

Trabajo presentado para la superación de los 15 créditos del Módulo

Trabajo de Fin de Máster

Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal

Incorporación de aceites ácidos en la alimentación de la lubina

(Dicentrarchus labrax):

Efecto sobre el crecimiento y la composición en ácidos grasos de los tejidos.

Noviembre 2020

Alumna:

Tania Serrano Rey

tania.serrano@e-campus.uab.cat

Tutora:

Dra. Roser Sala Pallarès

roser.sala@uab.cat

Departament de Ciència Animal i dels Aliments

Facultat de Veterinària

Universitat Autònoma de Barcelona

Departament de Ciència Animal i dels Aliments

Facultat de Veterinària

Universitat Autònoma de Barcelona

Declaración de autenticidad

Declaro que el presente documento, los contenidos y los resultados obtenidos en este trabajo de fin de Máster del Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal es absolutamente original, auténtico y personal y de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora: Tania Serrano Rey, noviembre 2020.

A handwritten signature in black ink that reads "Tania" followed by a small dot. The signature is fluid and cursive, with the "T" and "a" being the most prominent letters.

Roser Sala Pallarès, Profesora Titular de Universidad del Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Universitat Autònoma de Barcelona,

Informa:

Que el trabajo titulado: "Incorporación de aceites ácidos en la alimentación de la lubina (*Dicentrarchus labrax*): Efecto sobre el crecimiento y la composición en ácidos grasos de los tejidos." ha sido realizado bajo mi supervisión o tutela por la Sra. Tania Serrano Rey dentro del módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial de Calidad de Alimentos de Origen Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra, 18 noviembre 2020.

Fdo.: Roser Sala

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora Dra. Roser Sala Pallarés, quién con sus conocimientos y apoyo, me guió a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a Gerard Verge Mèrida, Doctorando en Producción Animal, por brindarme los conocimientos necesarios para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos. Sin su ayuda no hubiese podido llegar a obtener los resultados actuales.

Además, agradecer a María Carme Martínez Cano, Técnica de laboratorio, por su seguimiento, asesoramiento y ayuda en todos los procesos de análisis en laboratorio. Gracias a su supervisión no hubo ningún incidente.

A Paula Abendea, por la cesión de los datos facilitados en “*Composición en clases lipídicas de los aceites experimentales*”.

A mi compañero Carlos Ferrer Mezquita, por apoyarme y acompañarme durante todo el proceso de investigación.

Por último, quiero agradecer a mi familia, en especial a mi madre, que siempre estuvo ahí para apoyarme, ayudarme y darme palabras de apoyo para renovar energía.

Muchas gracias a todos.

Lista de Abreviaturas

- AGI: ácidos grasos insaturados
AGL: ácidos grasos libres
AGM: ácidos grasos monoinsaturados
AGP: ácidos grasos poliinsaturados
AGS: ácidos grasos saturados
CDA: consumo medio diario de alimento
D: dorsal
DAG: diglicéridos
DHA: ácido docosahexaenoico
EPA: ácido eicosapentaenoico
ESM: error estándar de la media
F: dieta con aceite de pescado
FC: factor de condición
FO: aceite de pescado
GP: ganancia de peso
IC: índice de conversión
MAG: monoglicéridos
O: dieta con orujo de oliva
OA: dieta con oleína de orujo de oliva
OAO: oleína de orujo de oliva
OO: orujo de oliva
S: dieta con aceite de soja
SA: dieta con oleína de soja - girasol
SAO: oleína de soja - girasol
SO: aceite de soja
TAG: triglicéridos
TEC: tasa específica de crecimiento
V: ventral
VO: aceite vegetal experimental

Índice

Abstract / Resumen	5
1. Introducción	6
2. Material y métodos	9
2.1 Dietas experimentales	9
2.2 Instalaciones de engorde y muestreo	11
2.3 Parámetros de crecimiento	12
2.4 Composición en grasa y ácidos grasos del filete	12
2.5 Análisis estadístico	13
3. Resultados	13
3.1 Parámetros productivos	13
3.2 Contenido en grasa y composición de ácidos grasos del filete y grasa perivisceral	15
4. Discusión	20
5. Conclusiones	23
6. Bibliografía	23

Abstract

The present study aimed at evaluating the effect of dietary acid oils on growth performance and fatty acid composition in European Seabass. A 90-day feeding trial where triplicate groups of European seabass fed eight experimental diets formulated to contain 25% of fish oil (FO) and 75% of a VO (soybean oil, olive pomace oil, soybean acid oil and olive pomace acid oil alone or in blends) and one control with 100% fish oil. Growth parameters and fish feed utilization were studied. Also a study of total fat, fatty acid composition in fillet and perivisceral fat was carried out. Results showed significant differences in growth between the animals fed crude VO and olive pomace acid oil. No differences in growth was observed between animals fed blend diets and those fed crude VO. Fatty acid composition of the fillet mirrored the dietary fatty acid composition. There were differences between control diets and experimental oil diets, between different oils sources (soy – olive), but not between blend diets. There were no differences in fatty acid composition between dorsal and ventral section of the fillet. Perivisceral fat showed a fatty acid composition similar to that of fillet ventral section. Total fat of the fillet was higher in ventral section.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de aceites ácidos sobre el crecimiento y la composición de ácidos grasos del filete y grasa perivisceral en la lubina. El experimento duró 90 días en los que, en grupos triplicados de lubinas, se emplearon 8 dietas: la dieta control con 100% de aceite de pescado y el resto con 25% de aceite de pescado y el 75% con aceites experimentales (soja, orujo de oliva, oleína de soja y oleína de orujo de oliva y mezclas entre ellos). Se estudiaron parámetros de crecimiento y utilización de alimento de los peces. También se hizo un estudio de grasa total y composición de ácidos grasos en filete y en grasa perivisceral. Los resultados mostraron que hubo diferencias significativas en crecimiento entre los animales alimentados con aceites vegetales crudos (soja y orujo de oliva) y los alimentados con oleína de orujo de oliva. Los animales con dietas mixtas tuvieron crecimientos similares a los alimentados con aceites vegetales crudos. El estudio de composición de ácidos grasos de los filetes dio como resultado que la composición es un reflejo de la dieta. Hubo diferencias entre el grupo control y las dietas con aceites experimentales, entre los diferentes aceites (soja – oliva), pero no entre las dietas mezcla. No hubo diferencias en composición entre la sección dorsal y ventral. La grasa perivisceral presentó un perfil más similar a la sección ventral. La grasa total del filete fue superior en la sección ventral.

1. Introducción.

Las lubinas o róbalos (*Dicentrarchus labrax*) son peces perciformes de la familia *Moronidae*. Son euritérmicas y eurihalinas; habitan en costas del mar Mediterráneo y el océano Atlántico. Son de cuerpo alargado y fusiforme con dos aletas dorsales y una anal de color gris plateado a azuloso (Fig. 1) y pueden llegar a alcanzar una longitud máxima de 100 cm en el medio natural. Son depredadoras y su gama de alimentación incluye peces pequeños, gambas, cangrejos y jibias. Además, son pescados blancos muy apreciados por su valor culinario y también en la pesca deportiva (ONUAA, 2020).



Figura 1. Lubina (*Dicentrarchus labrax*).

Fue la primera especie marina mediterránea que se cultivó comercialmente en Europa y es actualmente la especie más importante y ampliamente cultivada del Mediterráneo. Los principales países productores a nivel europeo son: Turquía, Grecia y España (ONUAA, 2020). En España, la cosecha de lubina de acuicultura en 2019 ha sido de 27.335 toneladas. La región de Murcia encabezó la producción seguida por Andalucía, Canarias y la Comunidad Valenciana (Apromar, 2020).

Los avances científicos de los últimos 50 años han permitido mejorar en gran medida los conocimientos acerca del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, así como la conciencia mundial de la necesidad de gestionarlos de forma sostenible (FAO, 2020), lo que ha tenido como consecuencia el estancamiento de la pesca (Fig. 2). Este hecho es debido a que el estado de los recursos pesqueros marinos, basado en el seguimiento a largo plazo de las poblaciones de peces marinos evaluadas por la FAO, ha seguido empeorando (FAO, 2020). Para evitar la extinción de las especies marinas, la extracción de mares y océanos no debería ser superior al 80%. Así que, para garantizar esta demanda de productos acuáticos (peces y crustáceos) de manera sostenible, la acuicultura debe y está jugando un papel importante, aumentando su producción (Yıldız et al., 2018; Baoshan et al., 2019).

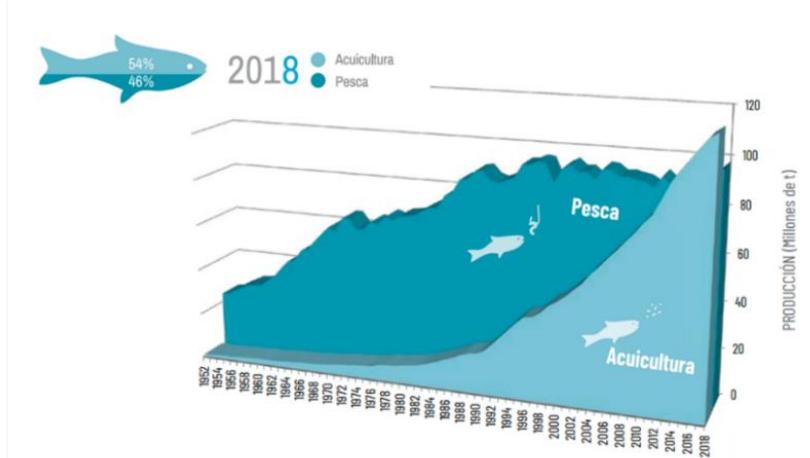


Figura 2. Evolución de la producción de acuicultura y pesca mundial en el periodo 1952-2018 (APROMAR, 2020).

A pesar de ello, la acuicultura ha dependido y aún depende en gran medida de la pesca, ya que su producción necesita aceite de pescado en su alimentación (Yıldız et al., 2015). Ello es debido a que el aceite de pescado, además de aportar energía, es actualmente la única fuente disponible de ácidos grasos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). Estos son considerados ácidos grasos esenciales para el correcto crecimiento y supervivencia (Grayson y Dabrowski, 2020) en peces marinos. Los peces de agua dulce ingieren alimentos con grandes contenidos en ácidos grasos poliinsaturados (AGP) que más tarde pueden transformar en su organismo en EPA y DHA. Por el contrario, los peces marinos, cuyos alimentos naturales son ricos en EPA y DHA, han perdido la capacidad de bioconvertir los AGP en EPA y DHA (Turchini et al., 2009).

El aumento exponencial de la producción en acuicultura ha llevado asociada, una fuerte demanda de este ingrediente, junto con una subida exponencial del precio de esta materia prima (Ferrer Llagostera, 2019). Es por ello que a lo largo de estas últimas décadas se han realizado numerosos estudios con el fin de identificar alternativas para la sustitución del aceite de pescado (FO) como fuente energética (Bell et al., 2001; Tochet et al., 2003; Mourente y Bell, 2006; Miller et al., 2007; Fountoulaki et al., 2009; Thanuthong et al., 2011; Nasopoulou y Zabetakis, 2012) ya que, como hemos explicado anteriormente, no es posible sustituir por completo el FO, porque contiene ácidos grasos esenciales EPA y DHA. Muchos de estos estudios, determinan la idoneidad de los aceites vegetales (VO) como alternativa al aceite de pescado a nivel energético en alimentos para peces (Tocher et al., 2003a; Fonseca-Madrigal et al., 2005; Turchini et al., 2009; Sun et al., 2011), siendo fuentes más sostenibles y económicamente

ventajosas (Trullàs et al., 2016; Yildiz et al., 2018; Baoshan et al., 2019). Los estudios nos muestran como debe ser esta sustitución para asegurar la supervivencia y el correcto crecimiento de los peces. Además, mencionan que una sustitución de entre el 60% y el 75% es posible sin afectar significativamente el crecimiento del pez. Estos valores varían en función de las especies estudiadas (Turchini et al., 2009).

Actualmente, para contribuir a la economía circular, se buscan fuentes sostenibles para la sustitución de FO. Entre ellas, destacamos los subproductos de la refinación de los aceites vegetales para el consumo humano; los denominados aceites ácidos. Su incorporación en la cadena de producción supondría una reducción de residuos para el medioambiente, así como un abaratamiento del precio de las fórmulas. De hecho, sabemos que estos aceites tienen una composición en ácidos grasos similar al aceite del que provienen, pero tiene un porcentaje alto de ácidos grasos en forma libre (AGL). La refinación de tipo químico es la más frecuente en la mayor parte de los aceites vegetales (soja, colza, girasol, oliva...). El subproducto obtenido, es conocido comúnmente como oleína y presenta un contenido en AGL entre 40 y 60% (Grayson y Dabrowski, 2020). El uso de estos aceites ácidos como fuente alternativa al FO puede tener un gran valor añadido para la acuicultura, al ser sostenibles y económicos. Los estudios con este tipo de aceites ácidos en peces son escasos y se han realizado principalmente en truchas (Mourente y Bell, 2006; Torrecillas et al., 2016; 2017; 2019; Trullàs et al., 2016), no existiendo estudios sobre el reemplazo de FO por aceites ácidos VO en lubinas.

Mi hipótesis, avalada por los resultados de estudios anteriores en otras especies de peces, es que los aceites ácidos pueden ser incorporados en la alimentación de la lubina permitiendo una mejora de la rentabilidad del proceso de producción y una alta calidad del alimento. Por ello los objetivos de este proyecto son estudiar el efecto de la incorporación de aceites ácidos sobre el crecimiento y la composición de ácidos grasos, en dietas para las lubinas.

Este estudio que se presenta en forma de TFM forma parte de un proyecto (Ref. AGL2015-64431-C2-1-R) que lleva por título "*Utilización de aceites ácidos en la alimentación de animales monogástricos. Caracterización, nutrición comparada y repercusiones sobre la calidad lipídica de la carne*" y en cuyos objetivos se incluyen, entre otros, la caracterización de los aceites ácidos disponibles en el mercado, la valoración de su potencial utilización por parte del animal (pollos, cerdos y peces) y repercusiones sobre la producción y la calidad del producto final (carne y filete de pescado).

2. Material y métodos.

2.1 Dietas experimentales.

Las dietas experimentales (formuladas para un 41% proteína y 19% lípidos) contenían la misma composición de ingredientes excepto por los aceites añadidos (Tabla 1). En la dieta control, el aceite fue un 100% aceite de pescado (FO) y el resto de las dietas contenían un 25% de FO y un 75% de aceites experimentales.

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales.

	Dietas							
	F	S	SA	O	OA	S/OA	S/O	SA/OA
<i>Composición de ingredientes(g/kg)</i>								
Harina de trigo	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03
Gluten de trigo	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59
Soprotex-concentrado proteico de soja	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60
Harina de pescado LT94	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25
CPSP90-Hidrolizado proteína pescado	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53
Harina de Krill	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Lecitina de soja	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Aceite pescado	15,39	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
Aceite Experimental	0	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54
Lisina	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Metionina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloruro de colina	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Betaína	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitaminas y minerales	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Goma guar	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
<i>Composición aproximada (g/kg)</i>								
Materia seca	7,26	7,12	7,03	7,26	7,14	6,75	7,64	7,32
Proteína bruta	41,83	40,53	39,62	41,31	41,43	41,96	41,09	41,47
Grasa bruta	19,05	19,04	18,28	18,69	18,00	18,29	18,61	18,42
Cenizas	7,22	7,24	7,32	7,24	7,34	7,10	7,11	7,21
Energía Bruta (kcal/kg)	5188	5208	5201	5181	5243	5218	5196	5172

Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

Premix vitaminas y minerales – Aquafeed – Lifebioencapsulation: Vitamins (mg/kg): vitamin A (retinyl acetate), 2,000,000 UI; vitamin D3 (DL-cholecalciferol), 200,000 UI; vitamin E , 10,000 mg; vitamin K3 (menadione sodium bisulfite), 2,500 mg; vitamin B1(thiamine hydrochloride), 3,000 mg; vitamin B2 (riboflavin), 3,000 mg; calcium pantothenate, 10,000 mg; nicotinic acid, 20,000 mg; vitamin B6 (pyridoxine hydrochloride), 2,000 mg; vitamin B9 (folic acid), 1,500 mg; vitamin B12 (cyanocobalamin), 10 mg; vitamin H (biotin), 300 mg; inositol, 50,000 mg; betaine (Betafin S1), 50,000 mg. Minerals (mg/kg): Co (cobalt carbonate), 65 mg; Cu (cupric sulfate), 900 mg; Fe (iron sulfate), 600 mg; I (potassium iodide), 50 mg; Mn (manganese oxide), 960 mg; Se (sodium selenite), 1 mg; Zn (zinc sulphate) 750 mg; Ca (calcium carbonate), 186,000 mg; KCl, 24,100 mg; NaCl 40,000 mg. Resto hasta 1000: 1/3 sustancias antiaglomerantes + 2/3 agentes de soporte.

Los aceites experimentales fueron: aceite de soja (SO), oleína de soja - girasol (SAO), orujo de oliva (OO) y oleína de orujo de oliva (OAO) y mezclas entre ellos. Su composición en clases lipídicas se presenta en la Tabla 2.

Los aceites y oleínas de soja (SO y SAO) fueron suministrados por Bunge (Sant Just Desvern). El aceite de orujo de oliva (OO) fue suministrado por Astil Nutrición internacional (Yuncos). La oleína de orujo de oliva fue suministrada por Riosa (Jaén).

Los piensos se produjeron en forma de gránulos extruidos (Fig. 3) en la planta de tecnología de piensos de Life Bioencapsulation (Almería) y su composición en ácidos grasos se presenta en la Tabla 3.

La composición nutricional de las dietas experimentales se determinó siguiendo los procedimientos estándar (AOAC, 2005): humedad (934.01), ceniza (942.05), proteína bruta (968.06) y extracto etéreo (920.39). La determinación del contenido de energía bruta (Parr 6300 Calorimeter, Parr Instrument Company, Moline, IL, USA) de acuerdo con la Norma UNE-EN.

Tabla 2. Composición en clases lipídicas de los aceites (Abendea, P. *comunicación personal*).

Clases lipídicas(%)	Aceites				
	FO	SO	SAO	OO	OAO
ΣTAG	85,67	93,88	29,31	77,47	36,27
ΣDAG	6,85	4,16	16,10	8,42	17,35
ΣMAG	4,35	0,50	1,34	0,87	1,43
ΣAGL	3,13	1,46	53,25	13,24	44,95

Nomenclatura de los aceites: FO: aceite de pescado; SO: aceite de soja; SAO: oleína de soja-girasol; OO: orujo de oliva; OAO: oleína de orujo de oliva.

TAG: Triglicéridos; DAG: Diglicérido; MAG: Monoglicérido; AGL: Ácidos Grasos Libres

Tabla 3. Composición en ácidos grasos de los piensos (Verge, G. comunicación personal).

Piensos	F	S	SA	O	OA	S/OA	S/O	SA/OA
C14:0	4,74	2,07	2,07	1,99	2,04	2,05	1,99	2,05
C16:0	29,70	23,91	23,45	23,70	22,62	23,36	23,47	23,11
C16:1n7	5,72	2,32	2,32	2,84	3,12	2,74	2,54	2,74
C18:0	8,60	6,98	6,75	6,11	6,13	6,58	6,43	6,49
C18:1n9	22,01	33,25	37,95	74,45	63,14	48,97	53,67	51,27
C18:1n7	3,74	3,18	2,73	3,48	3,23	3,21	3,28	2,99
C18:2n6	12,35	63,97	55,72	21,04	25,23	44,06	41,95	40,19
C18:3n3	1,66	7,59	4,07	2,03	1,86	4,65	4,78	2,98
C20:0	0,57	0,62	0,71	0,67	0,68	0,65	0,63	0,71
C20:1n9	2,08	1,09	1,02	1,16	1,07	1,09	1,11	1,06
C20:2	0,46	0,22	0,21	0,17	0,17	0,21	0,21	0,19
C20:4n6	2,62	0,94	0,91	0,92	0,90	0,93	0,91	0,93
C20:5n3	10,00	4,08	4,08	3,99	4,05	4,01	3,94	4,04
C22:1n9	0,34	0,16	0,16	0,08	0,16	0,16	0,08	0,16
C22:6n3	33,25	11,48	11,21	11,26	11,09	11,31	11,04	11,32
C24:1n9	1,13	0,46	0,47	0,88	1,20	0,85	0,66	0,86
ΣAGS^a	47,44	35,94	35,87	34,56	33,92	35,08	34,72	35,09
ΣAGI^b	95,83	128,75	120,83	122,30	115,20	122,21	124,15	118,72
ΣAGM^c	35,03	40,46	44,64	82,89	71,91	57,04	61,33	59,07
ΣAGP^d	60,80	88,29	76,19	39,41	43,29	65,17	62,82	59,65
$AGS:AGI$	0,50	0,28	0,30	0,28	0,29	0,29	0,28	0,30
$n-3:n-6$	2,99	0,36	0,34	0,79	0,65	0,44	0,46	0,45

Nomenclatura de los piensos: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

^a AGS: ácidos grasos saturados. Incluye otros AGS en pequeña cantidad; ^b AGI: ácidos grasos insaturados. Incluye otros AGI en pequeña cantidad; ^c AGM: ácidos grasos monoinsaturados. Incluye otros AGM en pequeña cantidad; ^d AGP: ácidos grasos poliinsaturados. Incluye otros AGP en pequeña cantidad.

2.2 Instalaciones de engorde y muestreo.

Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo con el Comité de Revisión del Protocolo Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) y siguiendo las Directrices de la Unión Europea (UE) para el cuidado ético y el manejo de animales en condiciones experimentales (2010/63 /UE).

El ensayo se llevó a cabo en el Centre d’Aqüicultura (IRTA) en Sant Carles de la Ràpita. Un total de 480 lubinas con un peso corporal inicial medio de $101,5 \pm 0,4$ g se distribuyeron aleatoriamente en 24 tanques cilíndricos de 500 l de capacidad (20 peces / tanque) en un sistema de semi-recirculación de agua salada. La temperatura del agua ($22,6 \pm 0,87$ °C) y los niveles de oxígeno disuelto ($7,3 \pm 0,66$ mg l⁻¹) se mantuvieron constantes durante todo el período experimental. Los tanques se sometieron a fotoperiodos de luz natural durante el período de

experimentación (julio – octubre) Cada dieta se asignó al azar en tres tanques replicados y se alimentó ad libitum a los animales dos veces al día (a las 8:00 am y a las 14:00 pm) mediante comederos automáticos. El alimento no consumido se recogió filtrando el agua efluente de cada tanque y los recolectores se vaciaron después de cada comida y la ingesta de alimento se registró diariamente.

Al inicio del período experimental todos los peces de cada tanque se pesaron y midieron individualmente. A los 30 y 60 días de experimentación se realizaron controles biométricos individuales con el fin de ajustar la alimentación y valorar la evolución del crecimiento. Al final del período experimental (90 días) los peces fueron anestesiados con mesilato de tricaina (MS-222), pesados y medidos individual y posteriormente sacrificados mediante inmersión en hielo para su posterior muestreo. De 6 peces de cada tanque (18 animales/tratamiento) se extrajo el

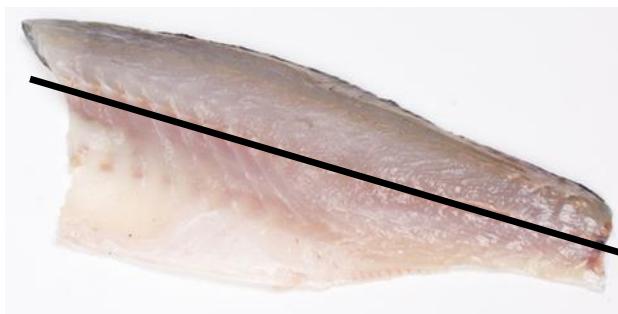


Figura 3. Filete derecho y división longitudinal dorsal y ventral.

filete derecho, y posteriormente, éste se dividió longitudinalmente en el dorsal y ventral (Fig. 3). Asimismo, se le extrajeron muestras de grasa perivisceral. Todas las muestras se almacenaron individualmente y a -20°C hasta su posterior análisis en laboratorio.

2.3 Parámetros de crecimiento.

A partir de las medidas biométricas, se calculó la ganancia de peso, $GP(g) = \text{peso final} - \text{peso inicial}$; la tasa específica de crecimiento, $TEC (\%/\text{día}) = [\ln (\text{peso final}) - \ln (\text{peso inicial})] / (\text{número de días}) \times 100$; el factor de condición, $FC = 100 \times [\text{peso final (g)}] / [\text{longitud final (cm)}]^3$ y el índice de conversión $IC (\text{kg pienso/kg pez}) = \text{kg de pienso} / \text{kg de pescado}$.

2.4 Composición en grasa y ácidos grasos del filete.

La cantidad total de grasas de los filetes se determinó mediante la determinación de la grasa bruta por el método Soxthech previa hidrólisis ácida de las muestras. La composición de ácidos grasos del filete y de la grasa abdominal se determinó mediante cromatografía de gases – detector de ionización de llama (GC-FID). Los ésteres metilados de ácidos grasos se obtuvieron

por metilación directa, de acuerdo con Meieret al. (2006) y analizados usando el cromatógrafo de gases HP6890 Series II. Se identificaron mediante la comparación de sus tiempos de retención con los de los estándares conocidos.

2.5 Análisis estadístico.

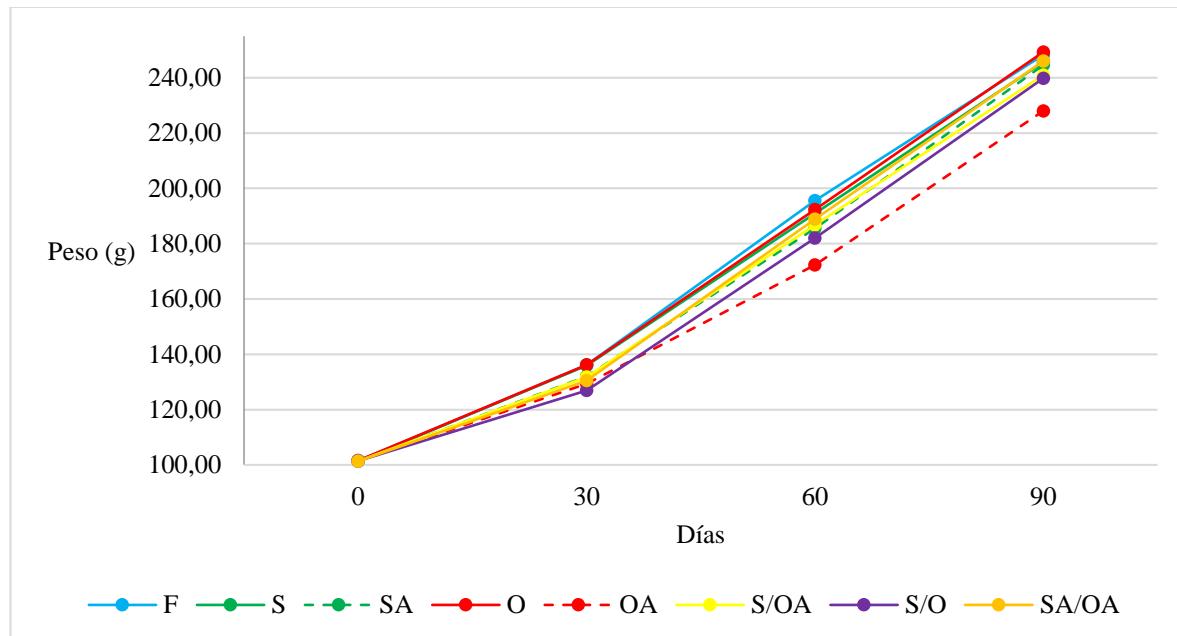
Todos los datos se sometieron a un test de normalidad de Levene y posteriormente a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), la significancia de las diferencias entre medidas fue probada por la prueba del Test de Tukey. Para todos los análisis estadísticos se empleó el programa R (R Core Team, 2018).

3. Resultados.

3.1 Parámetros productivos.

En el Gráfico 1 se presenta la evolución del peso vivo de los peces alimentados con las diferentes dietas a lo largo de todo el período experimental.

Gráfico 1. Evolución del peso de los peces a lo largo del experimento.



Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

Tal y como puede observarse, no se observan diferencias en la evolución del crecimiento entre las distintas dietas experimentales, excepto para la dieta OA. Los peces alimentados con la dieta OA mostraron una diminución del crecimiento a partir del día 30 de experimentación.

Los resultados obtenidos en los distintos parámetros productivos se muestran en la Tabla 4. Al final del período experimental, se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos en cuanto al peso final. Los peces alimentados con S y O presentan un peso final igual al obtenido en los animales alimentados con la dieta control (F), siendo estadísticamente superiores a los alimentados con la dieta OA. De forma similar a la ganancia de peso (GP), así como la TEC (% peso vivo/ día) fue significativamente menor en los animales alimentados con la dieta OA respecto a los alimentados con O y SA/OA, que tuvieron una ganancia de peso igual al grupo control.

En cuanto al CDA observamos diferencias significativas, siendo los animales alimentados con la dieta SA/OA los que presentaron un mayor consumo, mientras que los alimentados con F, los que presentaron un menor consumo.

Por lo que respecta al IC, en la tabla podemos observar que los animales control (F) fueron los que presentaron el IC más bajo mientras que los alimentados con OA, el IC más alto. En cuanto al factor de condición los animales que con el CF más elevado fueron los alimentados con S/O y los más bajos los alimentados con S/OA.

Tabla 4. Rendimiento de crecimiento, utilización de alimento y parámetros de crecimiento de la lubina.

	Dieta									
	F	S	SA	O	OA	S/OA	S/O	SA/OA	ESM ^f	P
Peso Inicial (g)	101,28	101,50	101,33	101,54	101,36	101,38	101,41	101,31	1,62	NS
Peso Final (g)	248,25a	245,61a	244,57ab	249,30a	227,99b	240,90ab	239,77ab	246,00ab	4,58	*
GP ^a (g)	147,07a	144,11ab	143,24ab	147,97a	126,62b	139,52ab	138,36ab	144,69a	3,68	*
CDA ^b (g MS /pez día)	3,33b	3,57ab	3,41ab	3,56ab	3,41ab	3,55ab	3,52ab	3,58a	0,05	*
IC ^c (kg pienso/kg pez)	2,24c	2,48abc	2,38bc	2,44abc	2,73a	2,48abc	2,55ab	2,48abc	0,06	**
TEC ^d (% PV/día)	0,99a	0,98ab	0,97ab	0,99a	0,90b	0,96ab	0,95ab	0,98a	0,0171	*
CF ^e	1,94abc	1,92abc	1,95abc	2,01ab	1,90bc	1,86c	2,02a	1,98abc	0,03	***

Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

^aGP: Ganancia de peso; ^bCDA: consumo medio diario de alimento (gramos de materia seca /número de peces x número de días); ^c IC: índice de conversión; ^d TEC: tasa específica de crecimiento; ^e CF: factor de condición; ^f ESM: error estándar de la media.

Valores de P. NS: no significativo; • : <0,1; *: <0,05; **: <0,01; ***: <0,001.

3.2 Contenido en grasa y composición de ácidos grasos del filete y grasa perivisceral.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la cantidad de grasa en materia seca en cada una de las secciones de los filetes. Podemos observar que la grasa de la sección de filete derecho ventral tiene un porcentaje más elevado que el dorsal. Aún así, no hay diferencias significativas entre las distintas dietas experimentales.

Tabla 5. Porcentaje de grasa en materia seca de las dos secciones de filete.

	Dietas									
	F	S	SA	OO	OA	S/OA	S/O	SA/OA	ESM	P
Grasa Filete Derecho Dorsal	17,19	17,75	16,93	16,69	16,95	17,04	20,42	15,20	1,63	NS
Grasa Filete Derecho Ventral	30,12	37,11	35,20	35,48	33,88	38,12	37,93	34,94	2,12	NS

Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

Valores de P. NS: no significativo; • : <0,1; *: <0,05; **: <0,01; ***: <0,001.

Los resultados de la composición en ácidos grasos de la sección dorsal y ventral del filete se muestran en las Tablas 6 y 7, respectivamente.

La sección dorsal del filete de los peces control (alimentados con F) tiene un porcentaje estadísticamente más elevado de ácidos grasos saturados (AGS) que los filetes de los peces alimentados con los aceites experimentales. Estas diferencias vienen determinadas principalmente por las diferencias en el contenido en ácido palmítico, que es el AGS más abundante. Esto se refleja en la ratio AGS:AGI, siendo el valor más elevado en los filetes alimentados con la dieta F (control).

Por lo que respecta al contenido total de ácidos grasos monoinsaturados (AGM), éste fue superior en las dietas con orujo de oliva mientras que los contenidos inferiores se obtuvieron con las dietas S, SA y F. En las dietas con mezclas (S/O, S/OA y SA/OA), los valores son intermedios.

Por otro lado, los filetes de los peces alimentados con la dieta S tuvieron una cantidad significativamente superior de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) que el resto. Esto es debido a que la dieta S tiene un contenido muy elevado de ácido linoleico, que se lo aporta el aceite de soja.

En cuanto a la ratio n-3:n-6, los filetes control (F) presentaron una ratio más elevada, debido a la gran cantidad de ácidos grasos $\omega 3$ (EPA y DHA).

Tabla 6. Composición de ácidos grasos del filete derecho dorsal.

	Dietas									
	F	S	SA	O	OA	S/OA	S/O	SA/OA	ESM	P
C14:0	2,31a	1,45bc	1,48bc	1,43c	1,57b	1,45bc	1,47bc	1,45bc	0,02	***
C16:0	17,82a	15,29b	15,51b	15,73b	15,66b	15,42b	15,55b	15,43b	0,13	***
C16:1n7	3,60a	2,18c	2,30c	2,38c	2,75b	2,33c	2,39c	2,34c	0,06	***
C18:0	4,73a	4,54ab	4,51ab	4,17d	4,19dc	4,47ac	4,21cd	4,36bcd	0,06	***
C18:1n9	24,04e	26,59de	27,72d	41,70a	38,63b	32,55c	34,14c	33,53c	0,52	***
C18:1n7	2,63a	2,16e	2,17de	2,36bc	2,43b	2,27ce	2,29cd	2,24ce	0,02	***
C18:2n6	11,14d	26,75a	25,40a	12,79d	14,82c	21,66b	20,37b	20,47b	0,35	***
C18:3n3	1,85bc	3,17a	2,73ab	1,76c	1,92bc	2,68ab	2,72ab	2,06bc	0,18	***
C20:0	0,27ab	0,25ab	0,24b	0,28ab	0,26ab	0,27ab	0,28a	0,26ab	0,01	*
C20:1n9	1,86a	1,46b	1,46b	1,62b	1,65ab	1,50b	1,61b	1,46b	0,04	***
C20:2	0,66ac	0,93a	0,85ab	0,47bc	0,52bc	0,67ac	0,70ac	0,43c	0,08	**
C20:4n6	1,55a	0,76b	0,79b	0,80b	0,78b	0,75b	0,70b	0,83b	0,03	***
C20:5n3(EPA)	5,46a	3,09bc	3,20bc	3,1bc	3,39b	3,08c	3,06c	3,22bc	0,06	***
C22:1n9	0,23a	0,17b	0,16b	0,17b	0,18b	0,16b	0,17b	0,16b	0,01	***
C22:6n3(DHA)	19,61a	9,56b	9,87b	9,76b	9,72b	9,19b	8,77b	10,18b	0,42	***
C24:1n9	0,35a	0,24ab	0,24ab	0,23ab	0,23ab	0,22b	0,23ab	0,23ab	0,03	.
$\sum AGS^a$	26,45a	22,37b	22,60b	22,39b	22,48b	22,45b	22,32b	22,36b	0,16	***
$\sum AGI^b$	73,54b	77,62a	77,39a	77,60a	77,51a	77,54a	77,67a	77,63a	0,16	***
$\sum AGM^c$	32,79c	32,88c	34,14c	48,55a	46,00a	39,14b	40,93b	40,07b	0,56	***
$\sum AGP^d$	40,74bc	44,73a	43,24ab	29,04e	31,50e	38,39cd	36,74d	37,56d	0,59	***
AGS:AGI	0,35a	0,28b	0,29b	0,28b	0,29b	0,28b	0,28b	0,28b	0,00	***
$n-3:n-6$	2,09a	0,57c	0,59c	1,07b	0,95b	0,66c	0,68c	0,71c	0,04	***

Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva. Valores de P. NS: no significativo; · : <0,1; *: <0,05; **: <0,01; ***: <0,001.

^aAGS: ácidos grasos saturados. Incluye otros AGS en pequeña cantidad; ^bAGI: ácidos grasos insaturados. Incluye otros AGI en pequeña cantidad; ^cAGM: ácidos grasos monoinsaturados. Incluye otros AGM en pequeña cantidad;

^dAGP: ácidos grasos poliinsaturados. Incluye otros AGP en pequeña cantidad.

Tabla 7. Composición de ácidos grasos de las dietas experimentales en el filete derecho ventral.

	Dietas									
	F	S	SA	O	OA	S/OA	S/O	SA/OA	ESM	P
C14:0	2,43a	1,56b	1,62b	1,61b	1,69b	1,56b	1,54b	1,58b	0,05	***
C16:0	17,45a	15,04b	15,07b	15,41b	15,23b	15,02b	15,24b	15,00b	0,14	***
C16:1n7	3,77a	2,37c	2,41c	2,62bc	2,93b	2,47c	2,48c	2,52c	0,07	***
C18:0	4,40a	4,22ab	4,09bc	3,82d	3,82d	4,08bc	3,96cd	3,94cd	0,05	***
C18:1n9	26,22c	26,74c	29,23c	42,91a	40,35a	33,81b	35,19b	35,12b	0,72	***
C18:1n7	2,68a	2,27de	2,16e	2,44bc	2,49b	2,33cd	2,34cd	2,28d	0,02	***
C18:2n6	11,86g	28,57a	26,60b	13,41f	15,59e	22,85c	21,21d	21,58cd	0,28	***
C18:3n3	1,94e	3,73a	2,55c	1,88e	2,01de	2,83b	2,82b	2,21d	0,05	***
C20:0	0,28ab	0,26b	0,24c	0,29a	0,26b	0,28ab	0,28ab	0,26b	0,00	***
C20:1n9	1,97a	1,58bc	1,52c	1,74b	1,75b	1,59bc	1,67bc	1,58bc	0,04	***
C20:2	0,67c	1,01a	0,79b	0,48e	0,53de	0,67c	0,71bc	0,64cd	0,02	***
C20:4n6	1,26a	0,54b	0,60b	0,60b	0,58b	0,55b	0,55b	0,58b	0,03	***
C20:5n3(EPA)	5,15a	2,85b	2,98b	2,95b	3,09b	2,77b	2,84b	2,90b	0,10	***
C22:1n9	0,24a	0,18b	0,16b	0,19b	0,20b	0,17b	0,18b	0,17b	0,01	***
C22:6n3(DHA)	17,20a	7,32b	8,09b	7,98b	7,73b	7,23b	7,31b	7,79b	0,42	***
C24:1n9	0,41a	0,24b	0,25b	0,24b	0,24b	0,21b	0,22b	0,21b	0,01	***
ΣAGS	25,99a	21,97b	21,99b	22,03b	21,85b	21,85b	21,89b	21,73b	0,21	***
ΣAGI	73,97b	77,97a	77,91a	77,89a	78,03a	78,04a	78,01a	78,15a	0,22	***
ΣAGM	35,40c	33,46c	35,82c	50,20a	48,07a	40,70b	42,15b	41,98b	0,65	***
ΣAGP	38,56b	44,50a	42,08a	27,68c	29,95c	37,33b	35,86b	36,16b	0,56	***
AGS:AGI	0,35a	0,28b	0,28b	0,28b	0,28b	0,28b	0,28b	0,27b	0,00	***
$n-3:n-6$	1,83a	0,47d	0,49d	0,90b	0,78bc	0,54d	0,59cd	0,57cd	0,05	***

Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva. Valores de P. NS: no significativo; · : <0,1; *: <0,05; **: <0,01; ***: <0,001.

Los resultados en composición de ácidos grasos de la sección del filete ventral siguen una pauta similar a los resultados de los ácidos grasos del filete dorsal.

La comparación entre las dos secciones de filetes, dorsal y ventral se muestran en la Tabla 8. Los resultados muestran la ausencia de diferencias significativas entre los ácidos grasos de las dos secciones de filetes, excepto en la ratio n-3: n-6. En los peces alimentados con la dieta F, la sección dorsal del filete presenta un mayor contenido en $\omega 3$ que la sección ventral.

Tabla 8. Comparativa entre filete dorsal y ventral.

	AGS				AGI				AGM				AGP				AGS:AGI				n-3:n-6			
	D	V	ESM	P	D	V	ESM	P	D	V	ESM	P												
F	26,46	26,00	0,19	NS	73,54	73,98	0,19	NS	32,80	35,41	0,61	NS	40,75	38,57	0,57	NS	0,36	0,35	0,00	NS	2,09	1,83	0,04	**
S	22,38	21,98	0,19	NS	77,62	77,97	0,19	NS	32,89	33,47	0,61	NS	44,74	44,51	0,57	NS	0,29	0,28	0,00	NS	0,57	0,48	0,04	NS
SA	22,61	22,00	0,19	NS	77,39	77,91	0,19	NS	34,15	35,82	0,61	NS	43,25	42,09	0,57	NS	0,29	0,28	0,00	NS	0,60	0,50	0,04	NS
O	22,40	22,04	0,19	NS	77,60	77,89	0,19	NS	48,56	50,21	0,61	NS	29,04	27,69	0,57	NS	0,29	0,28	0,00	NS	1,07	0,91	0,04	NS
OA	22,48	21,86	0,19	NS	77,52	78,03	0,19	NS	46,01	48,08	0,61	NS	31,51	29,96	0,57	NS	0,29	0,28	0,00	NS	0,95	0,79	0,04	NS
S/OA	22,46	21,86	0,19	NS	77,54	78,04	0,19	NS	39,15	40,70	0,61	NS	38,39	37,34	0,57	NS	0,29	0,28	0,00	NS	0,66	0,55	0,04	NS
S/O	22,33	21,90	0,19	NS	77,67	78,02	0,19	NS	40,93	42,15	0,61	NS	36,74	35,86	0,57	NS	0,29	0,28	0,00	NS	0,69	0,59	0,04	NS
SA/OA	22,36	21,74	0,19	NS	77,64	78,15	0,19	NS	40,07	41,99	0,61	NS	37,56	36,16	0,57	NS	0,29	0,28	0,00	NS	0,72	0,58	0,04	NS

Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

Valores de P. NS: no significativo; • : <0,1; * : <0,05; ** : <0,01; *** : <0,001.

¹D: dorsal; ²V: ventral.

Los resultados de la composición de ácidos grasos de la grasa perivisceral se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Composición de ácidos grasos de las dietas experimentales en la grasa perivisceral.

	Dietas									
	F	S	SA	O	OA	S/OA	S/O	SA/OA	ESM	P
C14:0	2,90a	1,73b	1,92b	1,70b	1,90b	1,63b	1,68b	1,83b	0,09	***
C16:0	17,43a	14,70b	15,13b	14,97b	14,72b	15,11b	15,04b	14,92b	0,26	***
C16:1n7	4,17a	2,41b	2,89b	2,68b	3,03b	2,46b	2,65b	2,75b	0,15	***
C18:0	4,13a	3,90ab	3,76ab	3,33b	3,42b	3,85ab	3,64ab	3,41b	0,14	**
C18:1n9	25,74e	28,01e	32,55d	46,96a	42,39b	35,29c	37,16c	37,09c	0,50	***
C18:1n7	2,80a	2,30b	2,34b	2,48b	2,54b	2,32b	2,39b	2,37b	0,05	***
C18:2n6	12,99e	30,99a	25,77b	14,04e	17,54d	24,42bc	22,54c	22,83c	0,41	***
C18:3n3	2,20cde	4,05a	2,75bc	1,90e	2,14de	2,93b	3,01b	2,54bd	0,14	***
C20:0	0,28a	0,28a	0,25a	0,29a	0,28a	0,29a	0,27a	0,28a	0,01	NS
C20:1n9	2,08a	1,58b	1,71ab	1,77ab	1,73ab	1,46b	1,54b	1,62ab	0,10	*
C20:2	0,71b	0,94a	0,75ab	0,47c	0,50c	0,64bc	0,59bc	0,54bc	0,04	***
C20:4n6	1,10a	0,37b	0,41b	0,37b	0,38b	0,36b	0,38b	0,38b	0,02	***
C20:5n3(EPA)	5,11a	2,30b	2,64b	2,29b	2,43b	2,20b	2,41b	2,38b	0,10	***
C22:1n9	0,25a	0,17b	0,19ab	0,17b	0,19ab	0,16b	0,16b	0,19ab	0,01	*
C22:6n3(DHA)	15,48a	4,58b	5,16b	4,95b	5,01b	5,04b	4,92b	5,01b	0,35	***
C24:1n9	0,37a	0,16b	0,20b	0,21b	0,23b	0,21b	0,17b	0,21b	0,02	***
ΣAGS	26,26a	21,50b	21,96b	21,15b	21,23b	21,82b	21,48b	21,39b	0,39	***
ΣAGI	73,66b	78,42a	77,96a	78,74a	78,65a	78,05a	78,42a	78,49a	0,38	***
ΣAGM	35,58e	34,70e	40,01d	54,34a	50,23b	42,03cd	44,17c	44,34c	0,57	***
ΣAGP	38,08b	43,71a	37,95b	24,39e	28,41d	36,01bc	34,25c	34,15c	0,56	***
AGS:AGI	0,35a	0,27b	0,28b	0,26b	0,27b	0,27b	0,27b	0,27b	0,01	***
$n-3:n-6$	1,60a	0,34d	0,40cd	0,63b	0,53bc	0,41cd	0,45cd	0,42cd	0,03	***

Nomenclatura de las dietas experimentales: F: aceite de pescado (control); S: aceite de soja; SA: oleína de soja-girasol; O: orujo de oliva; OA: oleína de orujo de oliva; S/OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva; S/O: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva; SA/OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

Valores de P. NS: no significativo; • : <0,1; *: <0,05; **: <0,01; ***: <0,001.

La grasa perivisceral de los peces control (alimentados con F) tienen un porcentaje estadísticamente más elevado de ácidos grasos saturados (AGS) que la grasa perivisceral de los peces alimentados con los aceites experimentales. En la ratio AGS:AGI, se observan estas diferencias. Por lo que respecta al contenido total de ácidos grasos monoinsaturados (AGM), éste fue superior en la dieta O, mientras que el contenido inferior lo obtuvo la dieta control y la dieta S. En cuanto a la ratio n-3:n-6, la grasa de los peces alimentados con F presentó la ratio más elevada y los alimentados con S la más reducida.

4. Discusión.

En el presente estudio, encontramos que, hacer una sustitución de la parte energética de FO del 75%, por distintos aceites experimentales durante 90 días, es posible sin afectar significativamente al crecimiento de la lubina. En estudios anteriores hechos con lubinas, se concluyó que la sustitución puede llegar a ser hasta del 90% sin afectar al crecimiento de estas (Torrecillas et al., 2017).

Las dietas con aceite de soja y orujo de oliva dan resultados de crecimiento iguales que la dieta control, lo que concuerda con estudios previos sobre el reemplazo de aceite de pescado por otros aceites vegetales crudos en diferentes especies (Fountoulaki et al., 2009; Thanuthong et al., 2011; Nasopoulou y Zabetakis, 2012). Esto es debido a que solo se ha cambiado la fuente energética, las dietas siguen teniendo un 25% de FO, que le aporta los ácidos grasos esenciales (EPA y DHA) para el correcto crecimiento del pez (Grayson y Dabrowski, 2020).

Sin embargo, la dieta con oleína de orujo de oliva es la que peor crecimiento da. Esto concuerda con un estudio realizado en doradas y lubinas con sustitución de FO por orujo de oliva y aceite de orujo de oliva, en el que las lubinas no obtenían buenos resultados de crecimiento cuando se alimentaban con los aceites de oliva (Nasopoulou et al., 2011). Esto podría ser debido a la elevada cantidad de ácidos grasos libres de las oleínas, algunos estudios en pollos demuestran que cuanto mayor es el grado de acidez o mayor es la cantidad de AGL peor es la digestibilidad (Ramos, 2016). Sin embargo, estos efectos no se observan en la oleína de soja que tiene un porcentaje más elevado de AGL. Por otro lado, en nuestro estudio, la mezcla de oleína de orujo de oliva con aceites vegetales crudos de soja y orujo de oliva, obtuvo resultados significativamente iguales que los peces alimentados con los aceites crudos, esto concuerda con el estudio hecho en truchas arcoíris, utilizando aceites crudos y ácidos de colza (Trullàs et al., 2016).

La tasa específica de crecimiento nos indica que peces fueron los que más crecieron diariamente. Como se encontró en estudios anteriores en lubinas (Torrecillas et al., 2017; 2019) los peces alimentados con aceites vegetales crudos, no tuvieron diferencias significativas en crecimiento, con los peces control.

El índice de conversión nos indica la cantidad de aprovechamiento de alimento que tuvieron los peces. Como hemos visto los animales que menos aprovecharon el alimento fueron los alimentados con la oleína de orujo de oliva, dato que también concuerda con los estudios realizados con oleínas en pollos (Ramos, 2016).

El factor de condición es un parámetro que se utiliza para indicar el estado de engrasamiento de los animales. A mayor factor de condición, mayor engrasamiento. Los peces alimentados con S/OA fueron los más delgados y los alimentados con la mezcla de aceites vegetales crudos S/O, fueron los que presentaron mayor engrasamiento.

Por lo tanto, se observa que los peces alimentados con aceites vegetales crudos no tuvieron un crecimiento distinto al control como en estudios anteriores con lubinas y salmones del atlántico alimentados con aceites vegetales crudos (Bell et al., 2001; Mourente y Bell, 2006; Miller et al., 2007).

En el caso de la oleína de soja, dio un crecimiento igual que su respectivo aceite crudo (aceite de soja), esto es porque la composición de ácidos grasos de las oleínas es el mismo que el aceite crudo del que proviene, esto lo hemos visto en un estudio que han empleado aceites ácidos (Trullàs et al., 2016). Además, los resultados apuntan a que el elevado contenido en AGL no afectó en el crecimiento de los peces.

Por otro lado, se observaron diferencias en cuanto al crecimiento entre las oleínas. El crecimiento de los animales alimentados con oleína de soja fue mayor al obtenido con la oleína de orujo de oliva. Esto podría ser debido a posibles diferencias en la digestibilidad entre los aceites. Como se ha estudiado anteriormente parece que la composición en ácidos grasos del orujo de oliva (rico en AGM) es menos adecuado para el crecimiento en lubinas (Nasopoulou et al., 2011). Entonces podríamos decir que los AGP, presentes en el aceite de soja, son más adecuados que los AGM y es por esto, que cuando mezclamos SA/OA las lubinas tienen un crecimiento superior a OA. Además, la oleína de orujo de oliva mezclada con los aceites vegetales crudos también mejoró el crecimiento de las lubinas, como demostraron en estudios anteriores con trucha arcoíris alimentadas con mezclas entre aceites vegetales crudos y aceites ácidos (Trullàs et al., 2016).

En cuanto a la oleína de orujo de oliva tuvo un crecimiento significativamente distinto al de su respectivo crudo (orujo de oliva), esto puede ser debido a la alta concentración de insaponificables que contienen (FEDNA, 2020) y a la elevada concentración de AGL presentes en la oleína de oliva. Sin embargo, la concentración de AGL no afectó al crecimiento en el caso de las lubinas alimentadas con oleína de soja, esto puede ser debido a que entre ambas oleínas haya diferencias en composición, pero a día de hoy no tenemos los resultados disponibles.

Por lo tanto, utilizar mezclas entre aceites ácidos y entre aceites vegetales crudos y aceites ácidos sería la mejor opción y la más económica para la alimentación de las lubinas.

En relación con el perfil de ácidos grasos, podemos afirmar que es un reflejo de la dieta. Como hemos podido observar, sí hay diferencias significativas entre las secciones de filetes de los peces alimentados con FO y los alimentados con aceites vegetales. Esto es debido a la elevada cantidad de AGS del aceite de pescado, sobre todo de ácido palmítico y a la elevada cantidad de AGI de los aceites vegetales, tal y como describen en la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2020) y como en estudios anteriores en truchas arcoíris alimentadas con aceites vegetales (Yildiz et al., 2015; 2018). También se observan diferencias significativas en la composición de AGP y AGM entre los dos tipos de aceites vegetales (soja y oliva). Esto se debe a que el aceite de soja tiene una alta concentración de ácido linoleico, AGP. Por el contrario, el aceite de oliva es alto en AGM, exactamente en ácido oleico. Como hemos explicado anteriormente, las oleínas tienen la misma composición en ácidos grasos que sus respectivos aceites crudos, por lo tanto, no tienen diferencias significativas con los aceites vegetales crudos, pero sí entre ellas. Las mezclas entre aceites crudos y oleínas no tienen diferencias significativas con ningún aceite vegetal crudo, puesto que son mezclas de ambos.

Por lo que hace a las diferencias entre las dos secciones de filete (dorsal y ventral) no se observan diferencias significativas en composición de ácidos grasos, excepto en la ratio n-3:n-6 del grupo control. Se observa que hay una concentración más elevada de grasa en las secciones ventrales. Además, la composición de la sección ventral es muy similar a la grasa perivisceral. Esto es debido a la morfología del pez, ya que el contenido en grasa no se distribuye de forma uniforme a lo largo del cuerpo, sino que los músculos posteriores tienen menos grasa y esta aumenta a medida que vamos en dirección a las vísceras (Kestin y Warris, 2001). Esto es debido a que la grasa no empleada para formar tejidos, se acumula en la cavidad ventral (FAO, 1998).

5. Conclusiones.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se presentan las siguientes conclusiones:

- La oleína de soja puede sustituir al aceite de soja como fuente energética en las dietas de lubina con un 3,85% aceite de pescado sin afectar al crecimiento. Por el contrario, la sustitución del orujo de oliva por la oleína de orujo de oliva afecta negativamente al crecimiento de los animales.
- La combinación de aceites de soja (crudo y oleína) con los aceites de orujo de oliva (crudo o ácido) permite obtener un crecimiento igual al obtenido con los aceites crudos.
- El contenido en grasa es más elevado en la sección ventral que en la dorsal del filete, no siendo afectada por el tipo de grasa (soja y orujo de oliva) ni por un elevado contenido en ácidos grasos libres (oleína de soja y de orujo de oliva).
- La composición de ácidos grasos del filete y de la grasa perivisceral refleja la composición de ácidos grasos de la dieta. La sección ventral del filete tiene una composición en ácidos grasos más parecida a la grasa perivisceral.

6. Bibliografía.

Apromar. La acuicultura en España 2020. [05.09.20]

http://www.apromar.es/sites/default/files/2020/Informe%20Acuicultura%20Espa%C3%B1a%202020_APROMARv1.2.pdf

Baoshan L, Jiying W, Yu H, Tiantian H, Shixin W, BingShan H, Yongzhi S. 2019. Effects of replacing fish oil with wheat germ oil on growth, fat deposition, serum biochemical indices and lipid metabolic enzyme of juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂). *Aquaculture*. 505:54–62. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.02.037.

Bell JG, McEvoy J, Tocher DR, McGhee F, Campbell PJ, Sargent JR. 2001. Replacement of Fish Oil with Rapeseed Oil in Diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Affects Tissue Lipid Compositions and Hepatocyte Fatty Acid Metabolism. *J Nutr.* 131(5):1535–1543. doi:10.1093/jn/131.5.1535.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. [04.11.20]

<http://www.fao.org/3/ca9229es/CA9229ES.pdf>

FAO. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. 1998. [16.11.20]

<http://www.fao.org/3/v7180s/v7180s00.htm#Contents>

FEDNA. Aceites y oleinas de origen vegetal. 2020. [05.09.20]

http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal

Ferrer Llagostera P, Kallas Z, Reig L, Amores de Gea D. 2019. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *J Clean Prod.* 229:10–21. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.012.

Fonseca-Madrigal J, Karalazos V, Campbell PJ, Bell JG, Tocher DR. 2005. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac Nutr.* 11(4):241–250. doi:10.1111/j.1365-2095.2005.00346.x.

Fountoulaki E, Vasilaki A, Hurtado R, Grigorakis K, Karacostas I, Nengas I, Rigos G, Kotzamanis Y, Venou B, Alexis MN. 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(3–4):317–326. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.01.023.

Grayson J, Dabrowski K. 2020 Jan. Partial and total replacement of fish oil with fatty acid ethyl esters in the starter diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture.* 735018. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735018.

Izquierdo MS, Montero D, Robaina L, Caballero MJ, Rosenlund G, Ginés R. 2005. Alterations 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(1–2):431–444. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.12.001.

Kestin SC, Warris PD. 2001. "Farmed Fish Quality". Fishing New Books, Blackwell Science.

Miller MR, Nichols PD, Carter CG. 2007. Replacement of dietary fish oil for Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) with a stearidonic acid containing oil has no effect on omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid concentrations. *Comp Biochem Physiol - B Biochem Mol Biol.* 146(2):197–206. doi:10.1016/j.cbpb.2006.10.099.

Mourente G, Bell JG. 2006. Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over a long term growth study: Effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Comp Biochem Physiol - B Biochem Mol Biol.* 145(3–4):389–399. doi:10.1016/j.cbpb.2006.08.012.

Nasopoulou C, Stamatakis G, Demopoulos CA, Zabetakis I. 2011. Effects of olive pomace and olive pomace oil on growth performance, fatty acid composition and cardio protective properties of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Chem.* 129(3):1108–1113. doi:10.1016/j.foodchem.2011.05.086.

Nasopoulou C, Zabetakis I. 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. *LWT - Food Sci Technol.* 47(2):217–224. doi:10.1016/j.lwt.2012.01.018.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Dicentrarchus labrax*. 2020. [27.08.20] http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Dicentrarchus_labrax/es

Ramos IA. Uso de grasas ácidas en pollos de carne. 2020. [16.11.20]

https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2016/hdl_2072_303941/TFM_iandresramos.pdf

Sun S, Ye J, Chen J, Wang Y, Chen L. 2011. Effect of dietary fish oil replacement by rapeseed oil on the growth, fatty acid composition and serum non-specific immunity response of fingerling black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *Aquac Nutr.* 17(4):441–450. doi:10.1111/j.1365-2095.2010.00822.x.

Thanuthong T, Francis DS, Senadheera SD, Jones PL, Turchini GM. 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(1–2):82–90. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.08.007.

Tocher DR, Bell JG, Dick JR, Crampton VO. 2003. Effects of Dietary Vegetable Oil on Atlantic Salmon Hepatocyte Fatty Acid Desaturation and Liver Fatty Acid Compositions. *Lipids.* 38(7):723–732. doi:10.1007/s11745-003-1120-y.

Torrecillas S, Mompel D, Caballero MJ, Montero D, Merrifield D, Rodiles A, Robaina L, Zamorano MJ, Karalazos V, Kaushik S, et al. 2017. Effect of fishmeal and fish oil replacement by vegetable meals and oils on gut health of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*).

Torrecillas S, Robaina L, Caballero MJ, Montero D, Calandra G, Mompel D, Karalazos V, Kaushik S, Izquierdo MS. 2017. Combined replacement of fishmeal and fish oil in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Production performance, tissue composition and liver morphology. *Aquaculture*. 474:101–112. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.03.031.

Trullàs C, Fontanillas R, Tres A, Barroeta AC, Sala R. 2016. Acid and re-esterified rapeseed oils as alternative vegetable oils for rainbow trout diets: Effects on lipid digestibility and growth. *Aquaculture*. 451:186–194. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.09.021.

Turchini GM, Torstensen BE, Ng WK. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Rev Aquac.* 1(1):10–57. doi:10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x.

Vaiapeixe. [08.11.20] <https://www.vaiapeixe.com/images/fotos/peixes/lubina.jpg>

Yıldız M, Eroldoğan TO, Ofori-Mensah S, Engin K, Baltacı MA. 2018. The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. *Aquaculture*. 488:123–133. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.12.030.

Yıldız M, Köse I, Issa G, Kahraman T. 2015. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac Res.* 46(12):2885–2896. doi:10.1111/are.12441.