniente ni en el crecimiento ni en los parámetros nutritivos de la seriola, por lo que se podría afirmar que todos los piensos cubrieron las necesidades de EPA, DHA y de ácidos grasos altamente insaturados de cadena n-3. Así pues estos resultados confirman los de Guillame *et al.* (2004) que indican unos niveles de EPA y DHA en piensos para este género se encuentran en un 0,5% de la dieta, aunque quizás en el caso del EPA estén sobrevalorados ya que con un 0,3% de éste ácido graso en la dieta, como se ha podido comprobar no ha habido diferencias en el crecimiento.

Por otro lado, el presente estudio indica que todo el AP en piensos para juveniles de seriola *S. dumerili* puede ser sustituido por una mezcla de AV (palma, linaza y girasol), sin ocasionar efectos adversos sobre el crecimiento y parámetros nutritivos. Esto es algo similar a lo que ocurre en otras especies, como es el caso del lenguado de California *P. californicus* (Badillo-Zapata *et al.*, 2010), la dorada *S. aurata* (Benedito-Palos *et al.*, 2007), el salmón del Atlántico *S. salar* (Bell *et al.*, 2002), el bacalao de Murray *Maccullochella peellii peellii* (Turchini *et al.*, 2011), trucha arco iris *O. mykiss* (Thanuthong *et al.*, 2011), y en el verrugato *Umbrina cirrosa* (Segato *et al.*, 2005).

Aunque la sustitución de aceite de pescado por mezclas de aceites vegetales no afectó al crecimiento y parámetros nutritivos en los juveniles de seriola; sí afectó a la supervivencia. Sustituciones de un 75% del AP por mezclas de AV afectan significativamente a la supervivencia de la seriola. Los AG de la dieta influyen en la composición lipídica de las membranas celulares y sus propiedades físicas, ejerciendo un efecto profundo sobre la actividad de enzimas asociadas con las membranas y los receptores, y en la respuesta inmune, ya que muchas de estas respuestas se basan en las interacciones en la membrana celular de los leucocitos (por ejemplo la producción de citoquinina). Además, los AG de la dieta pueden afectar la producción de eicosanoides derivados de ácidos grasos de 20 átomos de carbono (principalmente EPA y AA). Los eicosanoides incluyen prostaglandinas, leucotrienos y lipoxinas, que están involucrados en varios procesos fisiológicos como la osmorregulación y la respuesta inmune (Uhing *et al.*, 1990; Rola-Pleszczynski & Stankov 1993).



La supervivencia del tratamiento FO 0+ es un poco contradictoria ya que los peces de este tratamiento fueron alimentados con la dieta suplementada con los probióticos (*L. brevis* y *L. buchneri*), los cuales son empleados por mejorar la digestibilidad de los nutrientes y para fortalecer el sistema inmune del huésped (Akhter *et al.*, 2015). De hecho, en otras especies, como la tilapia *Oreochromis niloticus* y el lenguado *Solea senegalensis* se ha demostrado que el uso de probióticos en dietas mejora la digestibilidad de los nutrientes y la supervivencia (Aly *et al.*, 2008; García, 2011). Aunque en el salmón del Atlántico el empleo de probióticos en dietas aumentó la mortalidad, como en el presente trabajo (Gildberg *et al.*, 1995). Por lo tanto, es posible que los probióticos empleados no pudieran haber ayudado a fortalecer el sistema inmune en el grupo de peces del tratamiento FO 0+. Igualmente, el probiótico no pareció mejorar el aprovechamiento de los nutrientes de la dieta, ya que los resultados obtenidos en los peces alimentados con la dieta FO 0 (sin probióticos), obtuvieron unos resultados muy similares de tasa de alimentación, índice de conversión del alimento y coeficiente de eficacia de crecimiento a los de la dieta control.

Los resultados de composición proximal, energía y valores productivos de los nutrientes en todo el cuerpo de seriola al final del experimento indican al igual que para los resultados de crecimiento y parámetros nutritivos que no hay efecto alguno de los piensos en los mismos. Resultados similares también fueron encontrados en la dorada (*S. aurata*), la seriola de aleta amarilla *S. lalandi* y el bacalao de Murray *M. peellii peellii* (Fountoulaki *et al.*, 2009; Bowyer *et al.*, 2012; Turchini *et al.*, 2011). Del mismo modo Benedito-Palos *et al.* (2007) no encontraron diferencias significativas en la dorada *S. aurata* con piensos con sustituciones del 33, 66 y 100% del AP por mezclas de aceites vegetales como linaza, palma y colza.

Sin embargo, mientras que dicha sustitución tiene no tiene efecto en el crecimiento, el efecto sobre la composición de los peces alimentados con AV muestra una modificación importante en el nivel de ácidos grasos. Así los peces alimentados con aceites vegetales presentaron un mayor nivel de C18 PUFA (ácidos grasos poliinsaturados 18: 2n-6, 18: 3n-3 y 18: 1n-9) y niveles reducidos de n-3 HUFA (ácidos grasos altamente insaturados de serie n-3), especialmente ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), con el consiguiente aumento en la relación de ácidos grasos n-6 / n-3. Estos resultados son acordes a otros estudios que muestran que las composiciones de AG de los peces marinos son reflejadas por las composiciones de los ácidos grasos de la dieta (Lee, 2001; Sang-Min *et al.*, 2003). Los resultados también demuestran que la seriola (*S. dumerili*), no tiene la capacidad de convertir los ácidos 18:2n-6 y 18:3n-3 en n-3 HUFA y AA; esto es debido a que al igual que ocurre en peces marinos, hay ausencia o escasa actividad de enzimas elongasas y desaturasas  $\Delta 4$  y  $\Delta 5$ ; las cuales son las encargadas de convertir los AGE de 18 C en éstos últimos (Guillame *et al.*, 2004). Por lo tanto, los n-3 HUFA y AA deben ser incluidos en las dietas para peces, ya que además son AGE que tienen una gran importancia sobre la salud humana. En lo que respecta a las concentraciones de AG encontrados en el presente estudio, podemos mencionar que el total de AG saturados y n-3 HUFA fluctuaron entre 1,76 - 1,88 y 0,64 - 1,27 (g 100 g<sup>-1</sup> en peso húmedo), respectivamente. Si estos valores se comparan con los de otros peces marinos como el atún, bagre, besugo, jurel y mero que presentan valores medios en ese orden para los AG saturados de 0,11; 0,40; 0,14; 0,09 y 0,11 (g 100 g<sup>-1</sup>); y n-3 HUFA de 0,17; 0,38; 0,23; 0,12 y 0,07 (g 100 g<sup>-1</sup>) pero con la diferencia que estos datos

corresponden a la parte comestible del pez (Castro-Gonzales *et al.*, 2004), se evidencia claramente que los juveniles *S. dumerili* presenta mayores concentraciones de estos ácidos grasos lo cual es un buen indicador de la calidad de los peces desde el punto de vista de la salud humana.

Los valores productivos de los AG de la seriola demuestran que cuando un AG se encuentra en nivel dietario menor, su eficiencia de retención se verá incrementada y lo contrario ocurre cuando hay un mayor nivel de AG. Tal situación se observó con el ácido 17:0, donde el pienso FO 100 contenía un nivel más alto de este AG, lo cual explica que su eficiencia de retención sea significativamente inferior a los tratamientos FO 0 y FO 0+ donde los piensos de estos tratamientos contenían bajos niveles. Asimismo, se puede observar para el 18:3n-3 que se encontraba en bajas concentraciones en el pienso FO 100, su eficiencia de retención para este AG fue significativamente superior en comparación con los demás tratamientos con un valor del 94%. En cuanto a las eficiencias de retención de los n-3 HUFA como el EPA y DHA, los resultados indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos, lo cual indicaría que estos ácidos grasos son muy importantes para los peces; ya que como se observa son retenidos por igual independientemente si se encuentra en mayores o menores concentraciones en los piensos. . Un aspecto importante en estos últimos resultados, se debe al hecho de que la eficiencia de retención del EPA comparado con los demás AG fue la más baja en todos los tratamientos, por lo que es muy probable que se esté alimentando con exceso de este AG a la seriola, lo que nos hace suponer que esta especie requiere niveles inferiores del mismo. Por otro lado, el efecto de los probióticos sobre los valores productivos en los peces alimentados con el pienso FO 0+ se evidencia en los resultados de los ácidos 18:3n-6, 22:4n-6, 18:3n-3, EPA y DHA (aunque en estos no se encontraron diferencias significativas); en donde se puede observar que los valores productivos fueron significativamente similares al control (excepción para el 18:3n-3) (Tabla 6). Esto podría deberse a que el probiótico, haya facilitado la biodisponibilidad o la digestibilidad de los ácidos grasos, al igual que ocurre con otros los nutrientes (Merrifield *et al.*, 2010).

Los resultados biométricos como el factor de condición, índice hepatosomático e índice de la carne, indicaron que las dietas no tuvieron efectos sobre los mismos. En varios estudios, altos niveles de sustitución de aceites de pescado por aceites vegetales en la dieta de peces carnívoros (Caballero *et al.*, 2002, 2003; Francis *et al.*, 2006; Benedito-Palos *et al.*, 2008) o el uso de aceites vegetales puros con un alto desequilibrio en de PUFA de C18 PUFA (Caballero *et al.*, 2002, 2003, 2004; Francis *et al.*, 2006), inducen a un aumento de grasa en el hígado y el IHS, no siendo el caso de seriola. Sin embargo, similares resultados se encontraron en la lubina de Murray *Sander lucioperca* y el bacalao de Murray *M. peellii peeli* alimentadas con dietas con aceites vegetales (Kowalska *et al.*, 2010; Mourente *et al.*, 2005). El índice viscerosomático fue significativamente mayor en el tratamiento FO 0+, lo cual se debería probablemente a que en este tratamiento las concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados y en especial del 18:1n-9 en las vísceras de este grupo de peces; habrían sido mayores en comparación con los tratamientos FO 100 y FO 25. Puesto que en la lubina y la perca euroasiática, un elevado índice viscerosomático se relaciona con mayores concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados y ácido oleico. Siendo este último es uno de los principales ácidos grasos de reserva de energía el cual es almacenado en las vísceras de estos peces (Lanari *et al.*, 1999; Xu *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos del estudio de hematológico y bioquímico de la sangre de las seriolas, no mostraron diferencias significativas en las concentraciones de triglicéridos, hemoglobina, hematocrito, número de glóbulos rojos y cortisol. Del mismo modo Montero *et al.* (2003) en la dorada *S. aurata* determinaron que no había diferencias significativas en los niveles de cortisol en el plasma entre tratamientos con dietas de aceite de pescado y mezclas de aceites vegetales como soja, linaza y colza, respectivamente. En los niveles de colesterol, sí se encontraron diferencias significativas de los tratamientos FO 100 y FO 25 (168 y 151 mg dL<sup>-1</sup>) respecto a los tratamientos FO 0 y FO 0+ (128 y 124 gm dL<sup>-1</sup>). Similares resultados se han encontrado en lubina *D. labrax* y la dorada negra *Acanthopagrus schlegeli* cuando el aceite de pescado fue sustituido con aceites vegetales (Richard *et al.*, 2006; Peng *et al.*, 2008). Tales resultados encontrados por estos autores al igual que los encontrados en el experimento, se deben al hecho de que las dietas con AV son ricos en ácidos grasos como 18:1n-9, 18:2n-6 y 18:3n-3, los cuales reducen los niveles de colesterol (Fernández & West, 2005) causado por los niveles de fitosteroles que tienen estos aceites (Plaza, 2001). Por otro lado, los niveles de colesterol se encontraron dentro los rangos normarles para peces marinos (Larsson & Fange, 1977). Las concentraciones de glucosa indican un incremento en todos los tratamientos a medida que se aumentó el nivel de sustitución del AP por las mezclas vegetales en las dietas. Seno-O *et al.* (2008) en juveniles de *S. quiquenradiata* también encontraron esta tendencia, aunque en este trabajo la sustitución del aceite de pescado se hizo con un único aceite de vegetal, en lugar de una mezcla como en el presente estudio. El análisis de la enzima lactato deshidrogenasa (LDH) nos muestra unos resultados un poco contradictorios debido a que según Barandica (2010), niveles altos de esta enzima indica situaciones de estrés, y según lo mencionado por este autor debería haberse encontrado menor porcentaje de supervivencia en los peces del tratamiento control, ya que la concentración de LDH fue significativamente mayor en este tratamiento, en comparación con los demás. Por el contrario en juveniles de *Labeo rohita*, un porcentaje de supervivencia del 70% está relacionado a situaciones de estrés con niveles altos de LDH (35 UI L<sup>-1</sup>) (Pakhira *et al.*, 2015). Sin embargo no se podría afirmar que el grupo de peces de este tratamiento; así como de los demás se hubieran encontrado en situaciones de estrés durante el experimento, esto debido a que no se encontraron diferencias significativas en los niveles de hemoglobina y hematocrito (Alves *et al.*, 2010).

En el estudio de evaluación organoléptica así como en el análisis de textura y pH tanto en muestras crudas como cocinadas de la carne de seriola, indica que la sustitución del aceite de pescado por una mezcla de aceites vegetales, no produce cambios drásticos en las propiedades organolépticas de la carne de esta especie. Del mismo modo, Montero *et al.* (2005), Fountoulaki *et al.* (2009) y Grigorakis *et al.* (2009) en lubina y dorada no encontraron diferencias significativas, aunque estos autores trabajaron con mezclas individuales de los aceites de soja, linaza, palma respecto a una dieta control con aceite de pescado y únicamente en muestras de carne cocinada. Sin embargo, algunos han detectado diferencias sensoriales entre peces alimentados con dietas con aceite de pescado y dietas con altos niveles de inclusión de aceites vegetales (Izquierdo *et al.*, 2005; Martínez-Llorens *et al.*, 2007).

En tanto la explicación del porque no hay diferencias significativas al menos para el parámetro compacidad; se debería a que los niveles corporales de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y saturados fueron similares en todos los tratamientos; ya que en la dorada *S. aurata* se encuentran diferencias significativas en la dureza de la carne cuando los niveles de PUFA son superiores y los ácidos grasos saturados inferiores en dietas con sustitución del 80% del AP por aceite de soja (Izquierdo *et al.*, 2005). En general la no discriminación por parte de los panelistas en la evaluación organoléptica se debería también a que los resultados de composición proximal no evidenciaron diferencias significativas (con excepción en la proteína).

Otro aspecto importante además de estos últimos estudios mencionados sobre la calidad de la carne de seriola donde las mezclas de AV no causaron efecto alguno sobre los mismos y desde un punto de vista comercial; es el estudio del color. En este sentido el color de la carne es muy importante, ya que es un atributo sensorial que puede influir en la elección de la carne de pescado por parte de los consumidores. En el caso del salmón del Atlántico *S. salar*, se han observado un mayor índice de rojo ( $a^*$ ) cuando se alimentaron con dietas con aceite de pescado en comparación con dietas con aceites vegetales (Regost *et al.*, 2004; Røra *et al.*, 2005). Estos autores atribuyen las diferencias de color entre los grupos dietarios a mayores concentraciones de astaxantina y cantaxantina observado en animales alimentados con AP. También en el salmón del Atlántico, un contenido mayor de astaxantina y mayores valores de índice de rojo ( $a$ ) se observaron en animales alimentados con una dieta con 31% de grasa (Bjerkeng *et al.*, 1997). En el presente estudio, los resultados de las mediciones del color revelaron mayores índices de claridad (L) significativamente superiores en los tratamientos con las mezclas de aceites vegetales (FO 25 y FO). En el índice rojo ( $a^*$ ), el grupo de peces alimentados con la dieta con el 100% de aceite de pescado (FO 100), mostró un valor más negativo que fue significativamente diferente en comparación con los demás tratamientos; indicando que la carne de estos peces evidenciaba un intenso color verde lo que a su vez podría explicar las diferencias en el índice de L en este tratamiento. En cuanto a las diferencias encontradas en el índice de rojo; estos resultados están de acuerdo a lo encontrado en la dorada *S. aurata*, después de ser alimentada con dietas con aceites individuales de soja, linaza y colza (Izquierdo *et al.*, 2005). Mientras la explicación de los resultados del presente trabajo se debería a que el grupo de peces del tratamiento control fueron alimentados con mayores contenidos de n-3 HUFA; ya que en los resultados de composición corporal de ácidos grasos, los del tratamiento control mostraron mayor diferencia significativa de estos AG en comparación con lo demás así como también lo reportó Izquierdo *et al.* (2005) en la dorada. Respecto al índice de amarillo ( $b^*$ ), en todos los tratamientos se encontraron valores por encima de 0, lo cual indica que la carne mostró una tendencia hacia el color amarillo. En tanto se encontraron diferencias significativas entre el  $b^*$  del tratamiento control frente a los tratamientos FO 25 y FO 0. Del mismo Montero *et al.* (2005) en dietas para lubina *D. labrax* con sustituciones parciales del aceite de pescado por aceites de colza, soja y linaza, reportaron un índice de amarillo por encima de 0. Mientras que en este mismo trabajo un nivel del 60% de aceite de colza mostró un color de la carne más amarillo, siendo significativamente diferente en el grupo de peces alimentado con el 100% de aceite de pescado. Este último resultado por parte de estos autores no concuerda con lo encontrado en el presente estudio donde se indicó que un índice de amarillo significativamente mayor se encontró en los peces alimentados con la dieta con el 100% de aceite de pescado.

Por otro lado la diferencia de color (DELTA), donde se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Estos resultados se deberían a las diferencias encontradas en los índices de rojo y amarillo en los tratamientos.

El consumo de pescado se asocia generalmente a los beneficios para la salud, debido a sus altos niveles de n-3 HUFA. Estos AG se ha demostrado que puede prevenir las enfermedades cardiovasculares y neurológicas (Ruxton *et al.*, 2004; Simopoulos, 2005; Von Schacky, 2006) y son una marca de calidad para los consumidores. La ingesta diaria recomendada (RDI) de EPA + DHA se estima en al menos 0,25 g por día para los individuos humanos sanos (EFSA, 2010). A pesar de los cambios observados en la composición de ácidos grasos corporales al final del experimento (principalmente EPA y DHA), que disminuyó a medida que el AP se sustituyó por las mezclas de aceites vegetales; estos podrían ser restaurados si se alimenta de nuevo con una dieta de 100% de aceite de pescado, mejorando así la calidad de la carne de pescado (Glencross *et al.* 2003; Izquierdo *et al.* 2005), además de reducir al mínimo los cambios histológicos, tales como las alteraciones hepáticas que se encuentran durante la alimentación con aceite vegetal, según lo informado por Caballero *et al.* (2004).

## 5. Conclusiones

- Los altos valores medios del CTC (0,00281 y 0,00295) comparados con otras especies indican que *S. dumerili* es una especie con mucho potencial para la acuicultura mediterránea.
- El presente estudio indica que sustituciones del 75 y 100% del AP por mezclas de aceites vegetales como linaza, palma y girasol, no afectó al crecimiento de los juveniles de *S. dumerili*.
- Sustituciones del 100% del AP por mezclas de AV afectan significativamente a la supervivencia de *S. dumerili*.
- Los resultados de composición corporal de las seriolas y sus valores productivos al final del experimento indican que no hay efecto alguno de los piensos en los mismos.
- El perfil de ácidos grasos corporales de seriola reflejó el perfil de las dietas. Y se demostró que *S. dumerili*, no tiene la capacidad de convertir los ácidos 18:2n-6 y 18:3n-3 en n-3 HUFA y AA.
- No se encontraron efectos de los piensos sobre los parámetros sanguíneos como triglicéridos, hemoglobina, hematocrito, número de glóbulos rojos y cortisol. Y los peces alimentados con el 100% de aceite de pescado presentaron un mayor contenido de colesterol y lactato deshidrogenasa en el plasma.
- Los resultados biométricos como el factor de condición, índice hepatosomático e índice de la carne, indicaron que las dietas no tienen efectos sobre los mismos.
- En el estudio de evaluación organoléptica así como en el análisis de textura y pH, tanto en muestras cocinadas como no cocinadas de la carne de seriola, indica que la sustitución del aceite de pescado por una mezcla de aceites vegetales, no produce cambios drásticos en las propiedades organolépticas de la carne de esta especie.
- La características del color de la carne de los juveniles de *S. dumerili* con excepción del CHROMA y DELTA, fueron afectados por los piensos.
- En general estos resultados demuestran que es posible sustituir todo el aceite de pescado por las mezclas de aceites empleadas en este experimento en dietas para *S. dumerili*.

## 6. Bibliografía

- A.O.A.C. Association of official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis, 15th end. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. 1298 p.
- Abraham, T.J., S. Mondal & Ch. Babu. 2008. Effect of commercial aquaculture probiotic and fish gut antagonistic bacterial flora on the growth and disease resistance of ornamental fishes *Carassius auratus* and *Xiphophorus helleri*. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25: 27-30.
- Akhter, N., B. Wu, A. Memon & M. Mohsin. 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, 45: 733-741.
- Alamar, M., V. Estruch, J. Pastor & A. Vidal. 2002. Modelo aleatorio de crecimiento CCT biparamétrico. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 18 (1-4): 7-14.
- Almaida-Pagán, P.F., M.D. Hernández, B. García García, J.A. Madrid, J. De Costa & P. Mendiola. 2007. Effect of total replacement of fish oil by vegetable oil on n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid desaturation and elongation in sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) hepatocytes and enterocytes. *Aquaculture*, 272: 589 – 598.
- Aly, S.M., A.Y. Abdel-Galil, G.A. Abdel-Aziz & M.F. Mohamed. 2008. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish Shellfish Immunol*, 25:128–136.
- Alves, R., O. Cordeiro, T.S. Silva, N. Richard, M. de Vareilles, G. Mariano, P. Di Marco, P.M. Rodrigues & L.E.C. Conceição. 2010. Metabolic molecular indicators of chronic stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*) using comparative proteomics. *Aquaculture*, 299: 57-66.
- Aoki, H., T. Watanabe, Y. Samada, Y. Yamagata, K. Yamauchi & S. Satoh. 2000. Use of alternative protein sources and lipid sources in practical feeds for yellowtail. *Suisanzoshoku*, 48, 81–90.
- Aslaksen, M.A., O.F. Kraugerud, M. Penn, B. Svihus, V. Denstadli, H.Y. Jorgensen, M. Hillestad, A. Krogdahl & T. Storebakken. 2007. Screening of nutrient digestibilities and intestinal pathologies in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with legumes, oilseeds or cereals. *Aquaculture*, 272: 541 – 555.
- Auró, A & C.L. Ocampo. 1999. Diagnóstico del estrés en peces. *Revista Veterinaria México*, 30: 337-344.
- Avilés, QA & FO. Castelló. 2004. Manual para el cultivo de *Seriola lalandi* (Pisces: Carangidae) en Baja California Sur, México. Instituto Nacional de la Pesca, Dirección General de Investigación en Acuicultura. México DF. 64 p.

- Badillo-Zapata, D., G. Correa-Reyes, LR. D'Abramo, JP. Lazo, JF. Toro-Vásquez & MT. Viana. 2010. Efecto de sustituir el aceite de pescado dietético con aceites vegetales en la composición de ácidos grasos del tejido muscular de juveniles de lenguado de California (*Paralichthys californicus*). *Ciencias Marinas*, 36(2): 121–133.
- Balcázar, J.S., I. de Blas, I. Ruiz-Zarzuela, D. Cunningham, D. Vendrell & J.S. Múzquiz. 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Veterinary Microbiology*, 114: 173-186.
- Barandica, L. 2010. Efectos de las dietas experimentales en la respuesta inmune de los peces. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 128 p.
- Benedito-Palos, L., A. Saera-Vila, J.A. Calduch-Giner, S. Kaushik & J. Pérez-Sánchez. 2007. Combined replacement of fish meal and oil in practical diets for fast growing juveniles of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): Networking of systemic and local components of GH/IGF axis. *Aquaculture*, 267: 199-212.
- Benedito-Palos, L., J.C. Navarro, A. Sitjà-Bobadilla, G.J. Bell, S. Kaushik, Pérez-Sánchez, J., 2008. High levels of vegetable oils in plant protein-rich diets fed to gilthead seabream (*Sparus aurata* L.): growth performance, muscle fatty acid profiles and histological alterations of target tissues. *Br. J. Nutr.*, 100: 992-1003.
- Benedito-Palos, L., J.C. Navarro, A. Bermejo-Nogales, A. Saera-Vila, S. Kaushik & J. Pérez-Sánchez. 2009. The time course of fish oil wash-out follows a simple dilution model in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed graded levels of vegetable oils. *Aquaculture*, 288: 98 – 105.
- Benedito-Palos, L., J.C. Navarro, S. Kaushik & J. Perez-Sanchez. 2010. Tissue-specific robustness of fatty acid signatures in cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed practical diets with a combined high replacement of fish meal and fish oil. *Journal of Animal Science*, 88: 1759 – 1770.
- Bjerkeng, B., S. Refstie, K.T. Fjalestad, T. Storebakken, M. Rødbotten & A.J. Roem. 1997. Quality parameters of the flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by dietary fat content and full-fat soybean meal as a partial substitute for fish meal in the diet. *Aquaculture* 157, 297-309.
- Bolasina, S & J. Fenucci. 2005. Digestibilidad aparente de proteína cruda y lípidos en la brótola, *Urophycis brasiliensis* (Kamp, 1858) (Pisces: Gadiformes), alimentada con reemplazos parciales de harina de soja y harina de carne. *Rev. Biol. Mar. Ocean.*, 40(2): 127- 131.
- Booth, M., G. Allan & I. Pirozzi. 2010. Estimation of digestible protein and energy requirements of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* using a factorial approach. *Aquaculture*, 307: 247-259.
- Bowyer, J.N., J.G. Qin, R.P. Smullen & D.A.J. Stone. 2012. Replacement of fish oil by poultry oil and canola oil in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) at optimal and suboptimal temperaturas. *Aquaculture*, 356–357: 211–222.



- Caballero, M.J., A. Obach, G. Rosenlund, D. Montero, M. Gisvold & M.S. Izquierdo. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214: 253-271.
- Caballero, M.J., M.S. Izquierdo, E. Kjørsvik, D. Montero, J. Socorro, A.J. Fernández & G. Rosenlund. 2003. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. *Aquaculture*, 225: 325-340.
- Caballero, M.J., M.S. Izquierdo, Kjørsvik, D. Montero, J. Socorro, A.J. Fernández & G. Rosenlund. 2004. Histological alterations in the liver of seabream, *Sparus aurata* L., caused by short- or longterm feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. *J. Fish. Dis.*, 27(9):531-541.
- Cardona-Pascual, L. 1993. Otras especies de peces con interés en acuicultura. 467-476. In: F. Castellò-Orvay (Ed). *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*. Universitat de Barcelona. 739 p.
- Castro-González, M.I., L.Q.A. Anayté, J.L. Silencio, L. Cassis & H. Ledesma. 2004. Perfil lipídico de 25 pescados marinos mexicanos con especial énfasis en sus ácidos grasos n-3 como componentes nutracéuticos. ALAN [revista en la Internet]. [citado 2015 Sep 10] ; 54(3): 328-336. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000300012&lng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000300012&lng=es).
- Castro-Barrera, T., M.C. Mornroy-Dosta, J. Castro-Mejia, R. Lara-Andrade & G. Castro-Mejia. 2011. Efecto de cuatro probióticos en el crecimiento y la sobrevivencia de *Carassius auratus*. *Ciencia pesquera*, 19: 21- 28. [Citado 04 de Junio 2015]. Disponible en: [http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/REVISTA/Efecto\\_de\\_cuatro\\_probi%C3%B3ticos\\_en\\_el\\_crecimiento\\_la\\_sobrevivencia\\_de\\_Carassius\\_auratus.pdf](http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/REVISTA/Efecto_de_cuatro_probi%C3%B3ticos_en_el_crecimiento_la_sobrevivencia_de_Carassius_auratus.pdf)
- CAC-GL 31.1999. CODEX GUIDELINES FOR THE SENSORY EVALUATION OF FISH AND SHELLFISH IN LABORATORIES. 31 p.
- Cho, Y. & D. Bureau.1999. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding, ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11(4):199-210.
- Coolsaet, N. 2009. Formulación, ingredientes y piensos, aditivos, factores antinutritivos, sostenibilidad. p: 409-436. In F. Sanz (Cord.). *Nutrición y alimentación en piscicultura*. Edic. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid. España.
- Craig, S.R & D.M. Gatlin.1995. Coconut oil and beef tallow, but not tricaprilyn, can replace menhaden oil in the diet of red drum (*Sciaenops ocellatus*) without adversely affecting growth or fatty acids composition. *The Journal of Nutrition*, 3041 – 3048.

Dawood, M.A.O., S. Koshio, M. Ishikawa & S. Yokoyama. 2015. Effects of Partial Substitution of Fish Meal by Soybean Meal with or without Heat-Killed *Lactobacillus plantarum* (LP20) on Growth Performance, Digestibility, and Immune Response of Amberjack, *Seriola dumerili* Juveniles,” *BioMed Research International*, Article ID 514196, 11 pages.

Deschrijver, R. & F. Ollevier. 2000. Protein digestion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) and effects of dietary administration of *Vibrio proteolyticus*. *Aquaculture*, 186: 107–116.

Deshimaru, O., K. Kuroki & Y. Yone. 1982. Suitable Levels of Lipids and Ursodesoxycholic Acid in Diet for Yellowtail. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 48 (9): 1265-1270.

Diaz, L & M.A. Martínez-Silva. 2009. Probióticos como herramienta biotecnológica en el cultivo de camarón: reseña. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38 (2): 165-187.

EFSA. 2010. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *Journal*, 8(3): 1461. Disponible en:  
[http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific\\_output/files/main\\_documents/1461.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/1461.pdf)

FAO. 2008. Aumento de los precios de los alimentos: Hechos, perspectivas, impacto, acciones requeridas [en línea]. Inf. 1. Roma, FAO. [Citado 13 Marzo 2015]. Disponible en:  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-S.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-S.pdf)

FAO. 2014. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014*, Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma, FAO. [Citado 15 de Marzo 2015]. Disponible en:  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/SOFIA2014\\_espanol.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/SOFIA2014_espanol.pdf)

Fernandez, M.L & K. West. 2005. Mechanisms by which Dietary Fatty Acids Modulate Plasma Lipids. *The Journal of Nutrition*, 135: 2075–2078.

FISHSTAT. 2015. FishStat Plus - Programa informático universal para series cronológicas de estadísticas pesqueras. Disponible en  
<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/es>

Fountoulaki, E., A. Vasilaki, R. Hurtado, K. Grigorakis, I. Karacostas, I. Negas, G. Rigos, Y. Kotzamanis, B. Venou & M.N. Alexis. 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture*, 289: 317 – 326.

Francis, D.S., G.M. Turchini, P.L. Jones & S.S. De Silva. 2006. Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. *Aquaculture*, 253: 547-556.

Francis, D.S., G.M. Turchini, P.L. Jones & S.S. De Silva. 2007. Growth performance, feed efficiency and fatty acid composition of juvenile Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*, fed graded levels of canola and linseed oil. *Aquaculture Nutrition*, 13: 335 – 350.

Ganga, R., D. Montero, J.G. Bell, E. Atalah, E. Ganuza, O. Vega–Orellana, L. Tort, L. Acerete, J.M. Afonso, T. Benitez–Sanatana, A. Fernández–Vaquero & M. Izquierdo. 2011. Stress response in sea bream (*Sparus aurata*) held under crowded conditions and fed diets containing linseed and/or soybean oil. *Aquaculture*, 311: 215 – 223.

García-Gómez, A. 1993. Primeras experiencias de crecimiento de juveniles de seriola mediterránea (*Seriola dumerilii*, Risso 1810) alimentados con una dieta semihúmeda. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 9(29):347-360.

García-Gómez, A. 2000. Recent advances in nutritional aspects of *Seriola dumerili*. *Cah. Options. Méditerran.*, 47:249-57.

Gildberg, A., A. Johansen & J. Bøgwald. 1995. Growth and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry given diets supplemented with fish protein hydrolysate and lactic acid bacteria during a challenge trial with *Aeromonas salmonicida*. *Aquaculture*, 138: 23-34.

Glencross, B., W. Hawkins & J. Curnow. 2003. Evaluation of canola oils as alternative lipid resources in diets for juvenile red seabream, *Pagrus auratus*. *Aquaculture Nutrition*, 9: 305 – 315.

Grigorakis, K., E. Fountoulaki, I. Giogios & M.N. Alexis. 2009. Volatile compounds and organoleptic qualities of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed commercial diets containing different lipid sources. *Aquaculture*, 290:116-121.

Grisdale–Helland, B., B. Ruyter, G. Rosenlund, A. Obach, S.J. Helland, M.G. Sandberg, H. Standal & C. Rosjo. 2002. Influence of high contents of dietary soybean oil on growth, feed utilization, tissue fatty acid composition, heart histology and standard oxygen consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar*) raised at two temperatures. *Aquaculture*, 207: 311 – 329.

Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot & R. Metailler. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Edic. Mundi-Prensa de España, S.A. 475. pp.

Gullian, M., Thompson, F., Rodríguez, J., 2004. Selection of probiotic bacteria and study of their immunostimulatory effect in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 233, 1–14.

Hardy, R., & Barrows. 2002. Diet Formulation and Manufacture. p: 505-600. In, Halver, J & R. Hardy (Ed). *Fish Nutrition*. 3<sup>era</sup>, Edic. Elsevier. San Diego, California, USA.

Heck, N.E. & H.E. Calber, H.E. 1977. Use of animal fat in formulated diets for yellow perch (*Perca flavescens*). *World Mariculture Society*, 8: 787 – 794.

- Irianto, A. & B. Austin. 2002. Use of probiotics to control furunculosis in rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Journal of Fish Diseases*, 25: 333-342.
- Izquierdo, M.S., A. Obach, L. Arantzamendi, D. Montero, L. Robaina & G. Rosenlund. 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition*, 9: 397 – 407.
- Izquierdo, M.S., D. Montero, L. Robaina, M.J. Caballero, G. Rosenlund & R. Gines. 2005. Alternations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture*, 250: 431 – 444.
- Jiménez, P., L. Masson & V. Quiral. 2013. Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Rev. Chil. Nutr*, 40(2):155-160.
- Jöborn, A., J.C. Olsson, A. Westerdahl, P.L. Conway & S. Kjelleberg. 1997. Colonisation in the fish intestinal tract and production of inhibitory substances in intestinal mucus and faecal extracts by *Carnobacterium* sp. K1. *J. Fish Dis.*, 20: 383–392.
- Jover, M., A. García-Gómez, A. Tomás, F. De la Gándara & L. Pérez. 1999. Growth of mediterranean yellowtail (*Seriola dumerilii*) fed extruded diets containing different levels of protein and lipid. *Aquaculture*, 179: 25 – 33.
- Khaoian, P., H.P. Nguyen, Y. Ogita, H. Fukuda & T. Masumoto. 2014. Taurine supplementation and palmoil substitution in low-fish meal diets for young yellowtail *Seriola quinqueradiata*. *Aquaculture*, 420-421: 219-224.
- Kaushik, S. 1998. Nutritional bionergetics and estimation of waste production in non-salmonids. *Review. Aquat. Living. Resour.*, 11(4): 211-217.
- Kikuchi, K. 1999. Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys oliveaceus*). *Aquaculture*, 179: 3-11.
- Korkea-Aho, T.L., A. Papadopoulou, J. Heikkinen, A. von Wright, A. Adams, B. Austin & K.D. Thompson. 2012. *Pseudomonas* M162 confers protection against rainbow trout fry syndrome. *J. Appl. Microbiol.*, 113: 24–35.
- Kowalska, A., Z. Zakeś, B. Jankowska & A. Siwicki. 2010. Impact of diets with vegetable oils on the growth, histological structure of internal organs, biochemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture*, 301: 69-77.
- Lanari, D., B.M. Poli, R. Ballestrazzi, P. Lupi, E. D'Agaro & M. Mecatti. 1999. The effects of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture*, 179:351-364.

- Lara-Flores, M., M.A. Olvera-Novoa, B.E. Guzmán-Méndez & W. López-Madrid. 2003. Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 216: 193-201.
- Larsson, A & R. Fange. 1977. Cholesterol and free fatty acids (FFA) in the blood of marine fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 57B:191–196.
- Lazado, C.C., C.M.A. Caipang, M.F. Brinchmann & V. Kiron. 2011. In vitro adherence of two candidate probiotics from Atlantic cod and their interference with the adhesion of two pathogenic bacteria. *Vet. Microbiol.*, 148: 252–259.
- Lazzari, A, A. Fusari, C. Boglione, G. Marino & M. Di francesco. 2000. Recent advances in reproductional and rearing aspects of *Seriola dumerilii*. *Cah. Options. Méditerran.*, 47:241-7
- Lee, S-M. 2001. Review of the lipid and essential fatty acid requirements of rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, 32(1):8-17.
- Lee, SM. 2002. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, 207: 79-95.
- Liu, K.K.M., T. Barrows, R.W. Hardy & F.M. Dong. 2004. Body composition, growth performance, and product quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing poultry fat, soybean/corn lecithin, or menhaden oil. *Aquaculture*, 238: 309 – 328.
- Lupatsch, I & G.WM. Kissil. 1997. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in compound diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquac. Nutr.*, 3: 81-89.
- Macey, B.M. & V.E. Coyne. 2006. Colonization of the gastrointestinal tract of the farmed South African abalone *Haliotis midae* by the probionts *Vibrio midae* SY9, *Cryptococcus* sp. SS1, and *Debaryomyces hansemii* AY1. *Mar. Biotechnol.*, 8: 246–259.
- Martínez-Llorens, S., A. Tomás-Vidal, V.A. Monino, M. Pla Torres & M. Jover. 2007. Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) *Aquaculture Research*, 38: 76 – 81.
- Martino, R.C., J.E.P. Cyrino, L. Portz & L.C. Trugo. 2002. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. *Aquaculture*, 209: 233 – 246.
- Martins, D.A., L.M.P. Valente & S.P. Lall. 2009. Apparent digestibility of lipid and fatty acids in fish oil, poultry fat and vegetable oil diets by Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. *Aquaculture*, 294: 132 – 137.

Masumoto, T., T. Ruchimat, Y. Ito, H. Hosokawa & S. Shimeno. 1996. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture*, 146, 109–119.

Mayer, P., V. Estruch, J. Blasco & M. Jover. 2008. Predicting the growth of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) farmed in marine cages under real production conditions using temperature- and time-dependent models. *Aquaculture Research*, 39: 1046-1052.

Merrifield, D. L., A. Dimitriglou, A. Foey, S.J. Davies, R.T.M. Baker, J. Bøggwald, M, Castex & E. Ringø. 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 302: 1-18.

Miranda, I.T., C. Peet. 2008. Seafood report: farmed yellowtail (*Seriola* spp.). Monterey Bay Aquarium Monterey Bay, California.

Mispecies.com. 2015. La seriola camino a convertirse en una importante apuesta por la diversificación. [Citado 10 de Septiembre 2015]. Disponible en: <http://www.mispecies.com/nav/actualidad/noticias/noticia-detalle/La-seriola-camino-a-convertirse-en-una-importante-apuesta-por-la-diversificacin/#.VfnU-RHtmko>

Mispecies.com. 2014. Futuna Blue España entrega con éxito juveniles de seriola para ser engordados en el Levante español. [Citado 10 de Septiembre 2015]. Disponible en: <http://www.mispecies.com/nav/actualidad/noticias/noticia-detalle/Futuna-Blue-Espaa-entrega-con-xito-juveniles-de-seriola-para-ser-engordados-en-el-Levante-espaol/#.VfnZzRHtmko>

Montero, D., T. Kalinowski, A. Obach, L. Robaina, L. Tort, M.J. Caballero & M.S. Izquierdo. 2003. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. *Aquaculture*, 225:353-370.

Montero, D., L. Robiana, M.J. Caballero, R. Ginés & M.S. Izquierdo. 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture*, 248: 121-134.

Montero, D., V. Grasso, M.S. Izquierdo, R. Ganga, F. Real, L. Tort, M.J. Caballero & F. Acosta. 2008. Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: Effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. *Fish & Shellfish Immunology*, 24: 147 – 155.

Mørkøre, T., C. Netteberg, L. Johnsson & J. Pickova, J. 2007. Impact of dietary oil source on product quality of farmed Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, 267: 236 – 247.

Moran, D., S.J. Pether & P. Lee. 2009. Growth, feed conversion and faecal discharge of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) fed three commercial diets. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 43: 917-927.

- Mourete, G., J.R. Dick, J.G. Bell & D.R. Tocher. 2005. Effect of partial substitution of dietary fish oil by vegetable oils on desaturation and s-oxidation of [ $1-^{14}\text{C}$ ]18:3n-3 (LNA) and [ $1-^{14}\text{C}$ ]20:5n-3(EPA) in hepatocytes and enterocytes of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 248: 173 – 186.
- Mugrditchian, D.S., R.W. Hardy & W.T. Iwaoka. 1981. Linseed oil and animal fat as alternative lipid sources in dry diets for Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 25: 161 – 172.
- Muraccioli, P., F. De la Gándara & A. García-Gómez. 2000. Intensive farming potential of *Seriola dumerili* (Risso 1810) in Corsica. *Cah. Options. Méditerran.*, 47:267-273.
- Nasopoulou, C & I. Zabetakis. 2012. Benefits of fish oil replacement by plant Originated oils in compounded fish feeds. *A review. LWT - Food Science and Technology*, 47: 217-224.
- Ng, W.K., P.K. Lim & P.L. Boey. 2003. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle a-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*, 215: 229 – 243.
- Ng, W-K & Y. Wang. 2011. Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to brood fish fed diets with added fish oil or linseed oil. *Aquaculture*, 314: 122 – 131.
- Ng, W-K., M-C. Tee & P-L. Boey. 2000. Evaluation of crude palm oil and refined palm olein as dietary lipids in pelleted feeds for a tropical bagrid catfish *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes). *Aquaculture Research*, 31: 337 – 347.
- Noffs, M.D., R.C. Martino, L.C. Trugo, E.C. Urbinati, J.B.K. Fernandes & L.S. Takahashi. 2009. Dietary fish oil replacement with lard and soybean oil affects triacylglycerol and phospholipid muscle and liver docosahexaenoic acid content but not in the brain and eyes of surubim juveniles *Pseudoplatystoma* sp. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35: 399 – 412.
- Nogales-Mérida, S., A. Tomás, M. Jover & S. Martínez-Llorens. 2011. Growth performance, histological alterations and fatty acid profile in muscle and liver of sharp snout sea bream (*Diplodus puntazzo*) with partial replacement of fish oil by pork fat. *Aquaculture International*, 19(5):917-929. doi:10.1007/s10499-010-9410-z.
- Nord, M., A. Margaret & S. Carlson. 2009. *Household Food Security in the United States, 2008*. ERR-83, U.S. Dept. of Agriculture. *Econ. Res. Serv.* November.
- O'Fallon, J.V., J.R. Busboom, M.L. Nelson & C.T. Gaskins. 2007. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *J. Anim. Sci.*, 85: 1511-1521.
- Olsvik, P.A., B.E. Torstensen & M.H.G. Berntssen. 2007. Effect of complete replacement of fish oil with plant oil on gastrointestinal cell death, proliferation and transcription of

eight genes' encoding proteins responding to cellular stress in Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Journal of Fish Biology*, 71: 550 – 568.

OESA, 2013. Guía de acuicultura para medios de comunicación. Edit. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, Madrid, España. 87 p.

Pakhira, Ch., T.S. Nagesh, T.J. Abraham, G. Dash & S. Behera. 2015. Stress responses in rohu, *Labeo rohita* transported at different densities. *Aquaculture Reports*, 2: 39-45.

Peng, S., L. Chen, J.G. Qin, J. Hou, N. Yu, Z. Long, J. Ye & X. Sun. 2008. Effect of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegelii*. *Aquaculture*, 276: 154 – 161.

Péron, G., J.F. Mittaine & B. Le Gallic. 2010. Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry. *Marine Policy*, 34: 815 – 820. [Citado 03 de Junio 2015]. Disponible en: [http://ac.els-cdn.com/S0308597X1000028X/1-s2.0-S0308597X1000028X-main.pdf?\\_tid=d9f41ed2-0a04-11e5-8ed9-00000aab0f01&acdnat=1433345346\\_7d8135b621aa3cf09a8505fb363126de](http://ac.els-cdn.com/S0308597X1000028X/1-s2.0-S0308597X1000028X-main.pdf?_tid=d9f41ed2-0a04-11e5-8ed9-00000aab0f01&acdnat=1433345346_7d8135b621aa3cf09a8505fb363126de)

Piedecausa, M.A., M.J. Mazon, B. García García & M.D. Hernández. 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture*, 263: 211 – 219.

Plaza, I. 2001. Los fitosteroles, el colesterol y la prevención de las enfermedades cardiovasculares. *Clin. Invest. Arteriosclerosis*, 13(5): 209-218.

Pratoomyot, J., E.A. Bendiksen, J.G. Bell & D.R. Tocher. 2008. Comparison of effects of vegetable oils blended with southern hemisphere fish oil and decontaminated northern hemisphere fish oil on growth performance, composition and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 280: 170 – 178.

Regan, M.D., L.J. Kuchel, S.S.Y. Huang, D.A. Higgs, J. Wang, P.M. Schulte & C.J. Brauner. 2010. The effect of dietary fish oil and poultry fat replacement with canola oil on swimming performance and metabolic response to hypoxia in stream type spring Chinook salmon parr. *Aquaculture*, 308: 183 – 189.

Regost, C., J.V. Jakobsen & A.M.B. Røra. 2004. Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. *Food Res. Int.*, 37: 259-271.

Richard, N., G. Mourente., S. Kaushik & G. Corraze. 2006. Replacement of a large portion of fish oil by vegetable oils does not affect lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 261:1077–1087.



- Robertson, P., C. ÓDowd, C. Burrells, C., P. Williams & B. Austin. 2000. Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture*, 185: 235–243.
- Rodríguez, C., A. Lorenzo & V. Martín. 2009. Nutrición lipídica. p: 153-274. In F. Sanz (Cord.). Nutrición y alimentación en piscicultura. Edic. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid. España.
- Rola-Pleszczynski, M & J. Stahkova. 1993. Leukotriene B4 Enhances Interleukin-6 (IL-6) Production and IL-6 Messenger RNA Accumulation in Human Monocytes In Vitro: Transcriptional and Posttranscriptional Mechanisms. *Blood*, 80(4): 1004-1011.
- Røra, A. M. B., S. Birkeland, L. Hultmann, T. Rustad, T. Skåra & B. Bjerkgeng. 2005. Quality characteristics of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets high in soybean or fish oil as affected by coldsmoking temperature. *LWT*, 38: 201-211.
- Rosenlund, G., A. Obach, M.G. Sandberg, H. Standal & K. Tveit. 2001. Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquacult. Res.*, 32: 323 – 328.
- Rubio, M.A. 2002. Enfermedad cardiovascular y grasas: “amigo o villano”. *Endocrinol. Nutr.*, 49(5):145-167.
- Ruxton, C.H.S., S.C. Reed, M.J.A. Simpson & K.J. Millington. 2004. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *J. Hum. Nutr. Dietet.*, 17:449-459.
- Ruyter, B., C. Moya-Falcon, G. Rosenlund & A. Vegusdal. 2006. Fat content and morphology of liver and intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effects of temperature and dietary soybean oil. *Aquaculture*, 252: 441 – 452.
- Sang-Min, L., L. Jong-Ha & K. Kyoung-Duck. 2003. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture*, 225:269-281.
- Sargent, J.R., D.R. Tocher & J.G. Bell. 2002. The lipids. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*. Academic Press, San Diego. 181–257.pp.
- Segato, S., A. Corato, L. Fasolato & I. Andrighetto. 2005. Effect of the partial replacement of fish meal and oil by vegetable products on performance and quality traits of juvenile shi drum (*Umbrina cirrosa* L.). *Ital. J. Anim. Sci.*, 4: 159-166.
- Seno-O, A., F. Takakuwa, T. Hashiguchi, K. Morioka, T. Masumoto & H. Fukuda. 2008. Replacement of dietary fish oil with olive oil in young yellowtail *Seriola quinqueradiata*: effects on growth, muscular fatty acid composition and prevention of dark muscle discoloration during refrigerated storage. *Fisheries Science*, 74:1297-1306.

Shepherd J. & E. Bachis. 2014. Changing supply and demand for fish oil. Abstract. *Aquaculture Economics & Management*, 18:395. [Citado 15 de Marzo 2015]. Disponible en:

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13657305.2014.959212#preview>

Simopoulos, A.P. 2005. Fatty acids | omega – 3 polyunsaturated. p: 205-219. In, C. Benjamin (Ed.), *Encyclopedia of Human Nutrition*. Second edition, Elsevier, Oxford, England.

Takakuwa, F., H. Fukada, H. Hosokawa & T. Masumoto. 2006. Optimum digestible protein and energy levels and ratio for greater amberjack *Seriola dumerili* (Risso) fingerling. *Aquaculture Research*, 37: 1532-1539.

Takeuchi, T., Y. Shiina & T. Watanabe. 1992. Suitable Protein and Lipid Levels in Diet for Fingerlings of Yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(7): 1333-1339.

Takii, k., S. Shimeno, M. Nakamura, Y. Itoh, A. Obatake, H. Kumai & M. Takeda. 1989. Evaluation of soy protein concentrate as a partial substitute for fish meal protein in practical diet for yellowtail. In *The current status of fish nutrition in aquaculture. Proceedings of the Third Int. Sym. on Feeding and Nutrition in Fish, Toba, Japan, Aug 28 –Sept 1. 1989*: 281-288.

Tanamati, A., F.B. Stevanato, J.E Laguila Visentainer, M. Matsushita, N. Evelazio de Souza & J.V. Visentainer. 2009. Fatty acid composition in wild and cultivated pacu and pintado fish. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111: 183 – 187.

ten Doeschate, K.I. & V.E. Coyne. 2008. Improved growth rate in farmed *Halibut midae* through probiotic treatment. *Aquaculture*, 284: 174–179.

Teoh, C–Y., G.M. Turchini & W-K. Ng. 2011. Genetically improved farmed Nile tilapia and red hybrid tilapia showed differences in fatty acid metabolism when fed diets with added fish oil or a vegetable oil blend. *Aquaculture*, 312: 126 – 136.

Thanuthong, T., D.S. Francis, S.D. Senadheera, P.L. Jones & G.M. Turchini. 2011. Fish oil replacement in rainbow trout diets and total dietary PUFA content: I) Effects on feed efficiency, fat deposition and the efficiency of a finishing strategy. *Aquaculture*, 320: 82-90.

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

Tomás, A., F. De la Gándara, A. García-Gomez & M. Jover. 2008. Effect of the protein/energy ratio on the growth of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*). *Aquaculture Research*, 39: 1141-1148.

Tortensen, B.E., O. Lie & L. Froyland. 2000. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)—effects of capelin oil, palm oil and oleic-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. *Lipids*, 35: 653 – 664.

- Turchini, G.M., B.E. Torstensen & W-K. Ng. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1: 10 – 57.
- Turchini, G.M., D.S. Francis, R.S.J. Keast & A.J. Sinclair. 2011. Transforming salmonid aquaculture from a consumer to a producer of long chain omega-3 fatty acids. *Food Chemistry*, 124: 609 – 614.
- Turchini, G.M., D.S. Francis, S.P.S.D. Senadheera, T. Thanuthong & S.S. De Silva. 2009. Fish oil replacement with different vegetable oils in Murray cod: Evidence of an “omega-3 sparing effect” by other dietary fatty acids. *Aquaculture*, 315: 250:259.
- Turchini, G.M., T. Mentasit, L. Froyland, E. Orban, F. Caprino, V.M. Moretti & F. Valfre. 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.) *Aquaculture*, 225: 251 – 267.
- Uhing, R.J., M.S Cowlen, D.O. Adams. 1990. Mechanisms regulating the production of arachidonate metabolites in mononuclear phagocytes. *Curr. Trop. Membr. Trans.*, 35: 349–374.
- Verschuere, L., G. Rombaut, P. Sorgeloos & W. Verstraete. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiological Molecular*, 64: 655-671.
- Von Schacky, C. 2006. A Review of Omega-3 Ethyl Esters for Cardiovascular Prevention and Treatment of Increased Blood Triglyceride Levels. *Vasc Health Risk Manag*, 2(3): 251–262.
- Wang, X-X., Li. Y-J, C-L. Hou, Y. Gao & Y-Z. Wang. 2012. Influence of different dietary lipid sources on the growth, tissue fatty acid composition, histological changes and peroxisome proliferator-activated receptor  $\gamma$  gene expression in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). *Aquaculture Research*, 43:281-291.
- Watanabe, K, Y. Hara, K. Ura, T. Yada, V. Kiron, S. Satoh & T. Watanabe. 2000. Energy and protein requirements for maximum growth and maintenance of bodyweight of yellowtail. *Fisheries Science*, 66: 884-893.
- Xiao-Yi, W., L. Yong-Jian & T. Li-Xia. 2006. Apparent Digestibility Coefficients of Selected Feed Ingredients for Yellowfin Seabream, *Sparus latus*. *Journal. World Aquaculture Society*, 37(3): 237- 245.
- Xu, X.L., P. Fontaine, C. Mèlard & P. Kestemont. 2001. Effects of dietary fat levels on growth, feed efficiency and biochemical compositions of Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture International*, 9: 437–449
- Xue, M., L. Luo, X. Wu, Z. Ren, P. Gao, Y. Yu & G. Pearl. 2006. Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acid composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture*, 260: 206 – 214.

Zhou, Q-C., C-C. Li, C-W. Liu, S-Y. Chi & Q-H. Yang. 2007. Effects of dietary lipid sources on growth and fatty acid composition of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 13: 222 – 229.