

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÉNCIA



**CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA
CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO
DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE
PESCADO**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Máster en acuicultura

Curso 2018-2019

Autor: Manuel Saiz García

Directora: Ana Tomas Vidal

Valencia, marzo 2019

ABSTRACT

The objective of this work was to study the effect of the use of organic feed with different levels of fish meal inclusion (25, 30 and 35%) of fish meal, which was replaced by a mixture of vegetable protein sources from organic farming, mainly soybean meal, in the growth and nutritive parameters of sea bass. The control diet contained a 30% inclusion of fishmeal and was formulated with conventional sources. The feed was tested by triplicates with juvenile seabass (initial weight 40 g/fish) in circular tanks connected to a recirculation system. They were fed manually with these diets for 196 days (28 weeks). Growth, nutritional parameters and some biometric indexes were affected by the lower level of fishmeal (25%), while the use of organic feed with 30 % fishmeal did not have negative effects. These results show that in organic feed for European seabass there is also possible the replacement of fish meal for vegetable meal without any adverse consequence in terms of growth.

Key words: *Diet, Organic, Aquafeed, Seabass, Replacement, Vegetables Weed, Soya*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la utilización de piensos ecológicos con diferentes niveles de inclusión (25, 30 y 35%) de harina de pescado en el crecimiento y parámetros nutritivos de la lubina, la cual fue sustituida por una mezcla de materias primas vegetales provenientes de agricultura ecológica (principalmente harina de soja). La dieta control contenía una inclusión de un 30% de harina de pescado y estaba formulada con materias primas convencionales. Los piensos fueron probados por triplicado con juveniles lubina (peso inicial 40 g/pez) en tanques circulares conectados a un sistema de recirculación. Fueron alimentados manualmente con estas dietas durante 196 días (28 semanas). El crecimiento, los parámetros nutritivos y algunos índices biométricos, se vieron afectados negativamente por el menor nivel de inclusión de harina de pescado (25%), mientras que la utilización de piensos ecológicos con un 30% de harina de pescado no tuvo efectos negativos. Los resultados demuestran que en piensos ecológicos para lubina europea también puede reducirse considerablemente los niveles de harina de pescado por materias primas vegetales sin ocasionar efectos adversos en términos de crecimiento.

Palabras clave: *Pienso ecológico, Lubina, Harina de pescado, Harinas Vegetales, Soja*

RESUM

L'objectiu d'aquest treball va ser estudiar l'efecte de la utilització de pinsos ecològics amb diferents nivells d'inclusió (25, 30 i 35%) de farina de peix en el creixement i paràmetres nutritius del llobarro, la qual va ser substituïda per una mescla de matèries primeres vegetals provinents d'agricultura ecològica (principalment farina de soja). La dieta control contenia una inclusió d'un 30% de farina de peix i estava formulada amb matèries primeres convencionals. Els pinsos van ser provats per triplicat amb juvenils llobarro (pes inicial 40 g/peix) en tancs circulars connectats a un sistema de recirculació. Van ser alimentats manualment amb aquestes dietes durant 196 dies (28 setmanes). El creixement, els paràmetres nutritius i alguns índexs biomètrics, es van veure afectats negativament pel menor nivell d'inclusió de farina de peix (25%), mentre que la utilització de pinsos ecològics amb un 30% de farina de peix no va tindre efectes negatius. Els resultats demostren que en pinsos ecològics per a llobarro europeu també pot reduir-se considerablement els nivells de farina de peix per matèries primeres vegetals sense ocasionar efectes adversos en termes de creixement.

Paraules clau: *Pense ecològic, Llobarro, Farina de peix, Farines Vegetals, Soja*

Índice

Índice general

Tabla de contenido

<i>Índice general</i>	<i>I</i>
<i>Índice de tablas</i>	<i>III</i>
<i>Índice de figuras</i>	<i>IV</i>
<i>I. Introducción</i>	<i>1</i>
1.1 Sector Acuícola y su importancia	1
1.2 Especie de estudio	4
1.3 Posibles perjuicios de la acuicultura intensiva	6
1.4 Acuicultura ecológica	8
1.5 Obtención de la certificación ecológica.....	10
1.5.1 Adecuación del medio acuático y plan de gestión sostenible.....	10
1.5.2 Producción simultánea de animales de la acuicultura ecológicos y no ecológicos	11
1.5.3 Procedencia de los animales de la acuicultura ecológica.....	11
1.5.4 Normas zootécnicas acuícolas generales.....	11
1.5.5 Gestión de los animales de la acuicultura.....	11
1.5.6 Normas específicas sobre piensos para animales de la acuicultura carnívoros	12
1.5.7 Normas generales para la prevención de enfermedades	12
1.5.8 Tratamientos veterinarios	13
1.6 Alimentación ecológica en acuicultura.	13
1.6.1 Harinas y aceites de pescado, problemática actual.....	14
1.6.2 Sustitución por fuentes proteicas y lipídicas de origen vegetal.....	16
<i>II. Justificación y Objetivos</i>	<i>20</i>
<i>III. Material y Métodos</i>	<i>22</i>
3.1 Descripción de la instalación	22
3.1.1 Elementos del sistema	22
3.2 Diseño experimental	25
3.2.1 Obtención y manejo de los animales.....	25
3.2.2 Pienso experimentales	27
3.2.3 Rutina de trabajo.	30
3.2.3.1 Alimentación.....	30
3.2.3.2 Control de los parámetros físico-químicos.....	30
3.2.3.3 Control del crecimiento de los peces	31
3.3 Análisis químicos	33
3.4 Análisis estadístico.....	34
<i>IV. Resultados y Discusión</i>	<i>36</i>
4.1 Efecto de la sustitución de harina de pescado en piensos ecológicos sobre el crecimiento.....	36
4.2 Parámetros corporales y biométricos.....	39

VI. Conclusiones.....	44
V. Bibliografía	46
VII. ANEXOS.....	51

Índice de tablas

Tabla 1: Producción y utilización de la pesca y la acuicultura a nivel mundial (millones de toneladas). Fuente: FAO 2018.	2
Tabla 2: Resumen del experimento.	26
Tabla 3: Formulación y composición nutricional de los piensos experimentales.	28
Tabla 4: Composición de aminoácidos de los piensos experimentales.	29
Tabla 5: Media de los parámetros del agua analizados en los diferentes meses del experimento.	31
Tabla 6: Resultados finales de crecimiento y aprovechamiento nutritivo de las lubinas alimentadas con los diferentes piensos experimentales durante 196 días.	38
Tabla 7: Composición de la carne de lubina alimentada con los diferentes piensos experimentales durante 196 días.	40
Tabla 8: Índices biométricos de las lubinas alimentadas con los diferentes piensos experimentales durante 196 días.	41

Índice de figuras

Figura 1: Lubina, (<i>Dicentrarchus labrax</i>). Fuente: www.extramar.com	4
Figura 2: Distribución por rango de colores de la lubina. Fuente: www.Fishbase.com ...	5
Figura 3: Evolución del precio de la harina de pescado y la harina de soja en Alemania y Holanda. Fuente: FAO.....	16
Figura 4: Evolución del precio del aceite de pescado y del aceite de soja en Alemania y Holanda. Fuente: FAO.....	16
Figura 5: Tanques de la Línea 2 del LAC.	23
Figura 6: Componentes del sistema de depuración.	24
Figura 7: Juveniles de lubina ecológica utilizados en la presente prueba.	26
Figura 8: Almacenamiento piensos, nevera y botes de alimentación.....	27
Figura 9: Pesaje de las lubinas anestesiadas.....	32
Figura 10: Evolución del peso medio durante el experimento en función del pienso suministrado.....	37

Introducción

I. Introducción

1.1 Sector Acuícola y su importancia

Uno de los mayores retos a los que se va a enfrentar la sociedad en las próximas décadas es abastecer de alimentos a una población en constante crecimiento, la cual se estima va a superar los 9000 millones para mediados del siglo XXI, (FAO, 2018) al mismo tiempo que se deberán cumplir los objetivos de lucha contra el cambio climático y la degradación medio ambiental de los recursos, por lo adquiere vital importancia desarrollar modelos de producción sostenibles.

Difícilmente podríamos hacerle frente a este problema sin la utilización de pescado, ya que es uno de los alimentos más consumidos y con un mayor crecimiento en muchos países. Principalmente debido a ser una fuente de proteínas muy saludable y de alta calidad, a la vez que asequible. En términos de salud, consumir pescado es muy beneficioso debido a su alta digestibilidad, a su gran aporte de aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (EPA y DHA), asociados a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Ruxton et al., 2014) y a un buen desarrollo del cerebro y salud mental en humanos (Sargent, 1997), mientras que también proporciona otros nutrientes como vitaminas A, B5, B12 Y D y minerales como calcio, yodo, fósforo, hierro y selenio.

Abastecer de pescado a toda una población creciente no es tan fácil. Según la (FAO, 2018), en términos per cápita, el consumo de pescado ha pasado de ser 9,0 kg en 1961 a 20,3 kg en 2016, lo que significa un incremento aproximado del 1,5% al año. Este aumento de la demanda está suponiendo un problema para muchas especies ya que hablamos de un recurso limitado, el cual necesita tiempo para regenerarse. Como consecuencia muchos de los caladeros naturales se encuentran agotados o en proceso de hacerlo debido a su sobreexplotación (Quaas et al., 2012).

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Bajo este panorama, la acuicultura adquiere un papel muy importante, la producción acuícola debe de incrementarse para cubrir el déficit de oferta provocado por la gran demanda de pescado mundial y la estabilidad de la pesca de captura (Ahmed & Thompson, 2018). Las capturas globales de pescado se han mantenido estancadas desde la década de los 80, mientras que la población mundial continúa creciendo del orden de 83 millones de personas cada año siendo de 7,6 billones en 2017, (ver Tabla 1). Debido a este incremento de la población, se espera que la producción mundial de la acuicultura alcance los 109 millones de toneladas en 2030, lo que representaría un crecimiento del 37% desde 2016 (FAO, 2018).

La utilización del pescado, como vemos en la Tabla 1, esta teniendo una tendencia positiva hacia su máximo aprovechamiento siendo el 88% de la producción total destinado al consumo humano directo, gracias en parte a la sustitución de harinas de pescado por materias primas animales o vegetales más sostenibles. La mayor parte del 12% utilizado con fines no alimenticios se transformó en harinas y aceites de pescado, mientras que el resto se utilizó como alimento directo destinado a la producción acuícola, ganadería, como cebo o en usos farmacéuticos (FAO, 2018).

<i>Categoría</i>	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Producción</i>						
<i>Pesca de captura</i>						
<i>Continental</i>	10,7	11,2	11,2	11,3	11,4	11,6
<i>Marina</i>	81,5	78,4	79,4	79,9	81,2	79,3
<i>Pesca de captura total</i>	92,2	89,5	90,6	91,2	92,7	90,9
<i>Acuicultura</i>						
<i>Continental</i>	38,6	42	44,8	46,9	48,6	51,4
<i>Marina</i>	23,2	24,4	25,4	26,8	27,5	28,7
<i>Total de acuicultura</i>	61,8	66,4	70,2	73,7	76,1	80
<i>Total (Pesca + Acuicultura)</i>	154	156	160,7	164,9	169,7	170,9
<i>Utilización</i>						
<i>Consumo humano</i>	130	136,4	140,1	144,8	148,4	151,2
<i>Usos no alimentarios</i>	24	19,6	20,6	20	20,3	19,7
<i>Población (miles de millones)</i>	7	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4
<i>Consumo aparente per cap. (kg)</i>	18,5	19,2	19,5	19,9	20,2	20,3

*Tabla 1: Producción y utilización de la pesca y la acuicultura a nivel mundial (millones de toneladas).
Fuente: FAO 2018.*

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Sin embargo, a pesar de que cada vez dependemos más de la producción acuícola, este sector posee grandes futuros desafíos que pueden poner en riesgo la expansión de esta industria. Estos incluyen una creciente escasez de alimento para peces y una creciente preocupación por las consecuencias sociales y ecológicas de la acuicultura industrial (Halweil & Mastny, 2008).

A no ser que la industria acuícola encuentre una manera de aumentar su producción mientras minimiza sus perjuicios, su crecimiento se verá estancado (Waite et al., 2014). Por lo que debemos fomentar el desarrollo de producciones sostenibles, realizando acciones como, una adecuada selección y gestión de las especies producidas, la introducción de innovaciones tecnológicas, el desarrollo de alimentos sostenibles específicos, la mejora de la organización empresarial y minimizar la contaminación del agua, las enfermedades y escapes de peces.

En cuanto a producción mundial, está dominada por países orientales donde el pescado es su principal fuente de proteínas y no se centran en el consumo de especies carnívoras, siendo la carpa china (*Ctenopharyngodon idella*) la principal especie piscícola producida en el mundo. China es la gran fuerza con 61,5 millones de toneladas en 2015, con gran diferencia sobre el segundo país en producción, Indonesia, el cual produjo 15,6 millones de toneladas en el mismo año, le siguen India, Vietnam, Filipinas, Bangladesh, Corea del sur y Noruega (FAO, 2018).

Para este mismo año (2015), España ocupó el puesto 22 mundial con 289.821 toneladas, valoradas en unos 407 millones de euros, siendo el principal país productor de la Unión Europea, seguido de Reino Unido y Francia, sin embargo, en cuanto al valor de producción España ocupa el cuarto lugar europeo superada por Reino Unido, Francia y Grecia.

La acuicultura en la Unión Europea a pesar de tener actualmente un limitado crecimiento constituye el 20% de la producción pesquera y da empleo directamente a unas 85.000 personas (según datos extraídos de la comisión europea), ofreciendo productos de gran calidad además de un alto grado de sostenibilidad, siendo liderado por empresas con

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

sólidos apoyos científicos y tecnológicos. En España, aunque se espera que la acuicultura siga progresando en las próximas décadas, hasta la fecha no ha sido capaz de compensar la caída de la actividad pesquera ni de compensar la reducción de las capturas.

Esta ancla en la producción acuícola, que parecen tener algunos de los principales productores europeos, se debe principalmente a un aumento de las importaciones desde otros países en los que los costos de producción son relativamente bajos, junto a las dificultades burocráticas con las que se encuentra la acuicultura europea. Para estos países es muy difícil, por no decir imposible competir en precio con productores extranjeros, sin embargo, sí cuentan con clientes cercanos preocupados por su alimentación. Es aquí donde se encuentra un posible nicho de producción ecológica, el cual tiene un gran potencial de futuro ofreciendo un pescado fresco, de calidad nutricional y respetuoso con el medio ambiente.

1.2 Especie de estudio

Este trabajo se ha desarrollado con una de las especies más utilizadas en la acuicultura mediterránea, la lubina (*Dicentrarchus labrax*).



Figura 1: Lubina, (*Dicentrarchus labrax*). Fuente: www.extramar.com.

Según la FAO, la lubina fue la primera especie marina no salmónida que se produjo comercialmente en Europa y actualmente es el pez comercial más importante y ampliamente producido en las áreas mediterráneas. Grecia, Turquía, Italia, España, Croacia y Egipto son los productores más grandes.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Hábitat y biología:

Las lubinas son euritérmicas (5-28 °C) y eurihalinas (3‰ hasta agua de mar), por lo que son capaces de frecuentar aguas costeras interiores y lagunas de aguas salobres. Algunas veces se aventuran río arriba en agua dulce. La distribución de esta especie engloba las costas atlánticas, tanto europeas como norte africanas, así como las costas mediterráneas, ver Figura 2. Hay sólo una estación reproductiva por año, la cual ocurre en invierno en la población mediterránea (diciembre a marzo) y hasta junio en las poblaciones del Atlántico.

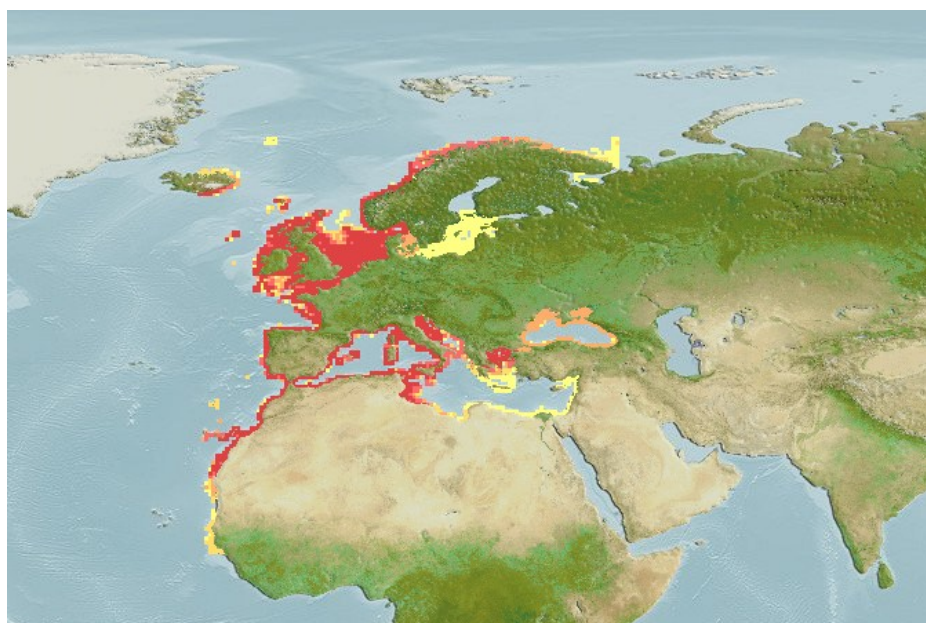


Figura 2: Distribución por rango de colores de la lubina. Fuente: www.Fishbase.com.

Las lubinas desovan huevos pelágicos pequeños (1,02–1,39 mm) en agua con salinidades menores al 35‰, cerca de las bocas de ríos y estuarios o en áreas litorales donde la salinidad es alta ($\geq 30\text{‰}$). No siendo particularmente sensibles a bajas temperaturas, algunos peces pueden pasar el invierno en lagunas costeras en lugar de retornar al mar abierto. En cuanto a su alimentación, las lubinas son depredadores y su gama de alimento incluye peces pequeños, gambas, cangrejos y jibias (FAO, 2009).

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Rasgos biológicos:

Esta especie posee un cuerpo más bien alargado, de color gris plateado a azulado sobre el cuerpo, plateado sobre los costados y vientre a veces teñido de amarillo, presenta un opérculo con 2 espinas planas. Tiene la boca terminal, moderadamente protráctil. Posee dos aletas dorsales separadas; la primera con 8 a 10 espinas la segunda con 1 espina y 12 o 13 rayos blandos. Aleta anal con 3 espinas y 10 a 12 rayos blandos. Escamas pequeñas y aleta caudal moderadamente bifurcada (FAO, 2009).

1.3 Posibles perjuicios de la acuicultura intensiva

La acuicultura como cualquier otro sector económico utiliza y transforma unos recursos en productos de valor comercial y al hacerlo produce unos desechos que afectan al medio ambiente (Beveridge, 1996). Debido a esto el aumento en la producción acuícola en los últimos años también viene ligado de provocar un mayor estrés al medio donde se realiza la actividad, por lo que el crecimiento debe ir acompañado de la investigación científica que respalde las normas que la regula y intente tomar un camino lo más sostenible posible.

La acuicultura no es ni de lejos la actividad que más perjudica el medio acuático, sin embargo, si es una de las principales afectadas por las perturbaciones provocadas por la degradación del ambiente (Dosdat A, 2001). Por lo que también es la principal interesada en reducir su afectación al medio.

Su sostenibilidad ambiental está limitada por un amplio rango de posibles perjuicios ambientales susceptible de crear problemas al medio (Hall, 2011). La severidad con la que estos perjuicios dañan al medio depende mucho de la forma en la que se realice. Son mayores en sistemas de producción abiertos al medio como lagunas o jaulas marinas, en los cuales no se puede controlar la calidad del agua residual utilizada para la actividad. Al mismo tiempo la producción intensiva es la más perjudicial ya que se incrementan todos los procesos productivos en un lugar muy concentrado dando lugar a posibles daños ambientales.

Una de las principales causas de contaminación es la adición al agua de grandes cantidades de alimento proteico, ya que, actualmente la acuicultura occidental esta

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

constituida principalmente por especies carnívoras, las cuales su alimento esta formado por grandes cantidades de harinas de pescado, además esto genera una alta presión sobre las pesquerías con la consecuente modificación de los hábitats donde se genera la actividad pesquera.

Adicionalmente, parte del alimento suministrado no es consumido, esto junto a los productos de excreción de los organismos modifican la columna de agua, la fauna y el fondo marino, aumentando la cantidad de nitrógeno y fósforo del medio acuático. Los efectos negativos provocados por el pienso no consumido pueden reducirse o eliminarse mediante mejoras en nutrición, eficiencia de alimentación, tratamientos de agua y promoviendo una acuicultura integrada (Dosdat A, 2001).

Este aumento de nutrientes aumenta la actividad bacteriana y algal del medio generando situaciones eutróficas donde el oxígeno es limitante (Enell & Lof, 1985), estimulando la aparición de ciertos organismos y la desaparición de otros, modificando así el ecosistema natural.

A menudo la producción intensiva junto al aumento de la actividad bacteriana en el medio son el caldo de cultivo perfecto para la aparición de enfermedades, estas comúnmente son tratadas con antibióticos y otros agentes químicos perjudiciales para el medio ambiente. Estos tratamientos son suministrados vía oral o como vacunas inyectables. En el primer caso la mayoría de agente permanece en el medio siendo consumido por organismos detritívoros o peces silvestres que se alimentan alrededor de las instalaciones, provocando resistencia a los antibióticos y cambios en la composición química del medio.

Los posibles escapes también generan afecciones al medio ya que pueden ser un reservorio de patógenos además de ocasionar la llegada de depredadores, pudiendo a afectar a las poblaciones naturales. (Penczak et al.,1982) estimó que en condiciones normales el 5% de los peces producidos se escapan, cifras que pueden aumentar drásticamente en el caso de aparición de temporales u otros fenómenos. Además, las posibles selecciones genéticas o incluso, en el futuro, tratarse de organismos transgénicos puede provocar hibridaciones entre especies (Chen et al.,1998).

Otro impacto de esta actividad se ocasiona durante instalación y mantenimiento de las estructuras necesarias como las jaulas, líneas flotantes y todo el entramado (Beveridge,

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

1996), esto implica necesariamente la actividad humana y el incremento del ruido, alterando el entorno.

El impacto sobre el medio ambiente provocado por la acuicultura tiene consecuencias para esta misma, cada vez hay más problemas de mortalidad entre los peces, además del riesgo de enfermedades. Esto junto a la creciente demanda de pescado en el mundo esta incentivando a científicos a investigar sobre posibles avances de la acuicultura ecológica, la cual no elimina todos los problemas citados anteriormente, pero si reduce significativamente el impacto negativo al medio ambiente provocado por la producción en masa de peces.

1.4 Acuicultura ecológica

Estamos viviendo un cambio donde la concienciación medio ambiental, así como la calidad e inocuidad de los productos que consumimos ha pasado a ser un tema recurrente en muchos de los hogares en países desarrollados. Al consumidor cada vez le preocupan más las posibles consecuencias ambientales de sus acciones, así como el alimentarse de una manera más natural (Belluga, 2013). Ante este escenario cuestiones como el bienestar animal, la trazabilidad o la certificación ecológica adquieren más valor.

En España el consumo de productos ecológicos está creciendo año tras año, datos extraídos del último informe de (Ecological, 2018), los cuales tomaron como referencia los informes públicos mas actualizados provenientes del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente indican que en 2018 el consumo se aproximó a los 1700 millones de euros, lo que significó un gasto de 36,33 euros por habitante y año, aumentando en un 12,6% las cifras del mismo estudio en 2015.

Para las empresas productoras la implantación de esta forma de producción puede tener repercusión en los gastos, sin embargo, la mayoría de las veces quedarían sobradamente compensados con los ahorros a consecuencia de la mejora productiva, además de aportar un gran valor añadido al producto final, ya que cabe esperar que la calidad aumente debido a las menores densidades de producción, mejorando así la calidad del agua, reduciendo las enfermedades y garantizando el bienestar animal.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Sin embargo, en el caso de lubina y dorada ecológica, los expertos consideran que, aunque los productores alcanzan precios altos en el mercado, a menudo éstos no son suficientes para compensar los costes adicionales. La solución a este problema pasa por incrementar el volumen producido para lograr una economía de escala que permita reducir los costes para ser más competitivos.

La acuicultura ecológica a pesar de su continuo desarrollo todavía es una industria incipiente la cual supuso el 4 % del total de productos acuícolas que se produjeron en la Unión Europea en 2015, lo que significó unas 52000 toneladas métricas, según el último informe del Observatorio Europeo del Mercado de la Pesca y la Acuicultura. Con diferencia en principal productor es Irlanda con 22.000 Tm, le siguen Italia 5.400 Tm, España 4.392 Tm, Francia 4.200 Tm y Hungría 3.498 Tm. (EUMOFA, 2017).

En cuanto a España la producción de acuicultura ecológica en el año 2017 fue de 4.392 toneladas de las cuales 42 fueron lubinas (MAGRAMA, 2017). Un dato todavía muy pequeño si lo comparamos con el total de la acuicultura española 289,821 Toneladas. La mayoría de la producción ecológica en España proviene del mejillón con 1.684 Tm y del esturión con 1744 Tm (APROMAR, 2017).

Una de las principales empresas acuícolas que está apostando hoy en día por la producción ecológica es el grupo NATURIX, la cual es pionera en producir, transformar y comercializar pescado ecológico avalado por ENAC, lo que les permite tener un alto grado de diferenciación con respecto a su competencia, proporcionándoles nuevas oportunidades de negocio tanto nacional como internacionalmente.

La lubina es una de las especies que trabajan produciendo tanto pescado de ración como transformando y ofreciéndola fileteada al natural o ahumada y entera eviscerada (www.naturix.com).

Parece ser que la producción ecológica es el futuro, sin embargo, para que la humanidad pueda abastecerse de una forma responsable, es necesario un cambio en nuestra forma de alimentarnos, si seguimos con el ritmo de demanda de proteína actual es imposible suministrarlo únicamente a través de la producción ecológica ya que esta se basa en bajas densidades donde se prima el bienestar animal y la calidad de los productos.

1.5 Obtención de la certificación ecológica

Todos los esfuerzos realizados por el productor en generar un producto de calidad y sostenible se resumen en la obtención de la certificación ecológica. A través de esta el consumidor puede identificar este tipo de productos y tener la certeza de que lo que compra responde a sus expectativas, al menos en cuanto al compromiso con el medio ambiente.

Generalmente se conocen como alimentos ecológicos a aquellos que se obtienen sin la utilización de productos químicos respetando el entorno. Hoy en día hay varias certificaciones en cuanto a productos eco se refiere dependiendo de la comunidad, región o país que la acredite.

En 1991, se aprobó por parte de la Unión Europea el primer Reglamento que regula las producciones ecológicas. No fue hasta casi veinte años después, en 2009, cuando se adoptaron normas detalladas sobre la producción ecológica de animales de la acuicultura y algas marinas, por medio del Reglamento (CE) no 710/2009 de la comisión, que modifica el Reglamento (CE) no 889/2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) no 834/2007.

El cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento se controla mediante un sistema basado en el Reglamento (CE) no882/2004 y en medidas precautorias y de control establecidas por la Comisión. Este sistema garantiza la trazabilidad de los alimentos de acuerdo con el Reglamento (CE) no178/2002.

A continuación, se desarrollan los principales apartados de cumplimiento obligatorio, extraídos del Reglamento (CE) no 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, para obtener la certificación.

1.5.1 Adecuación del medio acuático y plan de gestión sostenible

En lo que respecta a la producción de animales de la acuicultura en estanques piscícolas, tanques o canales, las explotaciones estarán equipadas bien con lechos de filtrado natural, estanques de decantación, filtros biológicos o filtros mecánicos para recoger los

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

nutrientes residuales, o bien utilizarán algas, animales o ambos (bivalvos y algas) que contribuyan a mejorar la calidad del efluente. La vigilancia del efluente se llevará a cabo periódicamente, cuando proceda.

1.5.2 Producción simultánea de animales de la acuicultura ecológicos y no ecológicos

La autoridad competente podrá permitir la producción paralela de animales ecológicos y no ecológicos siempre y cuando se demuestre que existe una clara separación física y no hay riesgo posible de contaminación cruzada.

1.5.3 Procedencia de los animales de la acuicultura ecológica

Los alevines ecológicos se podrán obtener de reproductores ecológicos, además, siempre y cuando no se disponga de animales de la acuicultura ecológica, se podrán utilizar como reproductores animales silvestres capturados o animales de la acuicultura no ecológica que hayan sido gestionados ecológicamente durante al menos tres meses.

1.5.4 Normas zootécnicas acuícolas generales

El medio para la cría de los animales de la acuicultura se diseñará de forma que tengan suficiente espacio para su bienestar, la densidad máxima viene establecida en base a la especie en cuestión, además ha de mantenerse el agua con una buena calidad, controlando que exista suficiente oxígeno y que las condiciones de temperatura y luminosidad sean las adecuadas para la especie.

1.5.5 Gestión de los animales de la acuicultura

En cuanto a la gestión de estos animales ha de reducirse al mínimo y se llevará a cabo con el mayor de los cuidados y con equipamiento y protocolos adecuados con el fin de evitar el estrés.

La utilización de luz artificial en la producción no podrá extenderse de 16 horas diarias y deben emplearse luces con intensidad regulable evitando así los cambios bruscos. El uso de oxígeno solo estará permitido en casos excepcionales como caídas bruscas de oxígeno por aumento de la temperatura o contaminación accidental, así como en procedimientos ocasionales como muestreos.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Las técnicas de sacrificio variarán dependiendo del tamaño de recolección y de la especie y siempre deberán conseguir que los peces queden inmediatamente inconscientes e insensibles al dolor.

En las labores de reproducción queda prohibido el uso de hormonas y derivados de hormonas.

1.5.6 Normas específicas sobre piensos para animales de la acuicultura carnívoros

Además de cumplir unas normas generales en cuanto a la sanidad animal, la alta calidad del producto y un bajo impacto medioambiental, se deberán cumplir ciertas normas específicas.

Para animales carnívoros los piensos pueden contener harinas y aceites de pescado procedentes de despojos de la acuicultura ecológica y de despojos de pescado ya capturado para el consumo humano en pesquerías sostenibles. Se pueden utilizar materias primas ecológicas de origen vegetal o animal.

La ración de pienso podrá comprender un máximo de un 60 % de productos vegetales ecológicos.

En la acuicultura ecológica podrán utilizarse únicamente las materias primas de origen mineral para la alimentación animal que figuran en la lista del **Anexo I**.

Los aditivos para piensos, determinados productos que se emplean en nutrición animal y los coadyuvantes tecnológicos podrán utilizarse si aparecen recogidos en el **Anexo II** y se cumplen las restricciones que se establecen en el mismo.

1.5.7 Normas generales para la prevención de enfermedades

El plan de gestión de la sanidad animal elaborado de conformidad con el artículo 9 de la Directiva 2006/88/CE detallará prácticas de bioseguridad y prevención de enfermedades.

Generalmente se han de limpiar y desinfectar los sistemas, el equipo y los utensilios de la explotación regularmente, además la autoridad competente determinará si es necesario un periodo de barbecho entre ciclos de producción. Los animales muertos han de ser retirados rápidamente para evitar riesgos biológicos.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Solo se podrá utilizar la luz ultravioleta y el ozono en criaderos y viveros. En cuanto al control de ectoparásitos se dará preferencia al empleo de peces limpiadores o baños con agua dulce, salada o cloruro de sodio.

1.5.8 Tratamientos veterinarios

Cuando las medidas preventivas no sean suficientes, se podrán aplicar tratamientos veterinarios en el siguiente orden de preferencia:

- Sustancias de plantas, animales o minerales en una dilución homeopática
- Plantas y sus extractos que no tengan efectos anestésicos.
- Sustancias tales como oligoelementos, metales, inmunoestimulantes naturales o probióticos autorizados.
- Los tratamientos alopáticos están limitados a 2 veces al año (1 si el ciclo de producción es menor a 12 meses), con la excepción de las vacunas y los programas de erradicación obligatorios.
- El empleo de tratamientos antiparasitarios está limitados a 2 veces al año o una si el ciclo de producción es inferior a 18 meses.

El tiempo de espera de los tratamientos veterinarios alopáticos y tratamientos parasitarios será del doble de tiempo de espera legal mencionado en el artículo 11 de la Directiva 2001/82/CE, en caso de no estar especificado será de 48 horas.

Siempre que se utilicen medicamentos veterinarios deberá de declararlo al organismo de control antes de que los animales se comercialicen como ecológicos.

Debido a la escasez de terapias de origen natural la mayoría de las veces hay que recurrir a los tratamientos alopáticos, por lo que de cara al futuro es necesario avances científicos en este aspecto.

1.6 Alimentación ecológica en acuicultura.

La alimentación en acuicultura es el parámetro más influyente en el coste final del producto, para la lubina europea (*Dicentrarchus labrax*), una de las especies con un mayor impacto económico en los países mediterráneos, supone alrededor de un 50% del

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

total de los costes finales (Rana et al., 2009), por lo que cualquier fluctuación en el precio de la dieta tiene como consecuencia un gran impacto en los costes de producción, afectando al precio de mercado.

Mejorar la optimización del uso de las materias primas junto al conocimiento sobre sus nutrientes, su digestibilidad y el correcto manejo son esenciales para el desarrollo responsable de esta actividad. Hoy en día, aunque la mayoría del pescado se destina al consumo directo, también hay una gran cantidad que se destina a la alimentación de peces carnívoros, esto provoca una disminución de la sostenibilidad de la acuicultura. El objetivo de muchas investigaciones es conseguir reducir los índices de conversión actuales utilizando fuentes alternativas más sostenibles.

Dentro de la alimentación, la industria de la fabricación de piensos tiene una importancia vital para este sector. En 2016, se utilizaron en España 121.000 toneladas de pienso en acuicultura, de las cuales un 83% fue destinado a peces marinos y el 17% restante a especies continentales (APROMAR 2017). Debido a que el sector de la acuicultura ecológica en España es todavía incipiente no existe producción nacional de piensos ecológicos, teniendo que importarlos, por lo que este tipo de estudios contribuyen a sentar las bases para que se desarrollen piensos ecológicos nacionales que ayuden a impulsar el sector.

En la actualidad se está investigando con posibles materias primas sostenibles para la fabricación de piensos en acuicultura, como productos vegetales de producción ecológica o la utilización de harinas de aves, cerdo ibérico o insectos, todas ellas de origen ecológico.

1.6.1 Harinas y aceites de pescado, problemática actual.

Los avances en las investigaciones están permitiendo incrementar la alimentación con aceites y harinas vegetales con propósitos medio ambientales, sin embargo, la completa sustitución de fuentes de pescado en el pienso conlleva respuestas patológicas y empeoramiento de los índices de crecimiento (Borey et al., 2018). Por lo que en peces

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

carnívoros todavía es necesario utilizar harinas y aceites de pescado por su alto contenido en proteínas y ácidos grasos poliinsaturados (HUFA y PUFAS) lo que da como resultado una alta digestibilidad, y un buen equilibrio en aminoácidos, además de un alto contenido en vitamina B y fuentes minerales.

Estos productos se pueden obtener tanto del pescado entero, como de sus despojos, utilizando principalmente especies pequeñas pelágicas como la anchoveta, el arenque, el capelán y el merlán (Halweil & Mastny, 2008). La harina de pescado se obtiene tras la molienda y el secado del pescado entero o de partes de este, mientras que el aceite de pescado se obtiene mediante el prensado del pescado cocido y su posterior centrifugación y separación.

Utilizar tanta cantidad de derivados del pescado para la fabricación de pienso provoca que haya una dependencia de la acuicultura respecto a la pesca de captura, llevando al consiguiente problema medioambiental, de la disminución de las poblaciones pelágicas marinas, sobreexplotación de los caladeros y contaminación atmosférica debido a los gases emitidos por los barcos y maquinaria.

Además, el aumento de la demanda de harinas y aceites de pescado junto a su escasa oferta, han aumentado en los últimos años el precio de estos recursos (Figuras 2 y 3) Todas estas situaciones han creado la necesidad de buscar nuevas alternativas proteicas más sostenibles para la fabricación de piensos, como la harina de soja (Hardy, 1996).

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

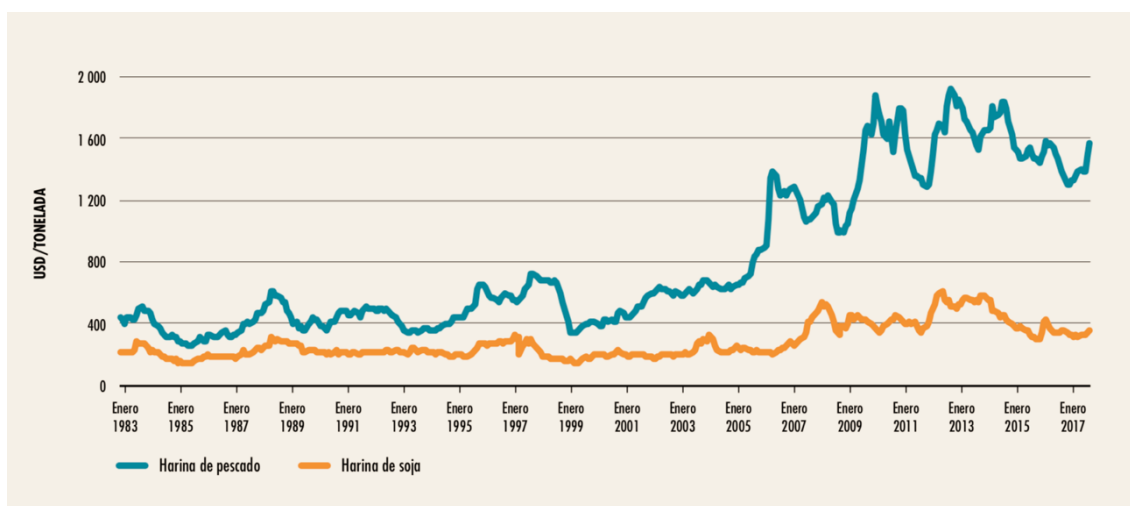


Figura 3: Evolución del precio de la harina de pescado y la harina de soja en Alemania y Holanda.
Fuente: FAO.

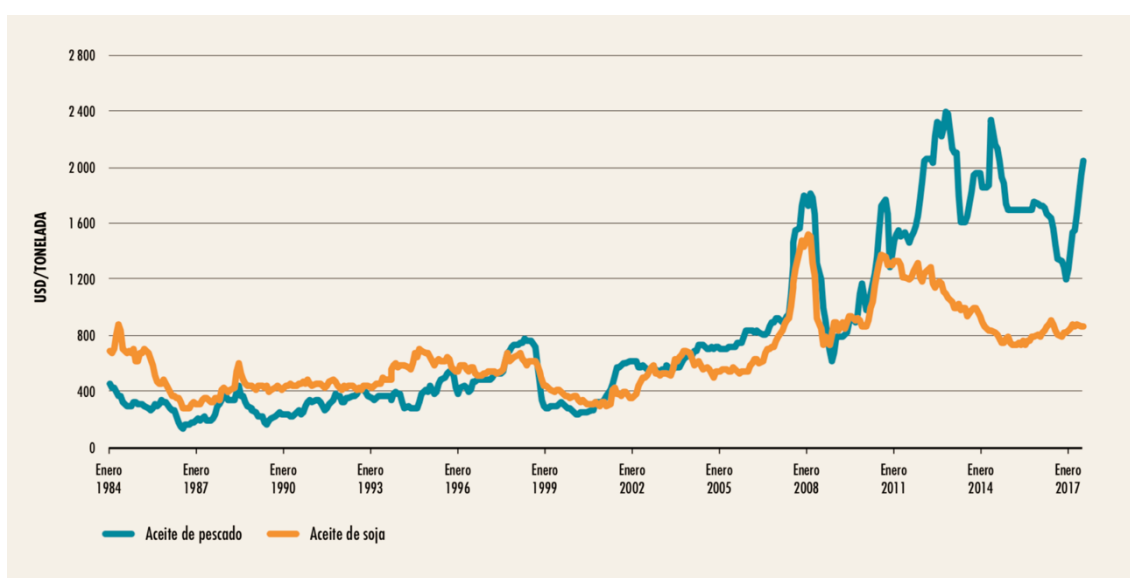


Figura 4: Evolución del precio del aceite de pescado y del aceite de soja en Alemania y Holanda.
Fuente: FAO.

1.6.2 Sustitución por fuentes proteicas y lipídicas de origen vegetal.

Para aumentar la sostenibilidad del sector es primordial reducir al máximo el uso de derivados de pescado en la alimentación acuícola. Se ha demostrado que cuando la sustitución de harina de pescado se realiza por una mezcla de fuentes proteicas los niveles de sustitución alcanzados pueden ser mejores, ya que las deficiencias aminoacídicas de una fuente proteica pueden completarse con otras que forme parte de la mezcla (Vargas,

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

2014). De esta forma, combinando varias materias primas vegetales se puede obtener un perfil de aminoácidos en la dieta parecido al los del pescado, por lo que podían ser buenos sustitutos de las harinas y aceites de pescado.

En el caso de la sustitución del aceite de pescado, hay que tener en cuenta que los aceites vegetales son deficientes en ácidos grasos poliinsaturados, lo cual altera los perfiles lipídicos (Bell et al., 2002) de los animales lo que puede desencadenar en la alteración de importantes procesos biológicos en los peces como su función inmunológica, además de una inevitable pérdida de las características particulares asociadas a la mejora de la salud por el consumo del pescado.

Otro aspecto por considerar es que la utilización de materias primas vegetales aumenta la proporción de carbohidratos en la dieta, los cuales no son de fácil digestibilidad en peces carnívoros como la lubina, dificultando la mejora en los índices de conversión alimenticios (Dias et al., 2004).

En adición la mayoría de las harinas vegetales son deficientes en algunos aminoácidos esenciales, especialmente en lisina y metionina, lo cual ha podido ser subsanado mediante la adición de aminoácidos sintéticos, sin embargo, en piensos ecológicos esto adquiere una mayor importancia ya que la adición de estos aditivos no está permitida.

Se han llevado acabo estudios de sustitución con distintas fuentes proteicas vegetales en piensos convencionales para lubina tanto europea como asiática mostrando satisfactorios avances.

En general en especies carnívoras, una de las materias primas vegetales más utilizada para sustituir las fuentes procedentes de pescado y sobre la que más se ha estudiado es la soja, la cual se utiliza tanto en forma de harina como de aceite.

En estudios anteriores con lubina europea los resultados mostraron que se podía reducir la harina de pescado a solo un 5% sustituyéndola por una mezcla de maíz, trigo, soja y colza, sin afectar al crecimiento de la lubina (Kaushik et al., 2004), sin embargo, en este estudio no se sustituyó ningún porcentaje de aceite de pescado por aceites vegetales.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

En estudios posteriores con lubina asiática donde se examinó los efectos de diferentes niveles de inclusión de harina y aceites de pescado, desde un 30% hasta la sustitución completa por una mezcla de harina de soja, pollo y aceite de arroz, se observó que desde un comienzo se produjo una reducción tanto del crecimiento como de la ingesta debida a la disminución de harinas de pescado sin embargo la sustitución del aceite de pescado fue más exitoso con la capacidad de sustituirlo completamente, excepto los niveles de inclusión más bajos de harina de pescado (Glencross et al., 2016).

Estos estudios juntos a otros con resultados similares (Nandakumar et al., 2017) demuestran que la casi completa sustitución de la harina de pescado y aceite de pescado en las dietas de lubina es una realidad técnica.

Por otro lado, el efecto que tiene esta sustitución por materias primas vegetales en piensos ecológicos ha sido mucho menos estudiado en el pasado. En un estudio donde se evaluó *Tetraselmis suecica* como sustituto de proteína de pescado en piensos de lubina europea, los cuales incluían alrededor de un 20% de trigo y 10% de soja se observó que esta alga se pudo utilizar sustituyendo hasta un 20% de la proteína de pescado sin perjudicar ni el crecimiento ni la calidad de los peces (Tulli et al., 2012), aunque el nivel de harina de pescado en estos piensos seguía siendo bastante alto (40-50%).

En otro estudio realizado con doradas donde se quiso observar las diferencias entre alimentar con un pienso ecológico con un 63% de harina de pescado o uno convencional con un 50% se observó que, aunque al principio del experimento los piensos ecológicos mostraron mejores crecimientos, al final del estudio, cuando los peces ya tenían un mayor tamaño, estas diferencias desaparecieron (Mente et al., 2012).

Los niveles de sustitución en estos estudios con piensos ecológicos aún están muy lejos de los resultados obtenidos en piensos convencionales.

La reducción de harina y aceites de pescado es un paso muy importante en el camino de una acuicultura más sostenible. Hay que seguir buscando nuevas fuentes proteicas que mantengan la salud de los peces, así como la calidad de la carne.

Justificación y Objetivos

II. Justificación y Objetivos

La necesidad de producir más alimento para las generaciones futuras junto con el compromiso de dejar un planeta con las mismas o mejores condiciones que nos encontramos obliga a desarrollar modelos productivos sostenibles y responsables con el medio ambiente. La acuicultura actual presenta problemas de contaminación al medio y contribuye al aumento de la presión ejercida sobre los caladeros debido a la demanda de pescado que se requiere para alimentar las especies carnívoras.

Dos de las posibles medidas preventivas que se pueden tomar en acuicultura para cumplir con estos objetivos son adoptar modelos de producción ecológica y la sustitución de harinas y aceites de pescado por fuentes proteicas animales o vegetales sostenibles.

Por otra parte, el hecho de que la lubina sea una de las especies más consumidas en todo el Mediterráneo y su comercialización esté basada principalmente en la acuicultura, hacen de esta especie una buena candidata para producir ecológicamente, lo que podría mejorar en gran medida la sostenibilidad, rentabilidad y prensa de la acuicultura mediterránea.

Aunque en piensos convencionales se ha demostrado que se pueden sustituir los derivados del pescado por materias vegetales con un cierto éxito, son muy escasos los estudios de sustitución de harinas y aceites de pescado en piensos ecológicos. Hay que tener en cuenta que en la acuicultura ecológica la mayoría de los aditivos que se agregan a los piensos convencionales para mejorar sus características y aportar beneficios no están permitidos, ya que se busca una alimentación lo más natural posible. Esto puede reducir la tolerancia de los peces a la sustitución por materias primas vegetales.

Para colaborar con ello, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la utilización de piensos ecológicos en la producción de lubina y al mismo tiempo ver cómo afecta la sustitución de harina de pescado por una mezcla de fuentes proteicas vegetales. Para ello, se realizó una prueba de alimentación con piensos ecológicos con diferentes niveles de sustitución en comparación con un pienso control no ecológico, Con el fin de evaluar el efecto en el crecimiento, parámetros nutritivos, biometrías, composición corporal y eficiencias de retención.

Material y Métodos

III. Material y Métodos

3.1 Descripción de la instalación

La parte experimental de este trabajo se realizó en el Laboratorio de Acuicultura (LAC), del departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de València, durante el periodo comprendido entre mayo y diciembre del año 2018.

3.1.1 Elementos del sistema

3.1.1.1 Agua

El laboratorio consiste en un circuito cerrado de agua de mar, la cual se renovó periódicamente con camiones cisterna y se almacenaba en un aljibe independiente. Con el objetivo de conseguir una salinidad media de unos 15 g/l, el agua de mar se mezclaba con agua dulce. La instalación cuenta con un volumen total de 65 m³.

3.1.1.2 Tanques

Para este proyecto se utilizaron 12 tanques de la línea 2, la cual consta de 18 tanques cilíndricos de fibra de vidrio con una capacidad de 1750 litros (Figura 5), conectados al mismo sistema de recirculación. Todos, individualmente tienen acceso a la red de desagüe, aireación y oxigenación.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO



Figura 5: Tanques de la Línea 2 del LAC.

3.1.1.3 Conducciones y depósitos del sistema

Los tanques liberan el agua a la red de desagües, formada por canaletas de 20x40 cm y con una pendiente negativa hacia el aljibe de donde se impulsa el agua al sistema de depuración.

Las tuberías que devuelven el agua al sistema son todas simétricas y de policloruro de vinilo (PVC), el final de la tubería, el cual queda introducido en el interior del tanque consta de unos orificios por donde el agua es expulsada a presión provocando así movimiento circular en los tanques, oxigenándola.

Las conducciones por las que se introduce el aire al sistema son de PVC, mientras que por las que se conduce el oxígeno son de acero inoxidable.

En cuanto al almacenamiento del agua, la instalación cuenta con un aljibe principal con capacidad aproximada de 30 m³ y otro secundario de unos 8 m³.

3.1.1.4 Sistema de bombeo

El circuito cuenta con tres bombas que le permiten mover el agua por la instalación, todas ellas con una válvula de pie al final del tubo de aspiración, con el objetivo de evitar la entrada de aire.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Dos de las bombas se encargan del impulsar el agua hacia los tanques y el biofiltro, y la otra bombea hacia el intercambiador de placas con el objetivo de controlar la temperatura.

3.1.1.5 Sistema de depuración

El sistema de recirculación depura el agua utilizando un filtro mecánico, un fraccionador de espuma y un biofiltro (Figura 6).

- Filtro mecánico: En primer lugar, el agua es bombeada a un filtro rotatorio de tambor, donde se eliminan las partículas en suspensión de mayor tamaño, este cuenta con un sistema de retro lavado, el cual inyecta agua dulce a presión para limpiar las partículas retenidas en el filtro, las cuales son desechadas al alcantarillado municipal.

- Fraccionador de espuma: A continuación, el agua pasa por el skimmer, el cual permite eliminar los sólidos suspendido menores de 30 micras y la materia disuelta (proteínas).

- Biofiltro: Este se encarga de reducir la concentración de amonio en el agua procedente de las excreciones metabólicas de los peces, consiste en un depósito con un volumen de 24 m³, el cual está relleno de biobolas, donde se adhieren las bacterias que depuran el agua. El agua proveniente de la salida del skimmer se expulsa en forma de lluvia en la parte superior del biofiltro, en el camino del agua a través de las biobolas. Son dos bacterias principalmente las que realizan la depuración, las *Nitrosomonas*, encargadas de transformar el amonio en nitritos y las *Nitrobacter* que oxidan los nitritos transformándolos en nitratos.



Figura 6: Componentes del sistema de depuración.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

3.1.1.6 Sistema de oxigenación

La instalación consta de dos sistemas de oxigenación diferenciados. Continuamente se utiliza la introducción de aire captado por una bomba electrosoplante. Éste se incorpora a través de unas gomas porosas que provocan burbujas microscópicas de aire favoreciendo la transferencia de oxígeno al agua. El otro sistema sólo se utiliza en caso de emergencia y consiste en introducir directamente oxígeno almacenado en bombonas de gas en el exterior de la instalación, ya que el contenido es muy inflamable.

3.1.1.7 Acondicionamiento del agua

En la instalación se dispone de un intercambiador de calor, el cual nos permite controlar la temperatura del agua y mantenerla continuada en el tiempo obviando el clima exterior. Consiste en un sistema que calienta o enfría un fluido y lo impulsa hasta el intercambiador de placas donde se intercambia el calor con el agua del sistema.

3.1.1.8 Iluminación

El LAC cuenta con iluminación artificial suministrada por 11 parejas de tubos fluorescentes con una luminiscencia aproximada de 2500 lúmenes. Además, el edificio tiene ventanas superiores que permiten la entrada de luz natural indirecta.

3.2 Diseño experimental

3.2.1 Obtención y manejo de los animales

El experimento se inició el día 18 de mayo de 2018 y se prolongó 196 días, hasta que las lubinas alcanzaron la talla comercial de aproximadamente 350 g. Se realizó por triplicado, por lo que cada pienso se probó en 3 tanques, los cuales fueron asignados al azar con el fin de evitar alteraciones en los resultados. Antes de comenzar el experimento los peces estuvieron durante dos semanas en un periodo de adaptación donde se alimentaron con pienso ecológico comercial.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

En la tabla 2 aparece un resumen del experimento:

Tabla 2: Resumen del experimento.

EXPERIMENTO	
Peso inicial (g)	40
Total de individuos	600
Individuos por tanque	50
Sistema experimental	12 tanques de 1750l
Tipos de pienso	FM 35-30-25 ECO/ FM 30 CONTROL
Alimentación	2 veces al día, manual
Réplicas	3
Duración (días)	196
Muestras	Mensuales

Para la realización de experimento se utilizaron juveniles de lubina ecológica provenientes de la piscifactoría Sonrionansa, perteneciente al grupo Naturix y situada en Pesues (Cantabria). Los animales se transportaron en una furgoneta adaptada para el transporte de peces vivos. Antes de introducir los peces en los tanques se realizó una aclimatación gradual a la salinidad y temperatura del sistema. A continuación, se pesaron y se introdujeron 50 peces en cada tanque, teniendo los peces un peso medio de 40g (Figura 7).



Figura 7: Juveniles de lubina ecológica utilizados en la presente prueba.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

3.2.2 Piensos experimentales

Los piensos se fabricaron en las propias instalaciones de la UPV mediante un proceso de cocción-extrusión, utilizando un extruder semi-industrial (CLEXTRAL BC 45, St.Etienne, France) perteneciente al departamento de Ciencia Animal.

Para la fabricación y formulación de los piensos experimentales se siguieron los requisitos establecidos por la normativa de producción ecológica, utilizando materias primas ecológicas que disponían de su etiquetado correspondiente y excluyendo de la formulación sustancias químicas no permitidas como los aminoácidos sintéticos.

Se formularon 4 piensos isolipídicos (18 %) e isoproteicos (45 %) con diferentes niveles de sustitución de harinas de pescado por fuentes vegetales, tres piensos ecológicos experimentales, FM 35 ECO, FM 30 ECO Y FM 25 ECO, con un 35, 30 y 25% de harina de pescado en su composición y cumpliendo la normativa ecológica y un cuarto pienso control (FM 30 Control), también con un 30% de harina de pescado, pero sin ingredientes ecológicos y con adición de aminoácidos libres para cubrir las necesidades de la especie (Gaber et al., 2015).

Los piensos eran fabricados según demanda y almacenados en contenedores cerrados dentro de una nevera industrial (Figura 8).



Figura 8: Almacenamiento piensos, nevera y botes de alimentación

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Los ingredientes de los piensos, así como su composición se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3: Formulación y composición nutricional de los piensos experimentales.

Piensos¹	FM 30 Control	FM 35 ECO	FM 30 ECO	FM 25 ECO
Materias Primas (gKg⁻¹)				
Harina de pescado	300	350	300	250
Trigo	179	47	22	
Gluten de trigo	122			
Salvado de espelta		20	10	
Maíz		15	8	
Harina de soja	218	420	504	586
Aceite de soja	72	62	59	55
Aceite de pescado	71	63	67	72
Fosfato Cálcico	20	13	20	27
Taurina	5			
Metionina	3			
Vitaminas ²	10	10	10	10
Composición nutricional (% MS)				
Materia seca (%MS)	92	92	92	92
Proteína bruta (%PB)	47,2	47,1	46,7	46,1
Grasa bruta (%GB)	15,4	16,8	17,1	17,1
Cenizas (%C)	8,1	9,2	9,2	9,3
Energía (KJ/g)	24,3	24,1	24	24,2

1: Diferentes piensos experimentales.

2: Corrector vitamínico y mineral: 25; Colina, 10; DL-a-tocoferol, 5; ascorbicacid, 5; (PO⁴)₂Ca₃, 5. Composición premezcla: acetato de retinol, 1 000 000 UI kg⁻¹; calcipherol, 500 UI kg⁻¹, DL-a-tocoferol, 10, bisulfito de sodio menadiona, 0.8; clorhidrato de tiamina, 2.3, rivoftamina, 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; 12 polipéptidos.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

La Tabla 4 muestra la composición de aminoácidos de los piensos experimentales.

Tabla 4: Composición de aminoácidos de los piensos experimentales.

Piensos experimentales				
	FM 30 Control	FM 35 ECO	FM 30 ECO	FM 25 ECO
Aminoácidos esenciales (g 100g⁻¹ en peso húmedo)				
Arginina	2,85	2,7	2,57	2,74
Histidina	0,74	1,00	0,94	0,90
Isoleucina	1,58	1,69	1,71	1,72
Leucina	2,82	2,93	2,94	2,96
Lisina	2,00	2,55	2,41	2,54
Metionina	1,25	0,88	0,77	0,70
Fenilalanina	1,76	1,82	1,79	1,77
Treonina	1,34	1,44	1,44	1,54
Valina	1,83	1,99	1,97	1,97
Aminoácidos no esenciales (g 100g⁻¹ en peso húmedo)				
Alanina	1,62	1,90	1,90	1,85
Ácido aspártico	2,87	3,70	3,69	4,04
Cisteína	0,36	0,51	0,38	0,41
Ácido glutámico	7,86	6,06	6,13	6,22
Glicina	1,79	2,10	1,91	1,90
Prolina	2,11	1,62	1,50	1,52
Serina	1,71	1,80	2,26	1,59
Tirosina	1,18	1,29	1,30	1,19
AAE/AANE	0,83	0,90	0,87	0,90

AAE, Aminoácidos esenciales; AANE, Aminoácidos no esenciales.

Con respecto al nivel de AAE en los piensos (Tabla 4), se observó un nivel más alto de metionina en el pienso control (1,25 g/100g) que en los piensos ecológicos (0,88, 0,77 y 0,70 g/100g en FM 35, FM 30 Y FM25, respectivamente). El pienso control incluía metionina sintética en su formulación para cubrir las necesidades de la especie. Los niveles de arginina también resultaron ser mayores en el pienso control. Por otro lado, el valor de la lisina mostró un contenido inferior en la dieta control (2 g/100g) que en las ecológicas (2,55, 2,41 y 2,54 en FM 35, FM 30 Y FM25, respectivamente).

Los niveles del resto de AAE fueron similares entre los piensos.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

La proporción de AAE/AANE fue más baja en la dieta control. Esto se debe a la mayor cantidad de AANE en el pienso control, principalmente a causa del alto valor de ácido glutámico (7,86 g/100g) frente a los piensos ecológicos (6,06, 6,13 y 6,22 en FM 35, FM 30 Y FM25, respectivamente).

3.2.3 Rutina de trabajo.

3.2.3.1 Alimentación.

La rutina de alimentación constaba de dos tomas diarias de lunes a viernes, una primera a las 9 am y otra vespertina a las 3 pm, mientras que los sábados se realizaba una sola toma matinal. La forma de distribución del alimento fue a saciedad. Los domingos ayunaban.

Se alimentó de forma manual observando cuidadosamente que todo el pienso fuera consumido por los animales. Par evitar confusiones a cada tanque se le asignó un bote correctamente etiquetado de unos 500 ml y diariamente se apuntaba en un estadillo el peso del bote al finalizar las tomas junto al de los rellenos, lo que nos permitía obtener las ingestas de cada tanque.

3.2.3.2 Control de los parámetros físico-químicos.

En cuanto a las condiciones del medio, durante el experimento tres veces por semana se tomaban mediciones preventivas de los principales parámetros de calidad del agua.

La temperatura media durante el experimento fue de 21,5°C grados, aunque como vemos en la Tabla 5 debido a un problema con el intercambiador de calor los meses de invierno tuvimos un descenso de la temperatura del agua. Tanto el oxígeno disuelto como los niveles de amonio, nitrito y nitrato en ningún momento llegaron a valores tóxicos para los peces.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Tabla 5: Media de los parámetros del agua analizados en los diferentes meses del experimento.

Mes	Temperatura °C	NH4+	NO2-	NO3-	O2 (ppm)
jun-18	21,8	0	0,17	71,82	7,88
jul-18	22,4	0	0,17	75,00	7,69
ago-18	22,1	0,35	0,28	126,92	7,76
sept-18	24,0	0,45	0,19	90,00	6,95
oct-18	21,9	0,25	0,36	87,50	7,34
nov-18	18,8	0,14	0,44	90,00	7,76
dic-18	17,1	0,08	0,21	130,00	8,00

El fotoperiodo fue natural durante todo el experimento, encendiéndose las luces artificiales desde las 9 am hasta las 3 pm para que la intensidad a medio día fuese lo más estable y parecida a las condiciones de luz naturales.

Los instrumentos que se utilizaron para las mediciones fueron:

Oxímetro portátil: Control de la temperatura y oxígeno disuelto.

Test colorimétricos: Control de los niveles de amonio, nitrito y nitrato.

Refractómetro: Medida de la salinidad.

Tiras de papel de pH universal: Control del pH.

3.2.3.3 Control del crecimiento de los peces

Se realizaron muestreos mensuales, localizados el primer lunes de cada mes con un intervalo entre muestreos de 28 días, coincidiendo que los peces estaban en ayunas. Para extraer a los peces primero se vaciaban los tanques y con ayuda de salabres se pasaban a un cubo con una solución de agua y aceite de clavo, un anestésico para facilitar su manejo y reducir el estrés de los peces mientras se pesan con una báscula digital (Figura 9). A continuación, se pasaban a unas cubas de recuperación antes de ser devueltos a su tanque de origen. A través de estos muestreos mensuales se obtenía la biomasa de cada tanque, la cual permitía obtener los diferentes parámetros de crecimiento.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO



Figura 9: Pesaje de las lubinas anestesiadas.

Los parámetros de crecimiento y alimentación se obtuvieron mediante las expresiones que se encuentran en el **Anexo III** y fueron las siguientes: Tasa de alimentación diaria (TAD), tasa de crecimiento instantáneo (TCI), índice de conversión de alimento (ICA), supervivencia y ganancia de peso.

Para la obtención de los parámetros biométricos se sacrificaron cinco peces aleatorios de cada tanque en el último muestreo. El sacrificio se llevó a cabo mediante sobredosis de anestésico (aceite de clavo).

La longitud total (cm), peso total (g), peso de la canal (g), peso del hígado (g) y peso de la grasa visceral (g) fueron medidos para el cálculo de los índices biométricos: Factor de condición (FC), índice viscerosomático (IVS), índice de grasa visceral (IGV) e índice hepatosomático (IHS), cuyos cálculos aparecen en el **Anexo IV**.

Las eficiencias de retención de proteína, grasa y energía, es decir el porcentaje de estos valores ingeridos que es retenido en el cuerpo del pez se calculó mediante el valor productivo de la proteína (VPP), el valor productivo de la grasa (VPG), y el valor productivo de la energía (VPE) (**Anexo IV**).

3.3 Análisis químicos

Todos los análisis se realizaron por triplicado para garantizar la fiabilidad de éstos.

Para el análisis de los piensos se realizó una molienda de los pellets ya extrusionados. Mientras que las muestras de los peces consistieron en un triturado homogéneo de 5 peces iniciales y de 5 peces finales representativos de cada uno de los tanques, teniendo un total de 13 muestras (12 de peces finales y 1 de peces iniciales). Para la obtención de algunos análisis fue necesario la previa liofilización de las muestras, es decir deshidratarlas con una rápida congelación y eliminar el hielo con un efecto de vacío.

Para la obtención de muestras liofilizadas se rellena parcialmente una placa de Petri con la muestra fresca y se introduce en un congelador a -80°C . Una vez congeladas, las placas se meten en el liofilizador, y éste se encarga de extraer toda la humedad que hay en las muestras. Una vez obtenidas las muestras liofilizadas, se trituran y mezclan bien para su conservación en los correspondientes botes rotulados.

- La materia seca se obtuvo introduciendo las muestras por triplicado en una estufa a 105°C hasta que se alcanzó la constante por deshidratación (Ver **Anexo V**).
- Las cenizas se obtuvieron por calcinación de las muestras, para ello se introdujeron en la mufla a una temperatura de 550°C por un tiempo de 5 horas. (Ver **Anexo VI**)
- Para determinar el contenido de proteína se utilizó el método DUMAS, el cual nos indica la cantidad de nitrógeno que tiene la muestra (Ver **Anexo VII**).
- Para la determinación de la grasa se realizó una extracción de la grasa de las muestras con dietil-eter (Ver **Anexo VIII**).
- El proceso de determinación de aminoácidos totales y azufrados (Ver **Anexo IX**).

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

3.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados a través de análisis de varianza multivariable (ANOVA), tomando el peso inicial como covariable en el estudio del peso medio final y TCI. Se utilizó la prueba de Newman-Keuls para observar diferencias significativas entre piensos con un nivel de significación $P = 0,05$ correspondiente con un intervalo de confianza del 95%. El programa estadístico que se utilizó fue *Statgraphics Plus 5*, los resultados se expresaron como la media \pm el error estándar de la media.

Resultados y Discusión

IV. Resultados y Discusión

En general las harinas y aceites de pescado son ingredientes completos para la fabricación de piensos acuícolas, los cuales aportan una gran cantidad de nutrientes. Como consecuencia, su sustitución trae diferentes desafíos.

Estos insumos contienen aminoácidos, grasas poliinsaturadas y minerales, los cuales, al sustituirlos, deben de ser cubiertos por las fuentes alternativas utilizadas, además, las harinas de pescado tienen una alta palatabilidad. Otros ingredientes, en especial las fuentes vegetales, presentan algunos inconvenientes como que no siempre presentan un alto nivel de proteína, poseen baja palatabilidad, son deficientes en algunos aminoácidos y presentan factores anti-nutricionales (Francis et al., 2001). Aunque actualmente una completa sustitución de harina de pescado ha sido posible en algunas especies mostrando buenos resultados (Tomás et al., 2011, Monge-Ortiz et al., 2018, Hansen et al., 2007), el uso de un alto porcentaje de aminoácidos sintéticos o otros aditivos fueron necesarios, lo cual las hace poco resolutivas económica y ecológicamente.

4.1 Efecto de la sustitución de harina de pescado en piensos ecológicos sobre el crecimiento.

La evolución del peso de los peces alimentados con los diferentes tratamientos durante el experimento se muestra en la Figura 10. Podemos observar curvas de crecimiento bastantes parecidas a pesar de ser un estudio con una duración extensa (28 semanas), lo que nos indica que todos los tratamientos presentaron buenos y similares crecimientos desde el comienzo del experimento y no fue hasta los últimos meses donde se observaron las primeras diferencias importantes entre el pienso con menor nivel de harina de pescado (FM 25 ECO) y los peces alimentados con el resto de los piensos.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

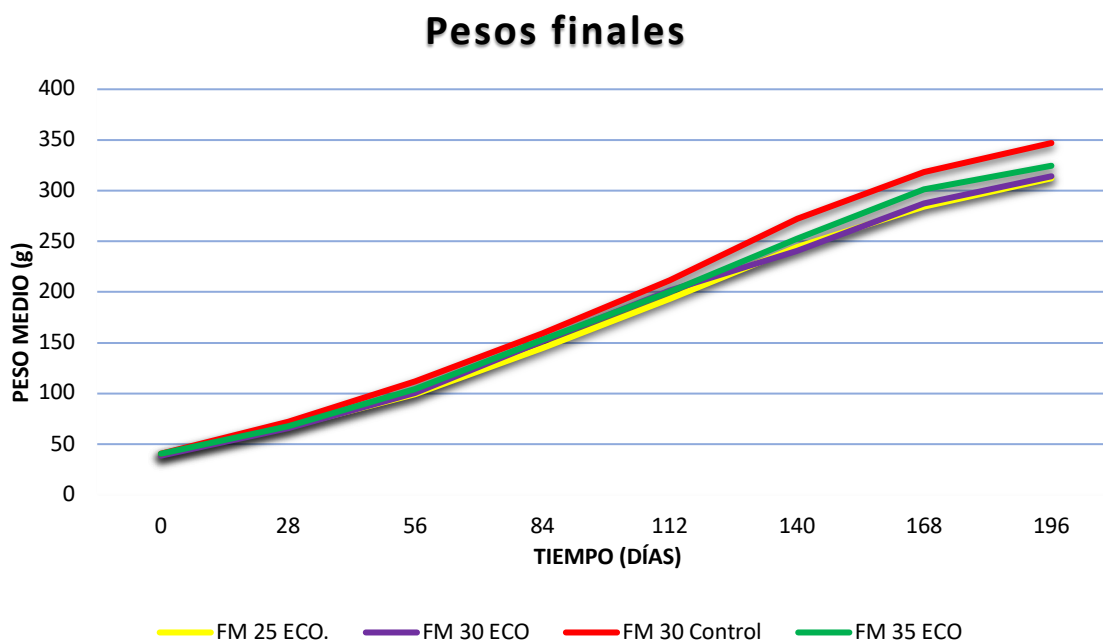


Figura 10: Evolución del peso medio durante el experimento en función del pienso suministrado.

En la Tabla 6, se muestran los resultados de la supervivencia, crecimiento y parámetros nutritivos de los peces al final de la prueba. Los peces alimentados con el pienso control fueron los que alcanzaron un mayor peso final (340 g) al igual que los alimentados con los piensos ecológicos con un 35 y 30 % de harina de pescado, mientras que como ya se ha comentado en la figura de crecimiento, el pienso con menor porcentaje de harina de pescado tuvo menor peso final y TCI (306 g), de forma significativa.

Estos resultados estadísticos similares entre los piensos FM 30 Control, el FM 35 ECO y el FM 30 ECO también se dieron en los parámetros nutritivos, el ICA y la TAD mostrando todas diferencias significativas con el pienso con menor inclusión de harinas de pescado (25%). Los peces alimentados con el pienso con menor porcentaje de harina de pescado tuvieron una mayor ingesta (TAD de 1,35 g/100 g pez día) y mayores ICA, lo que podría indicar una deficiencia de estos piensos, derivando en un aumento de la ingesta para intentar compensarla.

La deficiencia podría ser debida tanto a algún factor antinutritivo consecuencia del alto porcentaje de proteína vegetal como al déficit de algún aminoácido esencial. En la tabla de la composición aminoacídica de los piensos (Tabla 4) vemos como la metionina, presenta el valor más bajo en este pienso. Según Goff y Gatlin (2004), las carencias en

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

metionina causan reducidos índices de crecimiento, interferencia en la conversión y una disminución en la supervivencia. Debido a esto, en dietas con altos niveles de proteínas vegetales, la suplementación con metionina y/o lisina es muy importante, por lo que podría haberse encontrado un límite de sustitución de harina de pescado donde a partir de ahí la suplementación con aminoácidos sintéticos es primordial, a no ser que se utilicen materias primas, sobretodo animales obtenidas de forma ecológica, con un alto porcentaje en este aminoácido.

No hubo diferencias en la mortalidad, siendo en todos los casos inferior al 5%, y siempre relacionada con el manejo de los peces, ya que prácticamente todos los ejemplares muertos se encontraron en los días posteriores al muestreo.

Esto demuestra que las lubinas tienen una buena aceptación a las fórmulas utilizadas en los piensos ecológicos con más de un 30% de harina de pescado, en los cuales no se añadió ningún aminoácido sintético para cubrir las deficiencias ocurridas por los bajos porcentajes de harinas de pescado. Sin embargo, para intentar reducir la utilización de harina de pescado en piensos ecológicos sería necesario, como se ha comentado, encontrar otras materias primas ecológicas ricas en los aminoácidos deficitarios para compensar su escasez.

Tabla 6: Resultados finales de crecimiento y aprovechamiento nutritivo de las lubinas alimentadas con los diferentes piensos experimentales durante 196 días.

<i>Piensos¹</i>	<i>FM 30 Control</i>	<i>FM 35 ECO</i>	<i>FM 30 ECO</i>	<i>FM 25 ECO</i>
<i>Peso Inicial</i>	40,4 ± 0,5	40,4 ± 0,5	38,6 ± 0,5	40,4 ± 0,5
<i>Peso Final</i>	340,45 ^a ± 7,4	318,12 ^{ab} ± 7,4	332,83 ^{ab} ± 9,8	306,53 ^b ± 7,3
<i>Mortalidad</i>	3,3 ± 1,16	3,3 ± 1,16	3,6 ± 1,16	3,3 ± 1,16
<i>TCI¹ (%/día)</i> <i>n= 3</i>	1,09 ^a ± 0,01	1,05 ^{ab} ± 0,01	1,08 ^a ± 0,01	1,04 ^b ± 0,01
<i>TAD² (g/100 g pez día). n=3</i>	1,19 ^a ± 0,02	1,25 ^a ± 0,02	1,27 ^a ± 0,02	1,35 ^b ± 0,02
<i>ICA³</i> <i>n= 3</i>	1,47 ^a ± 0,03	1,58 ^a ± 0,03	1,59 ^a ± 0,03	1,73 ^b ± 0,03

¹TCI (%día⁻¹): Tasa de Crecimiento Instantáneo = 100 x ln(peso final/peso inicial)/tiempo.

²TAD (g 100 g pez⁻¹ día⁻¹): Tasa de Alimentación Diaria = 100 x ingesta (g)/ biomasa ganada (g) x tiempo.

³ICA: Índice de Conversión del Alimento = ingesta (g)/biomasa ganada (g).

Los valores presentados en la tabla son la media ± ESM, (n = 3). Superíndices con diferentes letras indican diferencias estadísticas significativas con una p<0.05).

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Si comparamos únicamente los piensos ecológicos nos encontramos con que no hubo diferencias significativas en cuanto al peso final, sin embargo, el FM 25 ECO si presentó peores valores en ICA Y TAD con respecto a los piensos FM 30 ECO y FM 35 ECO, en cuando al TCI hubo diferencia entre en FM 35 ECO y el FM 25 ECO, pero no entre el FM 30 ECO con los otros dos.

En la lubina se han obtenido buenos resultados al utilizar piensos con altas sustituciones de harina de pescado por mezclas vegetales en piensos convencionales (Kaushik et al., 2004; Adamidou et al., 2009), pero son escasos los estudios donde se evalúa el crecimiento en lubinas alimentadas con piensos ecológicos con altas sustituciones de harinas y aceite de pescado. Algunos trabajos anteriores con lubina comparan piensos convencionales y ecológicos, sin embargo, no pueden compararse con estos resultados ya que el pienso ecológico presentaba altas cantidades de harina de pescado (56%) frente al convencional (20%), dando como resultado mejores crecimientos y índices de conversión de alimento en los peces alimentados con piensos ecológicos (Di Marco et al., 2017).

En otros estudios similares realizados con dorada, el pienso ecológico también presentó mejor crecimiento que el convencional, en este caso sin mostrar diferencias significativas, sin embargo, al igual que en el trabajo de Di Marco et al.(2017) el pienso ecológico también se formuló con un mayor porcentaje de harina de pescado (63%) que el convencional (50%) (Mente et al., 2012).

4.2 Parámetros corporales y biométricos.

Los parámetros corporales se analizaron tanto de las lubinas iniciales como de las finales. Los resultados de la composición de la carne y las eficiencias de retención de proteína, grasa y energía se muestran en la Tabla 7.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Tabla 7: Composición de la carne de lubina alimentada con los diferentes piensos experimentales durante 196 días.

	<i>Iniciales</i>	<i>FM 30 Control</i>	<i>FM 35 ECO</i>	<i>FM 30 ECO</i>	<i>FM 25 ECO</i>
Materia seca (%)	26,12	36,91 ± 0,50	37,97 ± 0,50	36,37 ± 0,50	37,36 ± 0,50
Proteína bruta (% P.M)	16,12	17,45 ± 0,24	16,99 ± 0,24	17,23 ± 0,24	17,29 ± 0,24
Grasa bruta (% P.M)	4,66	15,86 ± 0,58	17,74 ± 0,58	15,59 ± 0,58	16,64 ± 0,58
Cenizas (% P.M)	5,48	3,71 ± 0,32	3,58 ± 0,32	3,63 ± 0,32	3,50 ± 0,32
Energía (KJ/g)	19,47	26,73 ± 0,39	28,10 ± 0,39	26,82 ± 0,39	27,38 ± 0,39
VPP¹ (%)		25,34 ± 0,70 ^a	22,98 ± 0,70 ^{ab}	23,42 ± 0,70 ^{ab}	21,89 ± 0,70 ^b
VPG² (%)		76,34 ± 3,24	74,21 ± 3,24	63,16 ± 3,24	62,58 ± 3,24
VPE³ (%)		24,01 ± 1,06	24,64 ± 1,06	22,00 ± 1,06	21,05 ± 1,06

VPP¹= Valor productivo de proteína (%) = Proteína retenida (proteína del pez final * Biomasa final (g)) *100 – Proteína pez inicial x biomasa inicial (g) / Proteína ingerida (Kg alimento ingerido *% proteína bruta de pienso)
VPG²= Valor productivo de grasa (%) = Grasa retenida (grasa del pez final * Biomasa final (g)) *100 – grasa del pez inicial x biomasa inicial (g) / Grasa ingerida (Kg alimento ingerido *% grasa bruta de pienso)
VPE³= Valor Productivo de Energía (%) = Energía retenida (Energía del pez final * Biomasa final (g)) *100 – Energía del pez inicial x biomasa inicial (g) / energía ingerida (Kg alimento ingerido *% energía del pienso)
Los valores presentados en la tabla son la media ± ESM, (n = 3). Superíndices con diferentes letras indican diferencias estadísticas significativas con una p<0.05).

No se hallaron diferencias significativas para ninguno de los parámetros corporales estudiados.

En cuanto a las eficiencias de retención, el VPP fue significativamente menor para el pienso con menor inclusión de harina de pescado FM 25 respecto al pienso control, sin embargo, no hubo diferencias en la eficiencia de retención proteica entre los piensos ecológicos. Por otro lado, ni el VPG ni el VPE presentaron diferencias significativas entre piensos, no obstante, los mayores porcentajes se dieron en los peces alimentados con pienso control (76,34 % y 24,01 % respectivamente) al mismo tiempo que en los piensos ecológicos estas retenciones fueron reduciéndose según disminuía la inclusión de harina de pescado.

En otros estudios, Pérez et al. (1997) citan la eficiencia de retención de energía valores de 14-22 % para juveniles de lubina europea (14-17 g) mientras que Ballestrazzi et al. (1994) obtuvieron eficiencias de 24-27 % para lubinas de mayor tamaño (200-232 g). En cuanto a la retención de nitrógeno, estos últimos autores han obtenido para lubina unas eficiencias en la retención proteica de 16-30 % y 24-26 % respectivamente.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Respecto a los índices biométricos estudiados, los cuales aparecen en la Tabla 8, el factor de condición (FC) muestra la relación entre el peso final del animal y la longitud de éste, por lo que nos indica el estado de grosor de los peces. Como podemos observar los peces con mejores factores de condición fueron los alimentados con los piensos FM 35 ECO (1,59 %) y FM 25 ECO (1,54 %), lo que coincide con los piensos que presentaron menores pesos finales. Esto podría deberse a que estos peces no crecieron por las posibles deficiencias en la dieta, pero sin embargo si acumularon grasa debido a la alta cantidad de energía que tenían los piensos, que como vemos en la anterior tabla fueron los tratamientos que más grasa presentaron en la carne y en las vísceras (IGV, Tabla 8). En cuanto al IVS y IHS hubo diferencias entre los peces alimentados con pienso control y el resto de los tratamientos.

Tabla 8: Índices biométricos de las lubinas alimentadas con los diferentes piensos experimentales durante 196 días.

Piensos	FM 30 Control	FM 35 ECO	FM 30 ECO	FM 25 ECO
FC¹	1,33 ± 0,03 ^a	1,59 ± 0,03 ^c	1,44 ± 0,03 ^b	1,54 ± 0,03 ^c
IVS²	11,82 ± 0,44 ^a	13,80 ± 0,44 ^b	13,33 ± 0,44 ^b	13,83 ± 0,44 ^b
IHS³	2,16 ± 0,09 ^a	1,81 ± 0,09 ^b	1,56 ± 0,09 ^b	1,60 ± 0,09 ^b
IGV⁴	5,26 ± 0,45 ^a	7,62 ± 0,45 ^b	6,27 ± 0,45 ^{ab}	6,86 ± 0,45 ^b

¹FC (g cm⁻³): Factor de Condición = 100 x peso final/longitud³

²IVS (%): Índice viscerosomático = 100 x peso vísceras/peso final.

³IHS (%): Índice hepatosomático = 100 x peso hígado/peso final.

⁴IGV (%): Índice de grasa visceral = 100 x peso grasa visceral/peso final.

Los valores presentados en la tabla son la media ± ESM, (n = 15). Superíndices con diferentes letras indican diferencias estadísticas significativas con una p<0.05).

Los peces control presentaron un menor índice viscerosomático que el resto. En otros estudios una alta sustitución de harinas de pescado por fuentes vegetales ecológicas desencadenó en un incremento significativo del IVS. Esto puede indicar que las lubinas alteraron su fisiología digestiva para aumentar las capacidades de absorción en respuesta a las posibles deficiencias nutricionales de los piensos (Lunger et al., 2007).

La utilización de piensos ecológicos, así como el aumento de sustitución de harinas de pescado resultó en una disminución significativa del índice hepatosomático en

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

comparación con el pienso control (2.16%), los valores de los piensos ecológicos FM 35 ECO, FM 30 ECO y FM 25 ECO fueron de 1,81, 1,56 y 1,60 %, respectivamente.

En cuanto al índice de grasa visceral no hubo diferencias entre el pienso control (5,26 %) y el FM 30 ECO (6,27%), sin embargo, si las hubo entre el control y el resto de los piensos ecológicos. Resultados similares se han obtenido en otros trabajos donde se observa un aumento de la grasa visceral en los peces con una mayor sustitución de harina de pescado (Kaushik et al., 2004). El hecho de que los piensos con menores índices de grasa visceral fueran los que presentaron un mayor crecimiento puede estar relacionado con que estos peces, debido a su mayor tamaño, estuvieran destinando parte de su energía para la formación de gónadas. Además, estos dos tratamientos también coinciden con los niveles más bajos de grasa bruta en la carne.

Conclusiones

VI. Conclusiones

La sustitución de harinas de pescado por materias primas vegetales en piensos ecológicos ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

1. En piensos ecológicos se pueden reducir los niveles de inclusión de harina de pescado hasta un 30% utilizando materias primas vegetales sin mostrar diferencias con un pienso convencional con la misma inclusión de harina de pescado.
2. Lo peces alimentados con el pienso con menor inclusión de harina de pescado (FM 25 ECO) fueron los que mostraron las mayores TAD y mayores ICA.
3. Los índices biométricos se vieron afectados por los piensos ecológicos mostrando diferencias significativas con el pienso control en cuanto a el FC, IVS, IHS e IGV. Presentando mayores IVS y IGV y menores IHS. Sin embargo, no hubo diferencias entre los piensos ecológicos para estos mismos índices biométricos.
4. No se hallaron diferencias significativas para ninguno de los parámetros corporales estudiados.
5. En cuanto a las eficiencias de retención, el VPP fue igual entre piensos con igual o mayor porcentaje de sustitución, siendo solo menor para el pienso con menor inclusión de harina de pescado FM 25 ECO respecto al pienso control, sin embargo, no hubo diferencias entre los piensos ecológicos. Ni el VPG ni el VPE presentaron diferencias significativas entre piensos.

Bibliografía

V. Bibliografía

- Ahmed, N., & Thompson, S. (2018). *The blue dimensions of aquaculture: A global synthesis*. Science of The Total Environment.
- APROMAR. (2017). *La acuicultura en España*.
- Ballestrazzi, R., Lanari, D., D'agaro, E., & Mion, A. (1994). The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 127(2-3), 197-206.
- Bell, J. G., Henderson, R. J., Tocher, D. R., McGhee, F., Dick, J. R., Porter, A., & Sargent, J. R. (2002). Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. *The Journal of nutrition.*, 132(2), 222-230.
- Belluga, M. D. (2013). *ACUICULTURA ECOLÓGICA EN EL MEDIO MARINO. CUADERNOS DE ESTUDIOS AGROALIMENTARIOS*.
- Beveridge, M. (1996). Cage Aquaculture. Second Edition. *Fishing News Book, Oxford.*, 346.
- Borey, M., Paroissin, C., Quillet, E., Terrier, F., Maunas, P., Burel, C., & Lauga, B. (2018). Acute hypoxia reveals diverse adaptation strategies to fully substituted plant-based diet in isogenic lines of the carnivorous rainbow trout. *Aquaculture.*, 490, 288-296.
- Campos, I. M. (2019). Partial and total replacement of fish oil by poultry fat in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: Effects on nutrient utilization, growth performance, tissue composition and lipid metabolism. *Aquaculture*, 502, 107-120.
- Chen, T., Lu, J.-K., & Fahs II, R. (1998). Transgenic fish technology and its application in fish production. *Agricultural Biotechnology*, 527-547.
- Di Marco, P., Petochi, T., Marino, G., Priori, A., Finoia, M. G., Tomassetti, P., & Parisi, G. (2017). Insights into organic farming of European sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead sea bream *Sparus aurata* through the assessment of environmental impact, growth performance, fish welfare and product quality. *Aquaculture.*, 471, 92-105.
- Dias, J., Rueda-Jasso, R., Panserat, S., Conceição, L. E., Gomes, E. F., & Dinis, M. T. (2004). Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth, lipid deposition and metabolic hepatic enzymes in juvenile Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup). *Aquaculture Research.*, 35(12), 1122-1130.
- Dosdat, A. (2001). Environmental impact of aquaculture in the Mediterranean: nutritional and feeding aspects. *Cah Options Mediterr.*, 55, 23-36.
- Ecological. (2018). *El sector Ecológico En España*.
- Enell, M., & Lof, J. (1985). Changes in sediment phosphorus, iron and manganese dynamics caused by fish farming impact. *11th Nordic Symposium on Sediments*, 80-89.
- EUMOFA. (2017). EU Organic Aquaculture. *European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products*.
- europa, C. (2018). *Hacia un sector europeo de la acuicultura sostenible y competitivo: situación actual y futuros desafíos*.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

- Eusebio, B. P., & Coloso, R. M. (2000). Nutritional evaluation of various plant protein sources in diets for Asian sea bass *Lates calcarifer*. *Journal of Applied Ichthyology*, 16(2), 56-60.
- FAO. (2009). *Dicentrarchus labrax*. In Cultured aquatic species fact sheets.
- FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma.
- Francis, G., Makkar, H. P., & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199(3-4), 197-227.
- Gaber, M. M., Zaki, M. A., Nour, A. M., & Salem, M. E. (2015). *Amino Acid Requirements of Sea Bass (Dicentrarchus labrax)*. International Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources .
- Gallardo, M. A.-R., Blasco, J., Fernández-Borras, J., & Sánchez, J. (2003). Functional alterations associated with “winter syndrome” in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 223(1-4), 15-27.
- Glencross, B., Blyth, D., Irvin, S., Bourne, N., Campet, M., Boisot, P., & Wade, N. M. (2016). An evaluation of the complete replacement of both fishmeal and fish oil in diets for juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 451, 298-309.
- Goff, J. B., & Gatlin III, D. M. (2004). Evaluation of different sulfur amino acid compounds in the diet of red drum, *Sciaenops ocellatus*, and sparing value of cystine for methionine. *Aquaculture*, 241(1-4), 465-477.
- Hall, S. J. (2011). Blue frontiers: managing the environmental costs of aquaculture. *WorldFish*.
- Halweil, B., & Mastny, L. (2008). Farming fish for the future.
- Hansen, A.-C., Rosenlund, G., Karlsen, Ø., Koppe, W., & Hemre, G.-I. (2007). Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I - Effects on growth and protein retention. *Aquaculture*, 599-611.
- Hardy, R. W. (1996). Alternate protein sources for salmon and trout diets. *Animal Feed Science and Technology*, 59(1-3), 71-80.
- Kaushik, S. J., Coves, D., Dutto, G., & Blanc, D. (2004). Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 230(1-4), 391-404.
- Lunger, A. N., McLean, E., & Craig, S. R. (2007). The effects of organic protein supplementation upon growth, feed conversion and texture quality parameters of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 264(1-4), 342-352.
- Machado, M. C.-T. (2019). Interactive effects of dietary vegetable oil and carbohydrate incorporation on the innate immune response of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles subjected to acute stress. *Aquaculture*, 498, 171-180.
- MAGRAMA. (2017). *Agricultura ecológica estadísticas*. Madrid.
- Mente, E., Stratakos, A., Bozaris, I. S., Kormas, K. A., Karalazos, V., Karapanagiotidis, I. T., & Leondiadis, L. (2012). The effect of organic and conventional production methods on sea bream growth, health and body composition: a field experiment. *Scientia Marina*, 76(3), 549-560.
- Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Gallardo-Álvarez, F., Estruch, G., Godoy-Olmos, S., Jover-Cerdá, M., & Martínez-Llorens, S. (2018). Partial and total replacement of fishmeal by a blend of animal and plant proteins in diets for *Seriola dumerili*: Effects on performance and nutrient efficiency. *Aquaculture Nutrition*, 1163-1174.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

- Nandakumar, S., Ambasankar, K., Ali, S. S., Syamadaya, J., & Vasagam, K. (2017). Replacement of fish meal with corn gluten meal in feeds for Asian seabass (*Lateolabrax niloticus*). *Aquaculture International*, 25(4), 1495-1505.
- Naylor, R., & Burke, M. (2005). Aquaculture and ocean resources: raising tigers of the sea. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 30, 185-218.
- Penczak, T., Galicka, W., Molinski, M., Kusto, E., & Zalewski, M. (1982). The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Journal of Applied Ecology*, 19, 371-393.
- Pérez, L., Gonzalez, H., Jover, M., & Fernández-Carmona, J. (1997). Growth of European sea bass fingerlings (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. *Aquaculture*, 156(3-4), 183-193.
- Quaas, M. F., Froese, R., Herwartz, H., Requate, T., Schmidt, J. O., & Voss, R. (2012). Fishing industry borrows from natural capital at high shadow interest rates. *Ecological Economics*, 82, 45-52.
- Ruxton, C. H., Reed, S. C., Simpson, M. J., & Millington, K. J. (2014). The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 17(5), 449-459.
- Sánchez-Lozano, N. B., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., & Cerdá, M. J. (2011). Amino acid retention of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed with pea protein concentrate. *Aquaculture Nutrition*, 17(2), e604-e614.
- Sargent, J. R. (1997). Fish oils and human diet. *British Journal of Nutrition*, 78(1), S5-S13.
- Storebakken, T. (2000). Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. *Soy in animal nutrition*, 127-170.
- Tomás, A., Martínez-Llorens, S., Jesús-Moriñigo, J., Planas, B., & Jover, M. (2011). ¿Piensos sin harina de pescado? Sí es posible. *Libro Resúmenes XIII CNA. Castelldefels*.
- Tulli, F. C., Giorgi, G., Poli, B. M., Tibaldi, E., & Tredici, M. R. (2012). Effect of the inclusion of dried *Tetraselmis suecica* on growth, feed utilization, and fillet composition of European sea bass juveniles fed organic diets. *Journal of aquatic food product technology*, 21(3), 188-197.
- Vargas, J. L. (2014). CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LAS NECESIDADES NUTRITIVAS DE LA CORVINA.
- Waite, R. I., Beveridge, M., Brummett, R., Castine, S., Chaiyawannakarn, N., Kaushik, S., & Phillips, M. (2014). Improving productivity and environmental performance of aquaculture. *WorldFish*.

Referencias digitales

FAO (2011). Orientaciones técnicas para la pesca responsable. Visitado en enero de 2019 en <http://www.fao.org/docrep/014/i1750s/i1750s.pdf>.

FAO.org. Programa de información sobre especies acuáticas. Visitado en enero de 2019 en http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Dicentrarchus_labrax/es.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Fishbase.de. *Dicentrarchus labrax*. Visitado en febrero de 2019 en

<http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=63&AT=lubina>

Eur-lex.europa.eu. Producción y etiquetado de los productos ecológicos. Visitado en

enero de 2019 en [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM:f86000)

[content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM:f86000](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM:f86000).

Ecological.bio. Acuicultura ecológica. Visitado en febrero de 2019 en

<http://www.ecological.bio/es/category/acuicultura-ecologica/>.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS
CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexos

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

VII. ANEXOS

Anexo I: Materias primas para la alimentación animal ecológica de origen mineral.

- Conchas marinas calizas
- Maerl
- Lithotamnium
- Gluconato de calcio
- Carbonato de calcio
- Fosfato monocálcico desfluorado
- Fosfato dicálcico desfluorado
- Óxido de magnesio (magnesia anhidra)
- Sulfato de magnesio
- Cloruro de magnesio
- Carbonato de magnesio
- Fosfato cálcico-magnésico
- Fosfato de magnesio
- Fosfato monosódico
- Fosfato cálcico-sódico
- Cloruro de sodio
- Bicarbonato de sodio
- Carbonato de sodio
- Sulfato de sodio
- Cloruro de potasio

Productos y subproductos de procesos de fermentación de microorganismos cuyas células han sido desactivadas o muertas:

- *Saccharomyces cerevisiae*
- *Saccharomyces carlsbergiensis*

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexo II: Aditivos permitidos para la fabricación de piensos ecológicos.

Los aditivos para piensos que figuran en el presente anexo deberán estar autorizados con arreglo al Reglamento (CE) no 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo (1).

1. ADITIVOS TECNOLÓGICOS

a) *Conservantes*

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
E 200	Ácido sórbico	
E 236	Ácido fórmico	
E 237	Formato de sodio	
E 260	Ácido acético	
E 270	Ácido láctico	
E 280	Ácido propiónico	
E 330	Ácido cítrico	

b) *Antioxidantes*

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
E 306	Extractos de origen natural ricos en tocoferoles	

c) *Agentes emulsionantes y estabilizantes, espesantes y gelificantes*

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
E 322	Lecitina	Únicamente si deriva de materias primas ecológicas

d) *Aglutinantes, agentes antiaglomerantes y coagulantes*

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
E 535	Ferrocianuro sódico	Dosis máxima de 20mg/Kg NaCl calculada como anión de ferrocianuro
E 551b	Sílice coloidal	
E 551c	Tierra de diatomeas purificada	
E 558	Bentonita-montmorillonita	
E 559	Arcillas caolínicas, sin amianto	
E 560	Mezclas naturales de esteatitas y clorita	
E 561	Vermiculita	
E 562	Sepiolita	
E 566	Natrolita-fonolita	
1g 568	Clinoptilolita de origen sedimentario	
E599	Perlita	

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

e) *Aditivos de ensilado*

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
1K	Enzimas, levaduras y bacterias	Únicamente para producción de ensilado cuando las condiciones climáticas no permitan una fermentación adecuada

2. ADITIVOS ORGANOLÉPTICOS

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
2b	Compuestos aromatizantes	Únicamente extractos de productos agrícolas

3. ADITIVOS NUTRICIONALES

a) *Vitaminas*

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
3a	Vitaminas y provitaminas	<p>Obtenidas de productos agrícolas</p> <p>Si se obtienen de forma sintética, únicamente se podrán utilizar para los animales monogástricos y los animales de la acuicultura las que sean idénticas a las obtenidas de productos agrícolas</p> <p>Si se obtienen de forma sintética, únicamente se podrán utilizar para los rumiantes las vitaminas A, D y E idénticas a las obtenidas de productos agrícolas, con la autorización previa de los Estados miembros basada en la evaluación de la posibilidad de que los rumiantes alimentados de forma ecológica obtengan las cantidades necesarias de las citadas vitaminas a través de su dieta</p>

b) *Oligoelementos*

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
E1 Hierro	<ul style="list-style-type: none"> - Óxido férrico - Carbonato ferroso 	

**CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS
CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO**

	- Sulfato ferroso, heptahidratado	
	- Sulfato ferroso, monohidratado	
E2 Yodo	- Yodato de calcio anhidro	
E3 Cobalto	- Carbonato básico de cobalto, monohidratado	
	- Sulfato cobaltoso monohidratado y/o heptahidratado	
E4 Cobre	- Carbonato básico cúprico, monohidratado	
	- Óxido cúprico	
	- Sulfato cúprico, pentahidratado	
E5 Manganeso	- Carbonato manganoso	
	- Óxido manganoso	
	- Sulfato manganoso, monohidratado	
E6 Zinc	- Óxido de zinc	
	- Sulfato de zinc monohidratado	
	- Sulfato de cinc heptahidratado	
E7 Molibdeno	- Molibdato de sodio	
E8 Selenio	- Seleniato de sodio	
	- Selenito de sodio	

4. ADITIVOS ZOOTÉCNICOS

Números de identificación	Sustancias	Condiciones de uso
	Encimas y microorganismos	

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexo III: Parámetros de crecimiento.

Tasa de crecimiento instantáneo:

$$TCI = \frac{\ln(Pf) - \ln(Pi)}{t} * 100$$

Donde:

Pf = peso medio final (g)

Pi = peso medio inicial (g)

t = tiempo (días)

Índice de conversión de alimento:

$$ICA = \frac{Ingesta}{Bf - Bi}$$

Donde:

Bf = biomasa final

Bi = biomasa inicial

Tasa de alimentación diaria:

$$TAD(g) = 100 * Ingesta / \left(\frac{Bf - Bi}{2} \right) / t$$

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexo IV: Cálculo de los índices biométricos y eficiencia de retención.

Factor de condición:

$$FC = \frac{\text{Peso total}}{\text{Longitud total}^3} * 100$$

Índice viscerosomático:

$$IVS = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso canal}}{\text{Peso total}} * 100$$

Índice de grasa visceral:

$$IGV = \frac{\text{Peso grasa visceral}}{\text{Peso total}} * 100$$

Índice hepatosomático:

$$IHS = \frac{\text{Peso hígado}}{\text{Peso total}} * 100$$

Eficiencias de retención

Valor Productivo de la proteína, grasa y energía:

$$VPP = \left(\frac{(\text{Proteína final pez} * \text{Biomasa final}(g)) - (\text{Proteína inicial pez} * \text{Biomasa inicial}(g))}{\text{Ingesta}(g) * \text{Proteína pienso}} \right) * 100$$

$$VPG = \left(\frac{(\text{Grasa final pez} * \text{Biomasa final}(g)) - (\text{Grasa inicial pez} * \text{Biomasa inicial}(g))}{\text{Ingesta}(g) * \text{Grasa pienso}} \right) * 100$$

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

$$VPE = \left(\frac{(Energía\ final\ pez * Biomasa\ final(g)) - (Energía\ inicial\ pez * Biomasa\ inicial(g))}{Ingesta(g) * Energía\ pienso} \right) * 100$$

Anexo V: Protocolo para la determinación de materia seca:

Material:

- Estufa de desecación.
- Crisoles de porcelana.
- Pinzas metálicas.
- Desecador de cloruro cálcico o similar.
- Balanza de precisión 0,0001g.

Procedimiento:

Deshidratar crisoles de porcelana, previamente numerados en su base con grafito, en estufa a 105°C durante 10 a 12 horas. El análisis se realiza por triplicado.

Dejar enfriar los crisoles en el desecador y anotar su peso vacíos (A), a continuación, se introduce en cada crisol 3g de muestra y se anota el peso de el crisol con la muestra (B).

Llevar a la estufa y dejarlos a una temperatura de 105°C por al menos 24 horas, transcurrido el tiempo se dejan enfriar en el desecador y se pesan de nuevo (C).

Cálculo:

Conociendo la diferencia de peso entre la muestra húmeda y la seca podemos saber el porcentaje de materia seca.

Peso muestra húmeda: $D = B - A$

Peso muestra seca: $E = C - A$

$$\% MS = \frac{E}{D} \times 100$$

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexo VI: Protocolo para la determinación de las cenizas:

Material:

- Placa calefactora en campana de humos
- Mufla de incineración.
- Estufa de desecación.
- Crisoles de porcelana.
- Pinzas metálicas.
- Desecador de cloruro cálcico o similar.
- Balanza de precisión 0,0001g.

Procedimiento:

Una vez obtenidas la materia seca de las muestras, estas se llevan a una placa calefactora en campana de humos para realizar una pre-combustión hasta que cesa la emisión de humos, alrededor de 20-25min dependiendo del tipo de muestra.

A continuación, se lleva a la mufla y se calcina a 550°C durante 5 horas.

Una vez la mufla este fría, se sacan los crisoles utilizando las pinzas metálicas y se dejan por un tiempo en el desecador, al pasar un tiempo se pesan los crisoles (C).

Cálculos:

A: Peso del crisol

B: Peso del crisol + Peso muestra húmeda

C: Peso crisol + Peso cenizas

$$\text{Cenizas}\% = (C - A/B - A) \times 100$$

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexo VII: Protocolo para la determinación del contenido de proteína bruta:

Para determinar el contenido en proteína de una muestra utilizamos la máquina Leco CN628. Esta utiliza el método Dumas para obtener la cantidad de nitrógeno que tiene la muestra.

Para ello, la muestra se mezcla y se calienta con óxido de cobre en una atmósfera con dióxido de carbono. Se forman gases que son reducidos por el cobre y el nitrógeno molecular y se determina por medición volumétrica.

Las mediciones se realizan introduciendo 0,17 gramos de muestra liofilizada en pequeños envoltorios de papel de aluminio que se introducen en la máquina. Los resultados de nitrógeno son proporcionados directamente por el Leco CN628.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexo VIII: Protocolo para la determinación de la grasa bruta:

Material:

- Balanza analítica.
- Estufa 105°C.
- Equipo de extracción XT10 Ankom.
- Bolsas filtro XT14 Ankom.
- Sellador de calor (Ankom 1915).
- Desecador.

Procedimiento:

Se ha de coger el sobre con pinzas y anotar su peso, a continuación, colocarlo sobre un papel limpio y anotar con grafito el numero de la muestra en una esquina. Se añaden 0,5 g de muestra liofilizada en el sobre y se cierra con la selladora comprobando que quede bien cerrado.

Colocar los sobres en la estufa durante 24h, una vez transcurrido el tiempo, se sacan y se dejan enfriar en el desecador por un periodo de 10 min. A continuación, se pesan los sobres y se anota su peso seco (sobre + muestra), posteriormente se colocan las muestras en el ANKOM y cuando el proceso haya finalizado se han de colocar los sobres de nuevo en la estufa por otras 24h. Una vez terminado se pesa el sobre con la muestra desengrasada.

Cálculos:

$$\%GB = \left(\frac{(A - D - B) - (C - B)}{A - B} \right) * 100$$

A= Peso sobre + muestra húmeda

B= Peso bolsa

C= Peso bolsa + muestra sin grasa

D= Peso del agua

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Anexo IX: Protocolo para la determinación del contenido de aminoácidos totales:

Materiales:

- Tubo Pyrex 10 ml con tapón de teflón.
- Balanza analítica de precisión 0,0001 g.
- Pipetas automáticas.
- Matraces aforados de 250mL.
- Matraces 100mL fondo plano boca esmerilada para rotavapor.
- Embudos de vidrio.
- Tubos eppendorf.
- Papel de filtro.
- Filtros de 0,2µm de poro.
- Jeringas de plástico.
- Viales de inyección.

Procedimiento:

Para la Cisteina y la Metionina:

Pesar una cantidad de muestra que contenga aproximadamente 25 mg de proteína bruta e introducirla en un matraz redondo de fondo plano con tapón esmerilado y cierre metálico de 100mL.

Preparación del ácido per fórmico:

- 1 volumen de H₂O₂ al 30%
- 9 volúmenes de ácido fórmico al 98%

Dejar reposar una hora en campana extractora y almacenar en refrigeración al menos otra hora con parafilm. Añadir 4 ml de ácido per fórmico y cerrar el matraz. Dejar en la nevera durante 16h a 4°C.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO

Parar la reacción añadiendo 0,6 ml de ácido bromhídrico al 48% y dejar en nevera 15 min.

Evaporar a sequedad en rotavapor a 55°C y a 60rpm e hidrolizar con 5 ml de HCL 6N durante 23 horas en estufa a 110°C.

Para el resto de los aminoácidos:

Pesar una cantidad de muestra que contenga aproximadamente 25 mg de proteína bruta e introducirla en un tubo Pyrex con tapón de rosca con sello de teflón.

Añadir 5 ml de HCL 6N y mezclar.

Burbujear N₂ seco en cada tubo durante un minuto para desplazar el aire. Cerrar los tubos y mantener en estufa a 110°C durante 23 horas.

A partir de la hidrolisis el procedimiento es el mismo para todos los aminoácidos.

Enfriar los tubos a temperatura ambiente y filtrar su contenido a través de papel de filtro, empleando un embudo de vidrio y un matraz aforado de 250ml.

Añadir 0,5 ml de la solución de patrón interno (25 mM de alfa-aminobutírico en HCL 0,1N) al matraz de 250 ml, y anotar el peso de patrón añadido.

Enrasar los matraces de 250 ml con agua miliQ y mezclar bien, filtrar con filtro de jeringa de 0,2 µm 1ml de dicha solución y utilizar 10 µ del filtrado para derivatizar según el método del AQC. Pinchar las muestras en HPCL.

CRECIMIENTO DE LA LUBINA ALIMENTADA CON PIENSOS ECOLÓGICOS
CONTENIENDO DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE PESCADO