

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



FORMULACIÓN DE PIENSOS SOSTENIBLES PARA LA PRODUCCIÓN DE *Seriola dumerili*.

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL.

ALUMNA: SARA SUZ CONEJOS.

TUTORA: SILVIA MARTÍNEZ LLORENS.

COTUTORA: ANA TOMÁS VIDAL.

Curso Académico: 2013-2014

VALENCIA, JUNIO 2014

Licencia Creative Commons



RESUMEN

FORMULACIÓN DE PIENSOS SOSTENIBLES PARA LA PRODUCCIÓN DE *Seriola Dumerili*.

El exponencial crecimiento de la acuicultura mundial, unida a la decreciente disponibilidad mundial de harinas y aceites de pescado, ha obligado a la industria a explorar materias primas alternativas para los alimentos de peces. Las fuentes vegetales y animales de proteína y los aceites vegetales se consideran ingredientes válidos, pero su inclusión en la dieta de los peces puede tener efectos adversos sobre el valor nutritivo del pescado para consumo humano, así como sobre el crecimiento y la salud de los peces, afectando la eficiencia de la producción. Hay poca información sobre estudios nutricionales en *Seriola dumerili* y los pocos trabajos sobre el uso de fuentes alternativas para las dietas se centran únicamente en la sustitución de harinas de pescado.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es formular y diseñar piensos sostenibles desde el punto de vista medioambiental y económico para la *Seriola dumerili*, una especie candidata para la acuicultura. Para ello, en este trabajo se evaluará el efecto combinado de la sustitución de harina y aceite de pescado por fuentes vegetales (y también animales en el caso de fuentes proteicas) en los piensos.

Se realizarán pruebas de alimentación en fases de pre-engorde alimentando los peces con piensos con distintos niveles de sustitución de harinas y aceites de pescado por fuentes vegetales. Se estudiará el efecto de la composición de la dieta sobre el crecimiento, composición corporal, utilización y retención de nutrientes, y el estado de salud de los peces.

PALABRAS CLAVE: pienso, seriola, sustitución, alimentación, acuicultura.

AUTOR: SARA SUZ CONEJOS.

LOCALIDAD Y FECHA: VALENCIA, JUNIO 2014.

TUTOR: SILVIA MARTÍNEZ LLORENS.

COTUTOR: ANA TOMÁS VIDAL.

ABSTRACT

FORMULATE SUSTAINABLE DIETS FOR THE PRODUCTION OF *Seriola Dumerili*.

Limited supplies and the exponential increasing demand of fishmeal and fish oil, have led the industry to search for alternative sources for aqua feed. Vegetable and animal sources of protein and vegetable oils are considered good potential substitutes, but their inclusion in fish feeds may have adverse effects on the quality and nutritional value of the fish for human consumption, as well as on fish growth parameters and fish health, affecting the efficiency of the production. There is little information about nutritional research in *Seriola dumerili* and the few researches about the use of alternative sources for the diets are mainly focused in the replacement of fishmeal.

Therefore, the objective of this research is formulate and design sustainable diets on the environmental and economic point of view for the *Seriola dumerili*, one specie that satisfy the criteria for the selection of new species for aquaculture. Thus, in this research will be evaluated the combined effect in the replacement of vegetables sources instead of fishmeal and fish oil (and also animal sources in the case of protein sources) on the diet.

Feeding trials were carried out in pre-fattening, feeding fishes with diets with different replacement levels of vegetables sources instead of fishmeal and fish oil. Will be studied the effect of the diet composition in growth, body composition, nutrients use and retention, and health condition of the fishes.

KEY WORDS: aqua feed, seriola, replacement, alimentation, aquiculture.

AUTHOR: SARA SUZ CONEJOS.

LOCALITY AND DATE: VALENCIA, JUNIO 2014.

TUTOR: SILVIA MARTÍNEZ LLORENS.

COTUTOR: ANA TOMÁS VIDAL.

RESUM

FORMULACIÓ DE PINSOS SOSTENIBLES PER A LA PRODUCCIÓ DE *Seriola Dumerili*.

El creixement exponencial de la aqüicultura mundial, unit amb la decreixent disponibilitat mundial de farines i olis de peix, ha obligat a l'indústria a explorar matèries primes alternatives per al menjar dels peixos. Les fonts vegetals i animals de proteïna i els olis vegetals es consideren ingredients vàlids, però la seua inclusió en la dieta dels peixos pot tindre efectes adversos sobre el valor nutritiu del peix per a consum humà, como també sobre el creixement y salut dels peixos, afectant l'eficiència de la producció. Hi ha molt poca informació sobre estudis nutricionals en *Seriola Dumerili* i els pocs treballs sobre l'ús de fonts alternatives per a les dietes es centren únicament en la substitució de farines de peix.

Per tant, l'objectiu de aquest treball és formular i dissenyar pinsos sostenibles des del punt de vista mediambiental i econòmic per a la *Seriola dumerili*, una espècie candidata per a la aqüicultura. Per això, en aquest treball s'avaluarà el efecte combinat de la substitució de farina y oli de peix per fonts vegetals (y també animals en el cas de fonts proteiques) en els pinsos.

Es realitzaran probes de alimentació en fases de pre-engrossament alimentant-los amb pinsos amb distints nivells de substitució de farines i olis de peix per fonts vegetals. Se estudiarà el efecte de la composició de la dieta sobre el creixement, composició corporal, utilització y retenció de nutrients, y del estat de salut dels peixos.

PARAULES CLAU: pinso, seriola, substitució, alimentació, aqüicultura.

AUTOR: SARA SUZ CONEJOS.

LOCALITAT Y DATA: VALENCIA, JUNIO 2014.

TUTOR: SILVIA MARTÍNEZ LLORENS.

COTUTOR: ANA TOMÁS VIDAL.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PIENSOS ACUÍCOLAS.	1
1.1.1. Sustitución de aceite de pescado por aceites vegetales.....	2
1.1.2. Sustitución de harinas de pescado por harinas alternativas.	4
1.1.2.1. Sustitución de harinas de pescado por harinas vegetales.	5
1.1.2.2. Sustitución de harinas y aceites de pescado por harinas y aceites animales terrestres. 7	
1.1.2.3. Sustitución de harinas de pescado por harinas microbianas.....	7
1.2. MEDITERRANEAN YELLOWTAIL, PEZ LIMÓN (<i>Seriola Dumerili</i>).....	7
1.2.1. Aspectos biológicos y distribución geográfica.	7
1.2.2. Comportamiento alimentario.	9
1.2.3. Características y proyectos.	9
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	12
3. MATERIAL Y MÉTODOS.	13
3.1. TANQUES.....	13
3.2. SISTEMA DE BOMBEO.	14
3.3. SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUA.....	15
3.3.1. Filtro mecánico.....	15
3.3.2. Biofiltro.....	16
3.4. SISTEMA DE CANALIZACIÓN DE AGUA.....	16
3.4.1. Canaletas.....	16
3.4.2. Tuberías.....	16
3.4.3. Sistema de aireación.	17
3.4.4. Sistema de emergencia.....	17
5. DISEÑO EXPERIMENTAL.	18
5.1. PECES.....	18
5.2. PIENSOS EXPERIMENTALES.	19
5.3. RUTINA DE TRABAJO.	22
5.3.1. Revisión general de la instalación.	22
5.3.2. Alimentación de peces.	22
5.3.3. Control de calidad del agua. Parámetros físico-químicos.....	22
5.3.4. Control de crecimiento.....	24

5.3.5. Controles finales. Biometrías e índices biométricos.	27
5.4. ANÁLISIS QUÍMICOS.	28
5.4.1. Determinación de materia seca.	28
5.4.2. Determinación de cenizas.	29
5.4.3. Determinación de proteína bruta.	30
5.4.4. Determinación de grasa bruta.	32
5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	33
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
6.1. BIOMETRÍAS.	34
6.2. CRECIMIENTO.....	35
7. CONCLUSIONES.	39
8. BIBLIOGRAFÍA.	40

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Ejemplar de pez limón (<i>Seriola dumerili</i>).....	7
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Seriola dumerili</i>	8
Figura 3. Detalle de los tanques cilíndricos de la línea 2 del LAC.....	14
Figura 4. Sistema de bombeo.....	15
Figura 5. Filtro rotatorio de tambor.....	15
Figura 6. Detalle de canaleta y de tuberías de la instalación.....	17
Figura 7. Detalle de la red de tuberías del sistema de aireación en los tanques.....	17
Figura 8. Extruder semi-industrial. Modelo BC45.....	20
Figura 9. Oxímetro portátil o sonda (<i>OxyGuard Handy Polaris</i>).....	23
Figura 10. Refractómetro (<i>Hanna Instruments</i>).....	23
Figura 11. Tiras de papel tornasol para medida de pH y test colorímetro para concentración de amonio, nitratos y nitritos (<i>MERCK</i>).....	23
Figura 12. Extracción de los peces.....	24
Figura 13. Cubos con esencia de clavo.....	25
Figura 14. Pesados individuales al inicio y al final del experimento.....	25
Figura 15. Pesado en grupos de 2-5 dependiendo del tamaño.....	26
Figura 16. Estufa de desecación.....	28
Figura 17. Placa calefactora en campana de humos con crisoles.....	29
Figura 18. Unidad de destilación <i>Kjeltec System</i> (modelo 1003).....	30
Figura 19. Sistema extractor <i>Soxtec</i>	32
Figura 20. Evolución del peso medio de las seriolas alimentados con los piensos en los que la harina de pescado se sustituye por una mezcla vegetal y animal.....	36
Figura 21. Evolución del peso medio de las seriolas alimentados con los piensos en los que el aceite de pescado se sustituye por una mezcla de aceites vegetales.....	36

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Porcentaje en el uso de ingredientes.....	5
Tabla 2. Datos del experimento.....	19
Tabla 3. Ingredientes y composición proximal de las dietas experimentales (g/kg de muestra).....	21
Tabla 4. Valores medios de los parámetros físico-químicos medidos durante la fase experimental.....	24
Tabla 5. Efecto de las dietas con diferentes fuentes proteicas sobre los parámetros biométricos de la seriola al final de la prueba.....	34
Tabla 6. Efecto de las dietas con diferentes fuentes lipídicas sobre los parámetros biométricos de la seriola al final de la prueba.....	35
Tabla 7. Efecto de la sustitución de la harina de pescado en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la seriola.....	37
Tabla 8. Efecto de la sustitución del aceite de pescado en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la seriola.....	38

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PIENSOS ACUÍCOLAS.

Después de un periodo de crecimiento estable, sobre todo en las cuatro últimas décadas, la acuicultura en estos momentos suministra la mitad de los mariscos producidos para el consumo humano a nivel mundial. En 2007, el 49% de la producción mundial de marisco para consumo humano (132 millones de toneladas) vino de la acuicultura (FAO, 2008). Dado el estancamiento en el sector de extracción de pescado, la acuicultura es claramente una futura fuente de recursos, siendo en la actualidad, la única alternativa viable para proveer mariscos y algunos nutrientes esenciales para la dieta humana (n-3 ácidos grasos insaturados). Sin embargo, la crisis del sector pesquero está también afectando a la industria de la acuicultura debido a que, para la producción de piensos, la industria utiliza entre el 56% y 87% de la producción global de harina y aceite de pescado respectivamente. Es posible que en los próximos diez años la producción de aceite de pescado no satisfaga la demanda de la acuicultura (Kaushik, 2004; Tacon, 2005), y una situación parecida ocurre con la harina de pescado cuya producción ha permanecido estable desde 1980 (FAO, 2004). Esta situación puede explicar el descenso en el índice de crecimiento mundial de la acuicultura, de un crecimiento anual de 11,8% en el período de 1985-1994 a un 7,1% en la década siguiente.

Recursos limitados junto con un aumento de la demanda y del precio de harina y aceite de pescado, tradicionalmente utilizado como ingrediente principal en la fabricación de piensos, ha llevado al sector de la acuicultura a buscar fuentes alternativas de proteínas y lípidos para apoyar la sostenibilidad de la industria de la acuicultura. Entre las diferentes fuentes consideradas, las harinas y aceites vegetales parecen ser buenos sustitutos, pero su inclusión en el alimento para peces puede tener efectos adversos en la calidad y en el valor nutricional del pescado para consumición humana, como también en los parámetros de crecimiento y salud de los peces; dichos factores afectan la biología y la economía eficiente de la producción. Por esta razón, en estos últimos años se ha realizado una investigación exhaustiva centrada en explorar las harinas y aceites más adecuados y su óptimo nivel de sustitución en la dieta. En Europa, se han invertido sobre 10 millones de € en 6 proyectos del Framework Programme 5 (FP5) en el periodo de 2000-2005, incrementándose dicha inversión en el periodo de 2004-2010 a 25 millones de € en 2 proyectos (AQUAMAX y RAFOA) del Framework Programme 6 (FP6).

A escala mundial, en 2008 se produjeron 708 millones de toneladas de piensos compuestos industriales, de los que 29,2 millones de toneladas son referidos a piensos acuícolas (un 4,1 % del total de piensos), habiendo aumentado considerablemente de lo establecido en 1995 con 7,6 millones de toneladas.

Parte del pescado de bajo valor se estima que fue utilizado para realizar piensos compuestos para la acuicultura situándose entre 5,6 y 8,8 millones de toneladas en 2006 y que en 2008, sólo la acuicultura en China utilizó entre 6 y 8 millones de toneladas, incluyendo peces marinos, peces de agua dulce y peces comestibles vivos (solamente aquellos no transformados en harina de pescado).

1.1.1. Sustitución de aceite de pescado por aceites vegetales.

La necesidad de identificar y utilizar fuentes lipídicas alternativas al aceite de pescado, ha permitido un gran número de investigaciones en esta área durante los recientes años (Miller et al., 2008; Glencross, 2009; Turchini et al., 2009; Sales & Glencross, 2010), probándose aceites vegetales como sustitutos de los aceites de pescado, como el aceite de colza, lino, soja, palma, oliva, girasol, maíz y canola (Torstensen et al., 2000; Rodríguez et al., 2002; Izquierdo et al., 2005; Ruyter et al., 2006; Montero et al., 2008; Peng et al., 2008; Fountoulaki et al., 2009), o incluso borraja (Bell et al., 1995a; Tocher et al., 1997) y *Echium* (Bell et al., 2006; Tocher et al., 2006; Villalta et al., 2007; Miller et al., 2007, 2008; Díaz-López et al., 2009, 2010). Igualmente se han incluido en piensos para peces la combinación de algunos de estos aceites vegetales (Almansa et al., 2001; Martín, 2003; Mourente et al., 2005; Mourente & Bell, 2006; Benedito-Palos et al., 2007, 2008, 2009, 2010; Montero et al., 2008; Pratoomyot et al., 2008; Martín et al., 2009; Panserat et al., 2009). El resultado de muchas de estas investigaciones en salmónidos (Bell et al., 1995a, b; Olsen et al., 2000; Torstensen et al., 2000; Caballero et al., 2002; Jordal et al., 2005; Stubhaug et al., 2005; Zheng et al., 2005; Tocher et al., 2006; Ruyter et al., 2006; Fonseca-Madrigal et al., 2006; Leaver et al., 2008; Miller et al., 2007, 2008; Pratoomyot et al., 2008; Panserat et al., 2009) y peces marinos (Montero et al., 2003, 2005a, b; Caballero et al., 2003, 2004; Izquierdo et al., 2003, 2005; Mourente et al., 2005; Mourente & Bell, 2006; Bell et al., 2006; Piedecausa et al., 2007; Benedito-Palos et al., 2007, 2008, 2009, 2011; Díaz-López et al., 2009; Fountoulaki et al., 2009) ha demostrado que, en general, el crecimiento de los peces y otros parámetros como el índice de conversión del alimento no se ha modificado con sustitución total de aceite de pescado por aceites vegetales en salmónidos y a niveles de 50-70%, en el caso de peces marinos.

Sin embargo, mientras que dicha sustitución tiene un efecto mínimo en el crecimiento del pez, el filete de pescado alimentado con aceites vegetales muestra una importante modificación en la composición de ácidos grasos, con un incremento en los niveles de C18 PUFA (ácidos grasos poliinsaturados 18:2n-6, 18:3n-3 y 18:1n-9) presente en aceites vegetales, y una reducción en los niveles de n-3 HUFA (ácidos grasos altamente insaturados de las series n-3), concretamente el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) sólo presente en aceites de pescado, con el consecuente incremento en la proporción de ácidos grasos n-6/n-3. Tales alteraciones, fueron encontradas en todas la especies piscícolas evaluadas (Turchini et al., 2009), tanto en el salmón como en otras especies de agua dulce (Bell et al., 2001, 2002, 2003a, b; Caballero et al., 2002; Sargent et al., 2002; Fonseca-Madrigal et al., 2005; Tocher et al., 2006; Drew et al., 2007; Miller et al., 2007) y especies marinas, (Robin & Vincent, 2003; Robin & Person, 2004; Montero et al., 2005b; Bell et al., 2006; Mourente & Bell, 2006; Piedecausa et al., 2007; Benedito-Palos et al., 2008, 2009, 2011; Díaz-López et al.,

2009; Fountoulaki et al., 2009), lo que puede comprometer la calidad nutricional del pescado para consumo humano. La importancia del n-3 HUFA para la salud humana es bien conocida y numerosas investigaciones han probado su utilidad, concretamente EPA y DHA, en la prevención de diversas enfermedades. Además, algunos estudios también han demostrado que la alta proporción de ácidos grasos n-6/n-3 en la actual dieta humana es un factor de riesgo que puede tener consecuencias adversas, mientras que una proporción más equilibrada tiene efectos positivos en la salud humana. Considerando que la única fuente natural de n-3 HUFA es el alimento proveniente del mar, la composición de lípidos y ácidos grasos de peces producidos es particularmente relevante.

Los cambios en la composición de los ácidos grasos en la dieta de los peces (especialmente cuando se utilizan niveles altos de sustitución por aceites vegetales), pueden afectar el metabolismo y la salud del pez. Hay diversos mecanismos con los que los ácidos grasos pueden afectar a funciones fisiológicas, incluyendo el metabolismo y la respuesta inmunológica. Primero, los ácidos grasos influyen en la composición de los lípidos de las membranas celulares y en sus propiedades físicas, ejerciendo un profundo efecto en la actividad de las enzimas asociadas con las membranas y los receptores, y con la respuesta inmunológica, ya que muchas de estas respuestas están basadas en interacciones en las membranas celulares de los leucocitos (ej. producción de citoquinina). Segundo, los ácidos grasos pueden afectar la producción de eicosanoides provenientes de ácidos grasos de 20 átomos de carbono (sobre todo EPA y ácido araquidónico o AA). Los eicosanoides incluyen prostaglandinas, leucotrienos y lipoxinas, que están implicadas en varios procesos fisiológicos tales como la osmoregulación y la respuesta inmunológica (Uhing et al., 1990; Rola-Pleszczynski & Stankova, 1992). Las prostaglandinas, principalmente PGE₂ provenientes de AA son producidas por monocitos y macrófagos, y están asociadas con la modulación de las funciones inmunológicas (Kinsella & Lokesh, 1990), mientras que PGF_{2α} está más relacionada con la adaptación al estrés ambiental tales como cambios en la temperatura o en la salinidad (Mustafa & Srivastava, 1989). Por último, los ácidos grasos pueden afectar funciones metabólicas y al sistema inmunológico debido a alteraciones en la transducción de la señal, posiblemente afectando a la proteína Kinasa C (Erdal et al., 1991; Sheldon & Blazer, 1991; Montero et al., 1999, 2003) con efectos directos o indirectos en la acumulación de grasa, como también en el estado de inmunocompetencia y por ello a la respuesta inmunológica al estrés o a diferentes patógenos oportunistas (Hosfeld et al., 2009; Kunttu et al., 2009).

Numerosos estudios han demostrado que niveles altos de sustitución (70-100%) de aceite de pescado por aceites vegetales en la dietas para peces carnívoros y omnívoros (Olsen et al., 1999, 2000; Bell et al., 2001; Rodríguez et al., 2002; Tocher et al., 2002, 2004; Caballero et al., 2002, 2003; Menoyo et al., 2004; Ruyter et al., 2006; Francis et al., 2006; Benedito-Palos et al., 2008) o el uso de aceites vegetales puros con un alto desequilibrio en los PUFA de la serie C18 (Tocher et al., 2002; Caballero et al., 2002, 2003, 2004; Menoyo et al., 2004; Francis et al., 2006; Peng et al., 2008), provoca un incremento en la grasa del hígado y en el índice hepatosomático (IHS) así como, una alta concentración de vesículas lipídicas tanto en hepatocitos como en enterocitos. En algunos casos también se ha visto daño patológico, como daño estructural y funcional del epitelio intestinal (Olsen et al., 1999, 2000), o lesiones cardíacas y alteraciones respiratorias (Bell et al., 1991, 1993; McKenzie et al., 2001). Sin embargo, cuando se utilizan niveles bajos de sustitución del aceite de pescado con un perfil de

ácidos grasos equilibrado, el contenido de lípidos de los filetes de pescado (Parpoura & Alexis, 2001; Francis et al., 2006; Mourente & Bell, 2006; Richard et al., 2006; Xue et al., 2006; Francis et al., 2007; Villalta et al., 2007; Benedito-Palos et al., 2007, 2008, 2009; Díaz-López et al., 2009) no aumenta si se compara con peces alimentados solo con aceites de pescado (Díaz-López et al., 2009, 2010). Las doradas alimentadas con una dieta que contenía un 50% de aceites de pescado y 50% de aceite de *Echium* no mostraron ningún signo de patología o de acumulación de grasas en el hígado, hepatocitos o enterocitos; tampoco se observaron alteraciones en enterocitos y hepatocitos de ciertos parámetros metabólicos tales como la beta-oxidación, la actividad de la elongasa y de la desaturasa (precursor del n-3 y n-6 HUFA). Parece ser que el menor desequilibrio en el balance n6/n3 de los fosfolípidos de la membrana puede ser una de las causas de un buen desarrollo inmunitario de los peces.

Por lo tanto, investigaciones actuales están dirigidas principalmente para encontrar la mejor combinación de aceites y su óptimo nivel de sustitución, para cada especie en particular, para que los peces producidos puedan tener proporciones de ácidos grasos en los tejidos lo más similares posibles a los peces salvajes, unido a un buen crecimiento y con unas condiciones saludables.

1.1.2. Sustitución de harinas de pescado por harinas alternativas.

Como en el caso de la sustitución de aceite de pescado, numerosos estudios han intentado evaluar la efectividad en la sustitución de harinas de pescado por harinas vegetales en peces. Ya que esta sustitución puede alterar varios parámetros de la dieta (falta o desequilibrio de aminoácidos, incremento de contenidos en fibra y de componentes anti-nutricionales, reducción del contenido de vitaminas y/o minerales y baja palatabilidad), las investigaciones se han centrado principalmente en las fórmulas de sustitución (porcentaje y tipo de harinas vegetales) para permitir grandes índices de crecimiento y mantener a los peces saludables.

Los ingredientes utilizados para la producción de piensos acuícolas se clasifican en tres grandes categorías dependiendo de su origen distinguiendo entre fuentes de nutrientes animales, vegetales o microbianas (FAO, 2012).

Tabla 1. Porcentaje en el uso de ingredientes alternativos en piensos para peces.

Ingredientes de piensos	Nivel de inclusión en piensos acuícolas compuestos
	(Porcentaje)
Harinas de proteína vegetal	
Harina de soja	3-60
Harina de gluten de trigo	2-13
Harina de gluten de maíz	2-40
Harina de coiza/habina	2-40
Harina de semilla de algodón	1-25
Harina de cacahuete	≈ 30
Torta de aceite de mostaza	≈ 10
Harina de grano de altramuz	5-30
Harina de semillas de girasol	5-9
Concentrado de proteína de nabina	10-15
Harina de haba	5-8
Harina de guisantes pardos	3-10
Aceites vegetales	
Aceite de coiza/habina	5-15
Aceite de soja	1-10

Fuente: Adaptado de Tacon, A.G.J., Hasan, M.R. y Metian, M. 2011. *Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects*. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura N.º 564. Roma, FAO. 87 págs.

1.1.2.1. Sustitución de harinas de pescado por harinas vegetales.

La mayoría de harinas vegetales son deficientes en algunos aminoácidos esenciales (ej. la soja es particularmente deficitaria en metionina y el gluten de trigo en lisina), así que su uso puede tener efectos adversos en el crecimiento y la salud de los peces. Según Kaushik (1989), la composición de aminoácidos es el factor principal a tener en cuenta en la formulación del alimento, incluso más importante que el contenido total de proteínas y de la digestibilidad. Ha sido demostrado que la combinación de varias harinas vegetales utilizadas para simular el perfil de aminoácidos de las harinas de pescado, o el suplemento con preparaciones comerciales de aminoácidos, consiguieron mejores resultados. Además para el perfil de aminoácidos, también es necesario considerar la digestibilidad de las fuentes de proteínas utilizadas, que afecta a la eficiencia de la alimentación. La fibra y otras sustancias (antinutrientes) presentes en harinas derivadas de las plantas son asociadas con la inhibición de las proteasas que pueden conducir a una reducción en la digestibilidad de los nutrientes (Francis et al., 2001; Krogdahl et al., 2005; Førde-Skjærvik et al., 2006; Hansen et al., 2006).

Durante los pasados años, diversas investigaciones europeas han estudiado la manera de desarrollar piensos para especies acuáticas eficientes, sostenibles y económicas utilizando ingredientes alternativos, sobre todo en las cuatro especies carnívoras por excelencia, salmón Atlántico (*Salmo salar*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mikiss*), dorada (*Sparus aurata*) y róbalo Mediterráneo (*Dicentrarchus labrax*) producidas bajo sistemas de producción intensivos.

En salmones, muchos trabajos han sido publicados en el estudio de ingredientes alternativos como pueda ser la harina de soja (Refstie et al., 1998, 2000, 2001, 2005; Storebakken et al., 1998, 2000; Hemre et al., 2005; Froystad et al., 2008; Hevrøy et al., 2008; Øverland et al., 2009), maíz, gluten de trigo, concentrado de proteínas de patata, concentrado de proteínas de pera (Storebakken et al., 2000; Mente et al., 2003; Refstie & Tiekstra, 2003; Overland et al., 2009) y algunas materias primas animales como concentrado de proteínas de

pescado, proteína hidrolizada de pescado, krill (Espe et al., 1999; Refstie et al., 2004; Hevrøy et al., 2005; Rungruangsak & Torrissen, 2007; Suontama et al., 2007; Hansen et al., 2010) o harina bacteriana (Storebakken et al., 1998, 2004; Berge et al., 2005; Aas et al., 2006). No obstante, los mejores resultados han sido obtenidos utilizando mezclas de diferentes ingredientes (Carter & Hauler, 2000; Brandsen et al., 2001; Opsvedt et al., 2003; Hevrøy et al., 2004; Mundheim et al., 2004; Sajjadi & Carter, 2004; Espe et al., 2006; Aksnes et al., 2008; Kousoulaki et al., 2009). Y sólo unos pocos de ellos han estudiado los efectos a largo plazo (Suontama et al., 2007; Torstensen et al., 2008; Johnsen et al., 2010; Pratoomyot et al., 2010; Refstie et al., 2010).

En truchas, la soja ha sido la materia prima más estudiada (Kaushik et al., 1995; Refstie et al., 1997, 2000; Morris et al., 2005; Gaylord et al., 2006; Heikkinen et al., 2006; Ogunkoya et al., 2006; Romarheim et al., 2006; Glencross et al., 2008; Romarheim et al., 2008; Yang et al., 2010) pero otros ingredientes vegetales como concentrado de proteína de patata, harina de semilla de algodón, altramuz, proteína de canola, concentrado de proteína de arroz o algas fueron probados (Xie & Jokumsen, 1997; Cheng & Hardy, 2002; Glencross et al., 2004; Thiessen et al., 2004; Palmegiano et al., 2006; Drew et al., 2007; Soler-Vila et al., 2009). Fuentes proteicas de origen animal como plumas y harinas cárnicas, krill (Bureau et al., 2000; Yoshitomi et al., 2006, 2007) y proteína de bacterias (Aas et al., 2006) han sido también estudiadas. Mezclas de varios ingredientes dieron los mejores resultados otra vez (Gomes et al., 1995; Adelizi et al., 1998; Watanabe et al., 1998; Yamamoto et al., 2002; Gaylord et al., 2006; Oo et al., 2007; Santiagosa et al., 2008; Panserat et al., 2008, 2009; Lee et al., 2010).

La principal fuente proteica vegetal investigada en la dorada ha sido la soja, incorporada como harina, torta o concentrado de proteína (Robaina et al., 1995, 1997; Nengas et al., 1996; Kissil et al., 2000; Kissil & Lupatsch, 2002; Ceulemans et al., 2003; Martínez-Llorens et al., 2007; Bonaldo et al., 2008; Martínez-Llorens et al., 2009), debido a su alta disponibilidad en los mercados mundiales. Otras fuentes proteicas vegetales como pueden ser altramuz, gluten, pera y canola (Robaina et al., 1995, 1997; Kissil et al., 2000, Kissil & Lupatsch, 2002; Pereira & Oliva-Teles, 2002, 2003, 2004; Sánchez-Lozano et al., 2007, 2010) han sido probados. En general, los resultados indican que del 30-40% de las diferentes fuentes proteicas incluidas como ingredientes únicos dan buen crecimiento. Con mezclas de diferentes ingredientes, los mejores resultados son con una inclusión del 50-60%, con sólo 130-200 g/kg harina de pescado (De Francesco et al., 2007; Dias et al., 2009; Sánchez-Lozano et al., 2009), y excepcionalmente alcanzando el 95-100% en ensayos cortos (Kissil & Lupatsch, 2002, Ceulemans et al., 2003; Gomez-Requeni et al., 2004).

En lubina han sido considerados diferentes materiales individuales, como la cáscara de las semillas de pera (Gouveia & Davies, 1998, 2000), levadura de cerveza (Oliva-Teles & Gonçalves, 2001), soja (Tibaldi et al., 2006) y avellana (Emre et al., 2008), pero existen pocos ensayos utilizando mezclas (Kaushik et al., 2004; Adamidou et al., 2009).

1.1.2.2. Sustitución de harinas y aceites de pescado por harinas y aceites animales terrestres.

Las principales harinas y grasas de animales terrestres usadas habitualmente en piensos acuícolas se distinguen dependiendo del tipo de harinas de subproductos, pudiendo ser de la carne y las grasas, de aves (harina de plumas hidrolizada o aceite de aves) o de sangre. Se ha calculado que aproximadamente en 2008 la producción mundial de harinas y grasas de proteína animal fundidas fue aproximadamente de 13,0 millones de toneladas y 10,2 millones de toneladas respectivamente (Hasan et al., 2011).

1.1.2.3. Sustitución de harinas de pescado por harinas microbianas.

Entre las fuentes de ingredientes de origen microbiano para la elaboración de piensos acuícolas podemos encontrar las algas, las levaduras, los hongos, las bacterias y las fuentes de proteínas unicelulares bacterianas o microbianas mixtas. Dado el costo relativamente bajo de algunas de estas proteínas unicelulares, se puede emplear como ingrediente principal proteico en piensos para pescado o como sustitución, de forma parcial, de la harina de pescado en piensos para algunas especies de peces. A pesar de la consideración de las especies de microbios y algas como fuentes proteicas innovadoras para piensos acuícolas, el costo de producción de estas fuentes resulta problemático (Hasan et al., 2011).

1.2. MEDITERRANEAN YELLOWTAIL, PEZ LIMÓN (*Seriola Dumerili*).

1.2.1. Aspectos biológicos y distribución geográfica.

El género *Seriola* pertenece a la familia Carangidae (orden de los Perciformes, clase Actinopterygii) que incluye 47 especies.



Figura 1. Ejemplar de pez limón (*Seriola dumerili*).

La *Seriola dumerili*, pez limón, es una especie teleóstea cosmopolita encontrada en aguas cálidas por todo el mundo, sus características morfológicas más importantes son su

forma alargada, fusiforme y ligeramente compacta de su cuerpo, cubierta por pequeñas escamas (cicloideas). Su color es verde amarillento en los alevines y en adultos puede ser azulado o de color oliváceo dorsalmente y de plateado a blanco en la parte ventral. Es un pez pelágico, con frecuencia encontrado en zonas de coral o en agujeros de grandes profundidades en alta mar (1-360 m de profundidad), pero en época de reproducción, abril y mayo, se acercan a la costa para desovar. La primera época de reproducción para ambos sexos es a los cuatro años de edad (Carpenter & Niem, 1999).

Su crecimiento es bastante rápido pudiendo alcanzar el kilo al año. Su máximo intervalo de longitud registrado es de 180-190 cm con un peso de aproximadamente 80 kg, sin embargo sus medidas habituales son de 110 cm de longitud y un peso entre 25-40 kg. La temperatura más adecuada para su crecimiento está entre 20 y 24° C siendo temperaturas inferiores a los 9°C mortales, los límites más bajos de salinidad que tolera son de 16 ‰ (Holthus & Lovatelli, 2008).

Es una especie muy propensa a coger enfermedades producidas por hongos, *Ichthyophonus hoferi*, bacterias y virus que producen epiteliocystis como *Chlamydia* o *Pasteurella*, y parásitos como la *Paradeontacylix* sp., *Equinostomatidae*, *Trichodina* sp., *Caligus productus*, *Pennella* sp, *Cryptocaryon irritans* y *Zeuxapta seriolae* (Montero et al., 2000; CIVA, 2006), presentando cuantiosas bajas en cautividad.

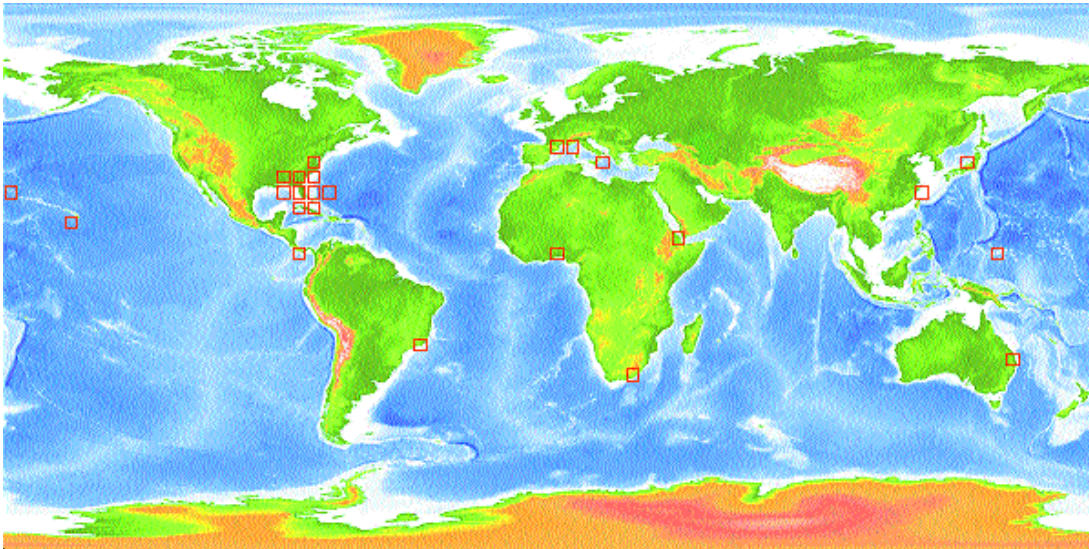


Figura 2. Distribución geográfica de *Seriola dumerili* (indicado por los cuadrados rojos).

Fuente: FishBase, 2002.

1.2.2. Comportamiento alimentario.

Son varios los estudios publicados sobre la alimentación de *Seriola dumerili* en la naturaleza e indican que se trata de una especie oportunista, con una dieta que varía en función de su tamaño. El análisis de contenidos estomacales (Badalamenti et al., 1995) mostró tres fases diferentes de predación dependiendo del tamaño de los ejemplares.

Los ejemplares de hasta 8 cm de longitud son predadores de la comunidad zooplanctónica (copépodos y larvas de crustáceos). Entre 8 y 12 cm de longitud se encuentra en una fase de transición en la cual se continúan alimentando de zooplancton pero comienzan a ingerir elementos bentónicos y nectónicos. A partir de 12 cm ya se alimentan a base de nectónicos y nectobentónicos.

Andaloro y Pipitone (Andaloro & Pipitone, 1995) investigaron los hábitos alimentarios de juveniles de seriolas. Las menores (de 9 a 18,5 cm) mostraron un régimen planctónico a base de larvas de decápodos, de anfípodos y de gasterópodos pelágicos, mientras que las adultas (entre 20 y 33 cm) mostraron un régimen alimenticio piscívoro, dicho cambio de alimentación surge en el momento en que los adultos emprenden el viaje hasta las costas para desovar. Dentro del estudio y tras examinar el contenido estomacal de los adultos vieron que las presas más frecuentes fueron *Boops boops*, *Loligo* spp., *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus* y *Sepia officinalis*.

1.2.3. Características y proyectos.

Seriola dumerili es una especie que tiene muchas características que satisfacen los criterios de selección de nuevas especies para la acuicultura, incluyendo una excelente calidad de la carne, alta demanda y precio de mercado, y un índice de crecimiento rápido en el medio natural (Andaloro et al., 1992; Thompson et al., 1999). En condiciones culturales *S. dumerili* ha presentado una gran adaptación a la cautividad, como también altos índices de crecimiento y supervivencia cuando se alimentan con peces de bajo valor o alimento seco (Giovanardi et al., 1984; Navarro et al., 1987; Lazzari & Barbera, 1989; Cavaliere et al., 1989; Lazzari, 1991; Porrello et al., 1993; García-Gómez, 1993; García & Díaz, 1995; Marino et al., 1995b; Jover et al., 1999; Mazzola et al., 2000; Nakada, 2000; Pastor et al., 2000; Jerez et al., 2003a, 2007a, 2009a).

El comercio de *S. dumerili* se ha basado principalmente en la captura de alevines del medio para ser engordados hasta llegar a un tamaño comercial, debido a las dificultades encontradas en la reproducción de esta especie en cautividad. El desove ha sido obtenido utilizando tratamientos de inducción hormonal en peces salvajes maduros (Tachihara et al., 1993; Lazzari et al., 2000; Mazzola et al., 2000; Pastor et al., 2000; García et al., 2001; Mylonas et al., 2004). En los años 1989-1990 se realizó el proyecto JACUMAR; sobre localización, captura y engorde de alevines salvajes de seriola, en el que participaron técnicos e instalaciones de Cataluña, Murcia y Baleares, donde estabularon reproductores de seriola en jaulas y obtuvieron huevos mediante inducción hormonal, pero no tuvieron éxito en la obtención de alevines. En 1996 el IEO continuó con la investigación, capturando juveniles salvajes que se mantenían en cautividad, y después de 6 años, las existencias de población

reproductora desovaron de forma natural en la primavera-verano de 2002, consiguiendo el desove natural de esta especie sin inducción hormonal en las Islas Canarias (Jerez et al., 2006). Ahora se obtienen desoves anuales desde entonces, lo que ha permitido el desarrollo de varios estudios relacionados con la reproducción, el cultivo de larvas y destete, y actuaciones en el crecimiento de estas especies, como también la formación de un importante número de existencias de población reproductora nacidas en cautividad (Jerez et al., 2003a, 2003b, 2007a, 2007b, 2009a, 2009b).

En estos años, el sector de la acuicultura Europea ha mostrado un incremento en el interés y la demanda en especies de rápido crecimiento como la *Seriola dumerili*, considerando que este tipo de especies pueden mejorar la competitividad de las empresas de acuicultura. En cuanto a iniciativas comerciales con *Seriola dumerili* en España, se merece una especial mención a PROMAN S.L. (una compañía granadina) que alcanzó la reproducción de esta especie en cautividad, y la primera producción comercial de *Seriola dumerili* en Europa. En 2003 iniciaron los primeros ensayos con ejemplares salvajes para la obtención de huevos y su posterior continuación en el cultivo larvario; pero no fue hasta de 2008 que la empresa empezó a producir cerca de 30.000 alevines de *Seriola dumerili*, alcanzando en el año 2009 los 100.000 alevines. Para su investigación se basaron en algunos aspectos provenientes de los ensayos realizados en el IEO de Murcia (IEO: Grupo de investigación de acuicultura - Instituto Español de Oceanografía - Centro Oceanográfico de Mazarrón) donde engordaron juveniles de origen salvaje sin llegar a obtener alevines, pero a partir de 2003 consiguieron regularizar la reproducción (OESA, 2008; IPAC, 2009; mispeces.com, 2008, 2009, 2010a, 2010b). También hay que mencionar la contribución de la empresa Futuna Blue España S.L. (situada en el Puerto de Santa María) a la producción y venta de ejemplares de *Seriola dumerili*. A finales del año 2011 se realizaron los primeros ensayos de producción de alevines de *Seriola dumerili* consiguiendo por primera vez la cantidad de un millar de alevines de esta especie, que una vez superados los 500 gramos fueron distribuidos a acuarios e instituciones de investigación de toda España. En el año 2013, se pasaron a la producción industrial de la especie, siendo los resultados muy alentadores, al lograr efectuar las primeras ventas comerciales de la especie. Por otro lado se distribuyeron 12.000 ejemplares de 10-15 g a empresas mediterráneas con el objetivo de efectuar pruebas de engorde.

Los estudios respecto a los requerimientos nutricionales de *S. dumerili* son escasos, pero hay varios estudios en el efecto de diferentes formulaciones de dietas para especies del género *Seriola*, incluyendo *Seriola quinqueradiata*, *Seriola lalandi* y *Seriola dumerili* (Takii et al., 1990; Takeuchi et al., 1992; Masumoto et al., 1996; Jover et al., 1999; García-Gómez, 2000; Watanabe et al., 2000; Tomás et al., 2005; 2008; Miranda & Peet, 2008; Moran et al., 2009; Booth et al., 2010) y la mayoría de ellas están relacionadas con la optimización de los niveles proteicos, o en la sustitución de harinas de pescado por otras fuentes animales o vegetales. Se sabe que las especies del género *Seriola* necesitan niveles altos relativos de proteínas (45-55 %) en la alimentación para un máximo crecimiento, probablemente porque estas especies son altamente dependientes de las proteínas para crecer y obtener energía (Masumoto et al., 1998; Jover et al., 1999; Takakuwa et al., 2006; Tomás et al., 2008). Por lo tanto, la sustitución parcial de harinas de pescado es por consiguiente una importante e interesante cuestión para enfocarse en ella.

Investigaciones centradas en la viabilidad de fuentes alternativas de proteínas para *S. dumerili* tan sólo está limitado a tres trabajos, uno de ellos está conducido por algunos de los miembros del grupo de investigación donde se ha desarrollado el presente trabajo (UPV: Grupo de Investigación de Acuicultura y Biodiversidad –Universidad Politécnica de Valencia) que han analizado la viabilidad de la harina de soja (Tomás et al., 2005). Por el contrario, en *Seriola quinqueradiata* muchos estudios han sido conducidos para reducir el contenido de harinas de pescado en la alimentación de los peces con el objetivo de sustituir harinas de pescado caras por fuentes proteicas alternativas menos caras, al ser esta una de las especies más importantes de maricultura en Japón y al contener las dietas comerciales harinas de pescado en exceso con 500 g/kg, como fuente de proteína. En varios estudios se ha desarrollado con fuentes alternativas de proteínas sostenibles; harina de soja (Shimeno et al., 1992a,b, 1993b, 1997; Viyakarn et al., 1992; Watanabe et al., 1992), harina de gluten de maíz, harina de carne y huesos, harina de colza (Shimeno et al., 1993c), harina proteica de malta (Shimeno et al., 1994), y harina de plumas (Shimeno et al., 2000) y el uso combinado de varias harinas (Shimeno et al., 1993a,d, 1996; Watanabe et al., 1994, 1995; Aoki et al., 2000b; Hosokawa et al., 2001b). Por el resultado de estos estudios, no se puede concluir que el contenido de harina de pescado en la alimentación de *Seriola quinqueradiata* pueda ser reducido a 300 g/kg de la dieta utilizando fuentes proteicas alternativas (Watanabe et al., 1994; Aoki et al., 2000b), pero el resultado de sustituciones mayores de harina de pescado por proteínas alternativas provoca menores crecimientos y también el desarrollo de condiciones fisiológicas anormales, como puedan ser anemia y alteraciones a nivel hepático. Takagi et al. (2008) ha estado estudiando las causas de la actuación de este menor crecimiento y anomalías fisiológicas en relación con la concentración de los niveles de taurina, ya que este sulfoácido es rico en harinas de pescado y no está presente en las fuentes proteicas vegetales. Los niveles de taurina son considerados como un factor nutricional esencial en el mantenimiento de la normalidad en las condiciones fisiológicas de los peces, cuando se ha utilizado un pienso sin pescado (Maita et al., 2006; Takagi et al., 2006b). La alimentación sin harinas de pescado, o con cantidades muy pequeñas, ha sido estudiada en *Seriola quinqueradiata*, pero con un limitado éxito. Los peces alimentados con dietas sin harinas de pescado se alimentan activamente al principio y crecen de manera normal, pero después el crecimiento se estanca, y se presenta una gran mortalidad debido a infecciones bacterianas (Maita et al., 1998) y anomalías hepáticas (Maita et al., 1997). Además, peces alimentados sin harinas de pescado muestran anemia e hipercolesterolemia (Maita et al., 1997, 1998). Goto et al. (2001, 2007) observó que los suplementos de taurina en las dietas sin harina de pescado no sólo mejoraban el crecimiento y la utilización de la dieta, incrementando la actividad de las aminotransferasas, sino también reducía las alteraciones hepáticas, la hipercolesterolemia y la anemia. Considerando la similitud entre *Seriola dumerili* y *Seriola quinqueradiata*, los avances alcanzados en estas especies junto con la investigación sobre la sustitución de harina de pescado estudiado en otras especies carnívoras, puede ayudar a centrar esta investigación en estas especies tan prometedoras y espectaculares como es la *Seriola dumerili*.

Hay más estudios centralizados en los niveles de lípidos o en la sustitución de aceite de pescado en las especies del género *Seriola*. Se ha demostrado que el nivel alimenticio de proteínas para *Seriola quinqueradiata* puede disminuirse de un 50 a un 43% al incluir lípidos a más del 20% (Viyakarn et al., 1992) pero niveles más altos de lípidos (20, 25, 30 %) incrementa

la deposición de lípidos en todo el cuerpo de los juveniles (Satoh et al., 2004). En *S. dumerili*, utilizando piensos isoproteicos, e incrementando los niveles de lípidos de un 14 a un 17 % no afectó a los parámetros de crecimiento ni a la eficiencia alimentaria (García-Gómez, 2000), mientras que el incremento del nivel de lípidos dietarios, de un 13 a un 23 %, afectó negativamente a estos parámetros independientemente del nivel alimenticio de proteínas (42-53 %) (Takakuwa et al., 2006). En cuanto, a la parcial o total sustitución de aceite de pescado por aceite de oliva no tuvo ningún efecto negativo en el crecimiento de los juveniles de *Seriola quinqueradiata* después de 40 días de alimentación, sin embargo la composición de ácidos grasos en los músculos ventrales reflejó la composición de las diferentes dietas e hizo descender el n-3 HUFA (Seno et al., 2008). Aoki et al. (2000) también demostró que el crecimiento, la eficiencia del alimento y las condiciones fisiológicas no afectó a la sustitución de la harina y el aceite de pescado en un 50% en dietas experimentales con fuentes alternativas (vegetales y animales) de proteínas o lípidos.

No sólo en el caso de la seriola sino para la mayoría de las especies marinas, hay poca información sobre los efectos de una sustitución combinada de harina y aceite de pescado (Benedito-Palos et al., 2007, 2008; Torstensen et al., 2008; Fountoulaki et al., 2009; Dias et al., 2009; Olsvik et al., 2010) y sólo algunos estudios han abordado el tema de la calidad de las proteínas alimentarias en la modulación de los lípidos en el metabolismo del pez (Dias et al., 2005; Bouraoui et al., 2011) o con la influencia de la utilización de alternativas de recursos lipídicos en las proteínas. Sin embargo, darle importancia a las interacciones entre lípidos y proteínas, no sólo como fuente de energía, sino también en numerosos procesos fisiológicos en los niveles celulares, todos ellos involucrados en el mantenimiento de la homeostasis y la salud del animal, es esencial para evaluar el efecto de la sustitución inherente de las fuentes proteicas y lipídicas, en la actuación del crecimiento del pez y también en la composición corporal, utilización de nutrientes y salud del pez.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La continua expansión de la acuicultura y la decreciente disponibilidad mundial de harinas y aceites de pescado, ha obligado a la industria a explorar materias primas alternativas para los alimentos de peces. Actualmente las fuentes vegetales de proteína y lípidos se consideran ingredientes válidos, pero su inclusión en la dieta de los peces puede tener efectos adversos sobre el valor nutritivo del pescado para consumo humano, así como sobre el crecimiento y la salud de los peces, afectando la eficiencia de la producción. Por ello, recientemente se está realizando un gran esfuerzo en la búsqueda de fuentes de harinas y aceites vegetales y sus niveles óptimos de inclusión en la dieta de las distintas especies.

En los últimos años, la acuicultura española ha mostrado un descenso de los precios de venta de dorada y lubina, por lo que buscan un aumento del rendimiento económico de sus instalaciones. Una alternativa al aumento del beneficio económico de las piscifactorías es la diversificación de especies. En este sentido, se ha mostrado un gran interés en especies de rápido crecimiento como *Seriola dumerili*, considerando que este tipo de especies puede mejorar la competitividad de las empresas. Esta es una especie muy prometedora para la

acuicultura por la excelente calidad de su carne, su alta demanda y precio de mercado y su rápido crecimiento en condiciones de cultivo. Sin embargo, los estudios nutricionales en *S. dumerili* son escasos y los pocos trabajos sobre el uso de fuentes alternativas para las dietas se centran únicamente en la sustitución de harinas de pescado.

Por ello, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de sustitución de la harina de pescado y aceite de pescado por una mezcla de fuentes proteicas y aceites vegetales, respectivamente que simulen el perfil de aminoácidos de la harina de pescado, en el crecimiento y parámetros nutritivos de la seriola (*S. dumerili*).

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

La parte experimental del presente proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de acuicultura, del departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de València, el cual consta de diferentes líneas para llevar a cabo varias pruebas de crecimiento simultaneas, detallándose a continuación la línea 2, utilizada en esta prueba.

3.1. TANQUES.

La línea 2 del laboratorio está formada por 18 tanques de fibra de vidrio, de forma cilíndrica, con una capacidad de 1750 litros cada uno (Figura 3). Los tanques se distribuyen en una fila doble, con soportes para la red de agua, desagüe, aireación y oxigenación.

Cada tratamiento de dieta de sustitución de dicho experimento se estudió por triplicado, por lo que había 3 tanques por cada uno.

Los tanques estaban numerados de la siguiente forma: 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7, 2-8, 2-9, 2-10, 2-11, 2-12, 2-13, 2-14, 2-15, 2-16, 2-17 y 2-19. El primer número antes del guion corresponde a que son tanques que pertenecen a la línea 2, y el siguiente número es el número de cada tanque.



Figura 3. Detalle de los tanques cilíndricos de la línea 2 del LAC.

3.2. SISTEMA DE BOMBEO.

La línea 2 presenta un circuito hidráulico de grandes dimensiones, por lo que es necesaria la instalación de una serie de bombas (en concreto tres) (Figura 4) para impulsar el agua del aljibe. Estas bombas tienen un caudal de 48-114 m³/h y una potencia de 5,5 Kw cada una.

Están provistas de una válvula de pie al final del tubo de aspiración, evitando que el aire entre en su interior.

Las tres bombas que componen la instalación, son:

- **Bomba nº 1:** es la encargada de impulsar el agua a los distintos tanques de la misma, conduciéndola al biofiltro.
- **Bomba nº 2:** se encarga de impulsar el agua que ya ha pasado por el biofiltro, y la conduce de nuevo a los tanques.
- **Bomba nº 3:** es una bomba de reserva que funciona en caso de que alguna de las anteriores no lo hiciese correctamente.



Figura 4. Sistema de bombeo.

Por otro lado, el sistema presenta una bomba específica de calor/frío, que se encarga de mantener la temperatura constante sea cual sea la del exterior, con el fin de conseguir unas condiciones óptimas para los peces.

3.3. SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUA.

3.3.1. Filtro mecánico.

El tipo de filtro utilizado es un filtro rotatorio de tambor (Figura 5). Es el filtro más eficaz para las instalaciones de circuito cerrado. Es imprescindible que sea el primer elemento del circuito para evitar que las partículas obstruyan la bomba. Este filtro actúa reteniendo las partículas sólidas que se encuentran suspendidas en el agua.



Figura 5. Filtro rotatorio de tambor.

Las partículas retenidas en la malla que compone dicho filtro, son eliminadas mediante un dispositivo de limpieza formado por un chorro a presión de agua dulce.

3.3.2. Biofiltro.

El biofiltro es un elemento indispensable en las instalaciones de circuito cerrado, ya que su misión es reducir la concentración de amonio en el agua, procedente de las excreciones metabólicas de los peces y de la descomposición de materia orgánica nitrogenada de origen fecal y partículas de pienso no ingeridas. Este elemento sirve de soporte a las poblaciones de bacterias que se encargan de la depuración biológica del agua. Estas colonias de bacterias oxidan los compuestos nitrogenados contenidos en el agua.

Las bacterias que oxidan el amonio y lo transforman en nitrito (tóxico), pertenecen al género *Nitrosomonas sp.* Las que realizan la segunda parte del proceso, oxidando los nitritos a nitratos, pertenecen al género *Nitrobacter sp.* Éste es inocuo para los peces.

3.4. SISTEMA DE CANALIZACIÓN DE AGUA.

3.4.1. Canaletas.

La red de canaletas que recorre la instalación está diseñada para conducir el agua que se vierte desde los distintos tanques al filtro rotatorio.

En ellas se adiciona bicarbonato al agua, con el objetivo de aumentar el pH que se acidifica debido al proceso de nitrificación.

Desde las canaletas, también se controla la salinidad del agua, añadiendo agua dulce cuando este parámetro aumenta. Las canaletas son de hormigón y están situadas a ras de suelo y protegidas por rejillas (Figura 6).

3.4.2. Tuberías.

Las distintas tuberías que encontramos en la instalación (Figura 6) son de diámetros variados, dependiendo de su función. Pueden estar fabricadas en distintos materiales, principalmente de PVC, polietileno o polipropileno. Son las encargadas de recoger el agua que proviene del biofiltro, que ya está limpia, oxigenada y sin amoníaco disuelto, para conducirla de nuevo a los tanques.



Figura 6. Detalle de canaleta (izq.) y de tuberías (dcha.) de la instalación.

3.4.3. Sistema de aireación.

Este sistema consiste en la inyección de aire en la masa de agua en forma de burbujas, de tal forma que el oxígeno contenido en ellas pasa al agua por difusión. El aire es impulsado por una bomba electrosoplante. Ésta se encuentra en el exterior, tomando el aire, filtrándolo e introduciéndolo en el sistema por medio de una goma porosa.



Figura 7. Detalle de la red de tuberías del sistema de aireación en los tanques.

3.4.4. Sistema de emergencia.

Este sistema es importante en el laboratorio, ya que en caso de detectar algún fallo en la instalación, podría corregirse a tiempo sin producirse grandes pérdidas.

Los elementos que forman parte de este sistema se ponen en funcionamiento automáticamente en caso de producirse un corte en el suministro eléctrico de la instalación. Estos son:

- **Avisador telefónico:** conectado a distintos números que comunican con el técnico responsable de la instalación, en caso de emergencia.
- **Generador eléctrico:** se encarga de suministrar energía a las diferentes bombas del sistema, en caso de fallo eléctrico.
- **Grupo de electroválvulas de oxígeno:** permiten el paso de oxígeno a los distintos tanques, cuando el sistema principal de aireación falla.
- **Botellas de oxígeno:** se encuentran fuera de la nave principal, en una zona protegida.
- **Juego de electrosoplantes de reserva.**

5. DISEÑO EXPERIMENTAL.

5.1. PECES.

El experimento se inició el día 13 de enero de 2014, tras un periodo de adaptación de los peces de aproximadamente un mes a la instalación y a los piensos experimentales. Para ello se contó con 347 seriolas de unos 30 g que procedían de la empresa Futuna Blue S.A. (Cádiz).

Las dietas se ensayaron por triplicado, con seis piensos distintos (uno control y los otros cinco variando los porcentajes de sustitución de la harina o del aceite de pescado). La alimentación se realizó a saciedad aparente de manera manual, dos veces al día (una por la mañana a las 9 horas y otra por la tarde a las 16 horas), seis días a la semana, aunque los sábados se alimentó mediante una única toma matinal. El domingo ayunaban.

La alimentación se realizó de manera lenta y dosificada con el objetivo de que la ingesta fuera apropiada y para asegurar que todo el pienso era ingerido.

Los botes de pienso se pesaron al final de cada jornada para conocer la ingesta diaria de cada tanque, y anotado el peso de cada uno en un estadillo para llevar el control del mismo. Cuando era necesario, se rellenaba el bote de cada uno de los piensos del estudio, pesando antes de ello el bote y, después del relleno, vuelto a pesar y anotado.

El estudio se prolongó durante 6 meses (concretamente 154 días), hasta que el peso de las seriolas fue de un peso comercial (350 - 400 g).

El crecimiento se controló mediante muestreos mensuales, que solían hacerse el día después del ayuno (domingo), ya que para realizarlos, los peces tenían que estar sin ingerir alimento un día entero. En cada muestreo se pesaban todos los ejemplares, empleando esencia de clavo como anestésico, facilitando así el manejo de los animales.

Al inicio de la prueba se congelaron cinco peces enteros para hacer las retenciones y al final de la prueba, se reservaron 6 peces de cada tanque, que sirvieron como muestras finales del experimento, 3 peces por cada tanque para realizar las biometrías y retenciones, y otros tres para análisis enzimáticos, histológicos, sanguíneos y de microbiota, aunque estos últimos análisis no han podido realizarse a tiempo para la redacción del presente proyecto.

A continuación, se hace un resumen de los datos del experimento (Tabla 2).

Tabla 2. Datos del experimento.

EXPERIMENTO	
Peso inicial (g)	30
Total individuos	342
Individuos por tanque	19
Sistema experimental	18 tanques de 1750 l, con sistema de recirculación de agua
Tipos de pienso	FM0, FM33, FM66, FO33, FO66, FM100
Alimentación	2 veces al día, alimentación manual
Réplicas	3
Duración (días)	154
Muestreos	Cada 28 días aproximadamente

5.2. PIENSOS EXPERIMENTALES.

Todos los piensos experimentales utilizados en este trabajo fueron elaborados mediante un proceso de cocción–extrusión en la fábrica de piensos del Departamento de Ciencia Animal de la *Universitat Politècnica de València*. Para ello se empleó un extruder semi-industrial de la casa *Clextral* modelo BC45 (Figura 8).



Figura 8. Extruder semi-industrial. Modelo BC45.

Se fabricaron seis piensos con distintos niveles de sustitución de harina y aceite de pescado. Los ingredientes utilizados en los piensos experimentales así como su composición proximal podemos verlos en la Tabla 3. El pienso FM 100 o pienso control contiene como única fuente proteica y lipídica, harina y aceite de pescado, respectivamente. Respecto a los piensos FO (FO 66 y FO 33), se ha sustituido el 33 y el 66% del aceite de pescado por una mezcla de aceites de linaza y palma. Y en cuanto a los FM (FM 66, FM 33 y FM 0), se ha sustituido la harina de pescado en un 33, 66 y 100% por una mezcla de ingredientes vegetales y animales (gluten de trigo, gluten de maíz, krill desengrasado y harina de carne), en función de los resultados de la prueba previa de digestibilidad. Las dietas se diseñaron con el fin de tener una proteína digestible del 50% y una grasa bruta del 14%.

Tabla 3. Ingredientes y composición proximal de las dietas experimentales (g/kg de muestra).

Pienso	FM100	FO66	FO33	FM66	FM33	FM0
Ingredientes						
Harina de pescado	525	525	525	350	175	0
Trigo	235	235	235	108	43	0
Gluten de trigo	130	130	130	130	140	180
Gluten de maíz				100	100	100
Krill desengrasado				120	230	345
Harina de carne				80	198	250
Aceite de linaza		9	18			
Aceite de pescado	90	45	0	92	88	95
Aceite de palma		36	72			
Metionina					3	5
Lisina					3	5
Complejo vitamínico-mineral ¹	20	20	20	20	20	20
Composición						
MS (%)	93,7	93,7	93,7	93,5	93,9	93,5
PB(%ms)	51,6	51,6	51,6	56,4	63,9	69,2
PD(%ms)	49,5	49,5	49,5	50	50,2	50,2
GB(%ms)	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,5

¹Vitaminas: A: 10000 UI/kg; D3: 3000 UI/kg; E: 120 mg; K3: 10 mg; B1: 25 mg; B2: 25 mg; B6: 16,5 mg; B12: 0,03 mg; H: 0,76 mg; Ácido Pantoténico: 80 mg; Ácido Nicotínico: 150 mg; Ácido Fólico: 7,5 mg; Inositol: 75 mg

Los piensos se fabricaron mezclando individualmente cada uno de los componentes secos (harinas, aceites, vitaminas y aglutinante). Se realizó un premezclado de todos, exceptuando los aceites para evitar que se formasen grumos. Posteriormente, se procedió a la

introducción de todos los ingredientes en una mezcladora durante 20 minutos, donde se adicionaron los aceites cuando todos los ingredientes ya estaban mezclados.

Por último, el pienso fue extrusionado a condiciones de velocidad, presión y temperatura determinadas, las cuales son 100 r.p.m., 40-50 atm y 100-110 °C respectivamente, con un tamaño del pellet de 3,4 o 6 mm dependiendo del tamaño de los peces.

5.3. RUTINA DE TRABAJO.

Con la finalidad de conseguir que todo funcione correctamente y que la calidad del agua no se deteriore y sea la adecuada para el desarrollo de los peces, se realizaron una serie de controles.

5.3.1. Revisión general de la instalación.

Diariamente se comprobó el normal funcionamiento de todos los equipos y elementos del laboratorio. Se revisó el nivel de agua de la canaleta principal y del aljibe, el correcto funcionamiento del filtro rotatorio, del sistema de bombeo y del sistema de aireación, así como las entradas y salidas de agua de los tanques.

También se registraba la mortalidad (si se producía) en un estadillo, en donde era anotado el tanque al que correspondía cada pez, así como su peso.

5.3.2. Alimentación de peces.

Se alimentaban dos veces al día, una toma por la mañana y otra por la tarde, de forma manual. Una vez realizada para evitar que se estresaran los peces y no ingiriesen alimento, se retiraban los que habían muerto con la ayuda de un salabre. De tal forma que, tras su retirada del tanque, eran pesados y anotados en un estadillo el tanque al que pertenecían y su peso.

5.3.3. Control de calidad del agua. Parámetros físico-químicos.

Diariamente, se comprobaba la concentración de oxígeno y temperatura del agua, y anotado todo ello en un estadillo para su control. Estos dos parámetros se midieron con un oxímetro portátil o sonda (*OxyGuard Handy Polaris*) (Figura 9). Se introducía la sonda en el tanque y el aparato procedía a realizar la medición, devolviendo los resultados de concentración de oxígeno disuelto (mg/l) y temperatura (°C), en la pantalla que lleva incorporada.



Figura 9. Oxímetro portátil o sonda (OxyGuard Handy Polaris).

Cada dos o tres días, se procedía a medir la salinidad, mediante un refractómetro (*Hanna Instruments*) (Figura 10); el pH, con tiras de papel tornasol y las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos, mediante test colorímetro (*MERCK*) (Figura 11).



Figura 10. Refractómetro (Hanna Instruments).



Figura 11. Tiras de papel tornasol para medida de pH (izq.) y test colorímetro para concentración de amonio, nitratos y nitritos (MERCK) (dcha).

En la siguiente tabla se muestran los valores medios de los parámetros físico-químicos del agua medidos durante el experimento:

Tabla 4. Valores medios de los parámetros físico-químicos medidos durante la fase experimental.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	
Temperatura (°C)	22,6
Oxígeno (mg/l)	5,7
pH	7,4
Salinidad (‰)	32,32
Amonio (mg/l)	0,2
Nitritos (mg/l)	0,5
Nitratos (mg/l)	106,8

5.3.4. Control de crecimiento.

Mensualmente se realizó un control de peso (muestreo) para conocer la evolución del crecimiento de los animales. Para ello, los peces ayunaron las 24 horas anteriores al control.

Se extrajeron todos los peces correspondientes a un mismo tanque (Figura 12), vaciando el tanque para facilitar su captura, se aprovecha el vacío para limpiar los tanques. Seguidamente se colocaron en cubos llenos de agua a los que se añadió esencia de clavo (anestésico) que facilitó el manejo de los animales (Figura 13).

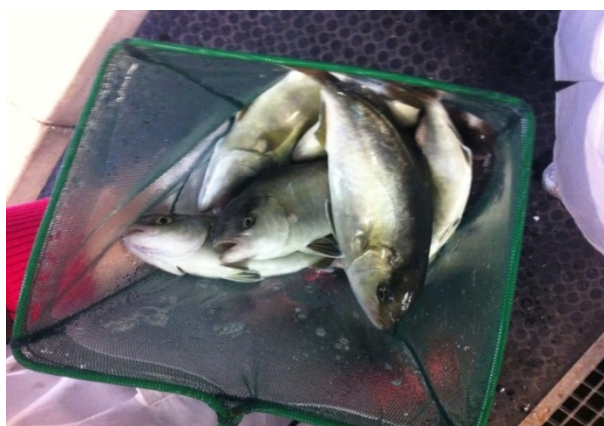


Figura 12. Extracción de los peces.



Figura 13. Cubos con esencia de clavo.

Durante los muestreos realizados al inicio y final del experimento, se pesaron individualmente (Figura 14) mientras que, en el resto, se pesaron entre 2-5 peces, dependiendo del tamaño (Figura 15). Una vez pesados, los peces se devolvieron a sus correspondientes tanques.



Figura 14. Pesados individuales al inicio y al final del experimento.



Figura 15. Pesado en grupos de 2-5 dependiendo del tamaño.

Los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva expuestos en el presente trabajo se obtuvieron mediante las siguientes expresiones:

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

$$TCI = \frac{\ln \text{Peso final (g)} - \ln \text{Peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}} \times 100$$

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

$$TAD = \left(\frac{\text{Ingesta total (g)}}{\text{Biomasa media (g)} \times \text{Tiempo (días)}} \right) \times 100$$

- **Coficiente de eficacia de crecimiento (CEC), (g pez / g proteína ingerida):**

$$CEC = \frac{\text{Incremento de biomasa (g)}}{\text{Proteína ingerida (g)}}$$

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

$$ICA = \frac{\text{Ingesta total (g)}}{\text{Incremento de biomasa (g)}}$$

5.3.5. Controles finales. Biometrías e índices biométricos.

Al final del experimento, se tomaron al azar seis seriolas de cada tanque. De éstas, 3 se reservaron para los análisis biométricos posteriores que determinarían las características fisiológicas y parámetros corporales de la seriola. Para ello, se procedió a la disección de los peces, realizando una incisión desde el ano hasta la hendidura branquial.

Los parámetros que fueron medidos durante la realización de los análisis biométricos de los peces se detallan a continuación:

- **Longitud total (cm):** medida desde el extremo de la mandíbula hasta el extremo de los radios de la aleta caudal.
- **Peso total (g):** peso individual de cada animal entero, tras su sacrificio.
- **Peso de la canal (g):** peso individual de cada animal tras haberle extraído todo el contenido visceral.
- **Peso visceral (g):** peso del contenido visceral del animal (hígado, digestivo, grasa visceral, corazón, gónadas y bazo).
- **Peso del hígado (g):** peso del hígado entero y la vesícula biliar.

Realizadas las biometrías y conocidos todos los parámetros anteriores, se procedió al cálculo de los índices biométricos, obtenidos mediante las siguientes expresiones:

- **Factor de condición (FC):**

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

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

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

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

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

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

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

5.4. ANÁLISIS QUÍMICOS.

Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de la Unidad de Alimentación del Departamento de Ciencia Animal de la *Universitat Politècnica de València*. Se realizaron análisis de macronutrientes de los piensos utilizados para la prueba.

Cada análisis se realizó por triplicado para asegurar la veracidad de los resultados. Las muestras se colocaron en botes rotulados, identificando el tanque y el tratamiento que recibía cada pez. Su conservación durante el periodo de análisis fue en un refrigerador a 4-5°C.

A continuación se explican los procedimientos empleados para el análisis de la materia seca, las cenizas, la grasa bruta y la proteína bruta (para éstos últimos análisis se liofilizó la muestra).

5.4.1. Determinación de materia seca.

- **Material:**
 - Balanza de precisión 0,0001 g.
 - Crisoles de porcelana.
 - Desecador de silica-gel.
 - Estufa de desecación (Figura 16).
 - Pinzas metálicas.



Figura 16. Estufa de desecación.

- **Procedimiento :**

- Deshidratación de los crisoles en estufa a 105°C durante 10-12 horas.
- Enfriamiento en desecador y posterior pesada (A).
- Colocar 2,5 g de muestra y pesar el crisol con la muestra (B).
- Deshidratación en estufa durante 24 horas.
- Sacar de la estufa, enfriamiento en desecador y pesada (C).

- **Cálculos:**

A = Peso crisol.

B = Peso crisol más muestra húmeda.

C = Peso crisol más muestra desecada.

$$\% \text{ MATERIA SECA} = \left(\frac{C-A}{B-A} \right) \times 100$$

5.4.2. Determinación de cenizas.

Las cenizas son el residuo sobrante después de calcinar la sustancia hasta peso constante.

- **Material:**

- Balanza de precisión 0,0001 g.
- Crisoles de porcelana.
- Desecador de cloruro cálcico.
- Estufa de desecación.
- Mufla de incineración.
- Pinzas metálicas.
- Placa calefactora en campana de humos (Figura 17).



Figura 17. Placa calefactora en campana de humos con crisoles.

- **Procedimiento:**

- Una vez obtenido el % de Materia Seca que contiene la muestra, se realiza una precombustión en la placa calefactora hasta que cese la emisión de humos unos 15-20 minutos.
- Llevar a la mufla y calcinar a 550°C durante 5 horas.
- Sacar de la mufla y dejar enfriar en el desecador y pesar de nuevo (D).

- **Cálculos:**

A = Peso crisol.

B = Peso crisol más muestra húmeda.

D = Peso crisol con las cenizas.

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(D-A) \times 100}{B-A}$$

5.4.3. Determinación de proteína bruta.

La determinación cuantitativa de proteína bruta, se realiza siguiendo la técnica analítica basada en el método *Kjeldhal*.

- **Material:**

- Analizador semiautomático de la marca *Tecator*, compuesto por una unidad de digestión (modelo 1005), con capacidad para digerir 20 muestras simultáneamente, con una unidad de destilación *Kjeltec System* (modelo 1003) (Figura 18).
- Balanza de precisión 0,0001 g.
- Papel de filtro o de fumar.
- Tubos de digestión.



Figura 18. Unidad de destilación Kjeltec System (modelo 1003).

- **Reactivos:**

- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado 96%.
- Catalizador: sulfato de potasio (K_2SO_4) + sulfato de cobre (II) ($CuSO_4$) + selenio (Se), en proporción 16:4:1.
- Solución alcalina: hidróxido de sodio (NaOH) al 40% en 5 l de agua.
- Solución receptora (5 l):
 - 50 g de ácido bórico (H_3BO_3).
 - 50 ml de solución verde de bromocresol ($C_{21}H_{14}Br_4O_5S$) al 0,1%.
 - 35 ml de solución rojo de metilo ($C_{15}H_{15}N_3O_2$) al 0,1%.
- Solución valorante: ácido clorhídrico (HCl) 0,1 N, de factor 1.
- Agua del generador de vapor: añadir 2,5 g de sulfato anhidro por cada 5 l de agua destilada.

- **Procedimiento:**

El análisis se realiza por triplicado y se prepara un blanco (análisis únicamente del papel).

- Digestión:

- Pesar medio gramo de muestra sobre el papel (A), envolverla, y depositarla en el fondo de un tubo de digestión.
- Añadir 1 tableta de catalizador y 15 ml de ácido sulfúrico.
- Introducir los tubos en el digestor a 420°C durante 1 hora, hasta que éstos alcancen un color verde claro.
- Dejar enfriar y añadir 50 ml de agua destilada a cada tubo.

- Destilación:

- Colocar el tubo en la unidad de destilación.
- Se produce una descarga automática de 50 ml de hidróxido de sodio, el cual transforma el amonio en amoniaco.
- El destilado de amoniaco va pasando a un frasco con 25 ml de una solución de ácido bórico al 1%, adicionada de un indicador.
- La valoración se realiza automáticamente con ácido clorhídrico 0,1 N, de factor conocido. Su resultado se presenta como ml gastados (B), habiendo sido descontados los gastados para el blanco.

- **Cálculos:**

A = Peso de la muestra en seco.

B = Mililitros gastados de HCl (valor leído en pantalla).

f = factor de HCl.

$$\% \text{ PROTEÍNA BRUTA} = \frac{B \times 0,1 \times f \times 14 \times 0,001 \times 6,25 \times 100}{A = B \times \frac{0,875}{A}}$$

5.4.4. Determinación de grasa bruta.

Desde el punto de vista de la analítica de piensos, se entiende por grasa bruta el residuo que queda después de evaporar a 100°C el extracto etéreo total obtenido de la muestra.

- **Material:**

- Aparato extractor *Soxtec* (Figura 19).
- Balanza de precisión 0,0001 g.
- Cartuchos de extracción de porcelana.
- Cazos de recogida.
- Desecador de cloruro cálcico.
- Estufa de desecación.



Figura 19. Sistema extractor Soxtec.

- **Reactivos:**

- Éter etílico (C₂H₅)₂₀.

- **Procedimiento:**

- Conectar el aparato y abrir la refrigeración.
- Pesar 1-1,5 g de muestra (A) en un cartucho de porcelana y colocarlo en el extractor.

- Colocar en la parte inferior, bajo los cartuchos, los vasos metálicos, previamente secados y pesados (B) y habiéndoles añadido 40 ml del reactivo empleado.
- Bajada de la palanca quedando los vasos acoplados.
- Con las llaves cerradas, esperamos a la subida del reactivo.
- Posteriormente se abren las llaves y se mantiene en la posición de *boiling* (hirviendo) 30 minutos.
- Pasado el periodo de ebullición, se cambia a la posición de *rising* (escurrir) durante 60 minutos.
- Pasado el periodo de escurrido, se cierran las llaves para recuperar el solvente y finalmente se conecta el aire junto con la palanca de evaporación.
- Levantar la palanca, sacar los vasos receptores y secarlos en estufa durante dos horas.
- Enfriar en desecador y pesar el vaso receptor con el extracto (C).

- **Cálculos:**

A = Peso de la muestra.

B = Peso del vaso receptor.

C = Peso del vaso receptor con el extracto.

$$\% \text{ GRASA BRUTA} = \frac{(C-B) \times 100}{A}$$

5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los análisis estadísticos de este trabajo se realizaron con el programa estadístico *StatGraphics Plus 5.1* (Copyright 1994 -2001, Statistical Graphics Corp.).

Para hallar las diferencias estadísticas entre las variables de los diferentes tratamientos aplicados en el experimento, se hizo un análisis de varianza multivariante. Los resultados se expresaron como la media más/menos el error estándar de la media, indicándose con una n, el número de observaciones.

En las variables de crecimiento, TCI y peso medio final, se empleó como covariable (eliminación de la variedad causada en la variable de interés (variable dependiente) por la influencia de una o más variables cuantitativas (covariables) el peso medio inicial. La inferencia se realizó con un riesgo de primera especie de 0,05, correspondiente a un intervalo de confianza del 95%.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1. BIOMETRÍAS.

En las Tablas 5 y 6 se presentan los índices biométricos de las seriolas alimentadas con las dietas en las que la harina de pescado se sustituyó por una mezcla vegetal y animal al final del experimento, obtenidos a partir de nueve individuos por cada dieta, tres por tanque. No se han encontrado diferencias significativas en ninguno de los parámetros biométricos calculados en función de la dieta.

Tabla 5. Efecto de las dietas con diferentes fuentes proteicas sobre los parámetros biométricos de la seriola al final de la prueba.

	FM100	FM66	FM33	FMO	ESM
FC	1,37	1,44	1,47	1,37	0,06
IVS	4,32	4,86	5,15	5,87	0,23
IHS	0,87	1,05	1,02	1,22	0,11
IGV	0,18	0,14	0,09	0,03	0,05

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, p-value<0,05 (n=9)

Factor de condición (cm), FC = $\text{Peso total (g)} * 100 / \text{Longitud total}^3$; Índice viscerosomático (%),

IVS = $\text{Peso total vísceras (g)} * 100 / \text{Peso total (g)}$; Índice hepatosomático (%), IHS = $\text{Peso hígado (g)} * 100 / \text{Peso total (g)}$;

Índice de grasa visceral (%), IGV = $\text{Peso grasa visceral (g)} * 100 / \text{Peso total (g)}$

El factor de condición (FC), este índice expresa la relación volumétrica en función del peso, no encontrando diferencias entre los distintos piensos con diferentes fuentes proteicas.

El índice viscerosomático (IVS), establece la relación de las vísceras respecto al peso total, parece que haya una regresión a medida que la sustitución de harina de pescado es mayor, el IVS también es mayor, aunque como vemos en la tabla sin diferencias estadísticas. En el caso de la dorada (7 %), la lubina (10 %) y la corvina (9 %) de tamaño comercial, son realmente más elevados.

En el caso del índice hepatosomático (IHS), que representa una aproximación del tamaño relativo del hígado; se observa, aunque no de manera significativa, que su proporción va en función del porcentaje de sustitución, siendo mayor en el 100 % de sustitución y menor en la dieta control.

Por otra parte el índice de grasa visceral (IGV), presenta unos niveles muy bajos en general, sobre todo si comparamos con las especies de acuicultura de mayor venta en el mercado español como son la dorada (2,6 %), la lubina (5,5 %) o la corvina (4 %) lo que podría explicarse como un mayor aprovechamiento de la canal de la seriola.

Tabla 6. Efecto de las dietas con diferentes fuentes lipídicas sobre los parámetros biométricos de la seriola al final de la prueba.

	FM100	FO66	FO33	ESM
FC	1,37	1,30	1,28	0,06
IVS	4,32	4,18	4,33	0,26
IHS	0,86	0,78	0,84	0,05
IGV	0,18	0,06	0,10	0,05

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, p-value<0,05 (n=9)

Factor de condición (cm), FC = Peso total (g) *100 / Longitud total³; Índice viscerosomático (%),

IVS = Peso total vísceras (g) * 100 / Peso total (g); Índice hepatosomático (%), IHS = Peso hígado (g) *100 / Peso total (g);

Índice de grasa visceral (%), IGV = Peso grasa visceral (g) * 100 / Peso total (g).

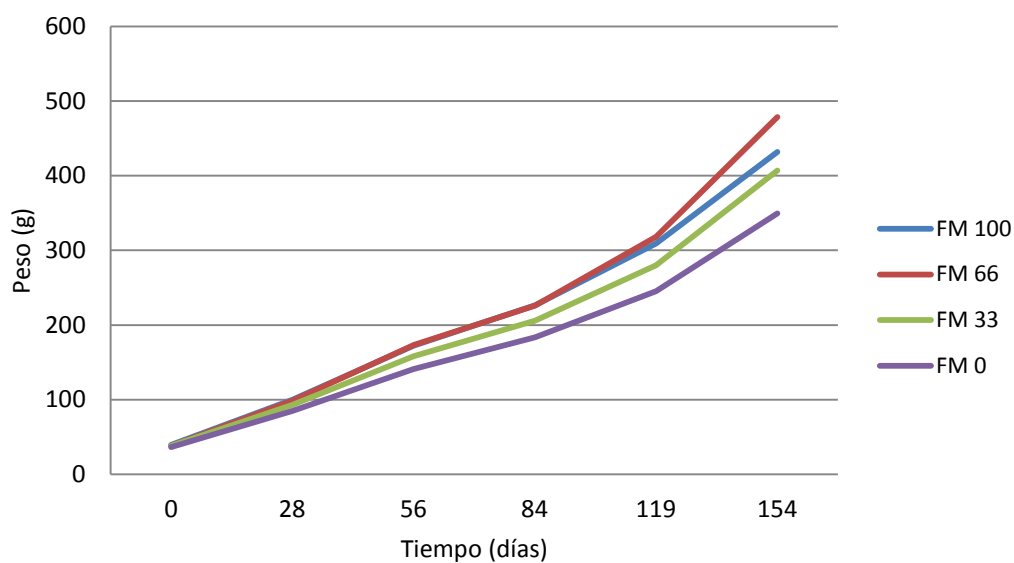
No hay diferencias significativas en ninguno de los parámetros biométricos estudiados en función de la fuente lipídica utilizada para la formulación de los piensos.

6.2. CRECIMIENTO.

En las Figuras 20 y 21 se observa la evolución del peso medio de las seriolas alimentadas con los piensos con diferentes fuentes proteicas y lipídicas a lo largo del ensayo.

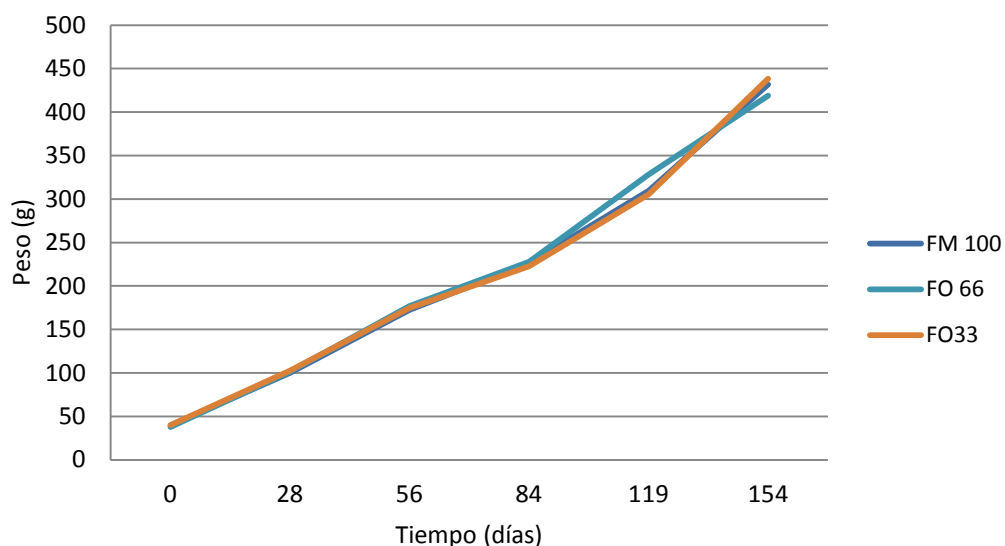
Podemos ver que en las seriolas alimentadas con los piensos con la mezcla proteica vegetal y animal (Figura 20), presentan diferencias en el peso medio a partir de los 28 días, siendo más pronunciadas a medida que se continuaba con el experimento. Al final podemos observar que el crecimiento de los peces alimentados con las dietas FM 33 y FM0 es ligeramente menor que la dieta control (FM 100), en cambio, la dieta FM 66 tiene mejores crecimientos que la FM 100.

Figura 20. Evolución del peso medio de las seriolas alimentados con los piensos en los que la harina de pescado se sustituye por una mezcla vegetal y animal.



Mientras que el crecimiento de las seriolas alimentadas con los piensos en los que el aceite de pescado se sustituye por una mezcla de aceite de palma y de linaza (Figura 21), el crecimiento es muy similar a lo largo de todo el ensayo.

Figura 21. Evolución del peso medio de las seriolas alimentados con los piensos en los que el aceite de pescado se sustituye por una mezcla de aceites vegetales.



En la Tablas 7 y 8, se indican los parámetros de crecimiento dependiendo de las diferentes dietas, con los distintos tipos y niveles de sustitución.

Tabla 7. Efecto de la sustitución de la harina de pescado en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la seriola.

	FM100	FM66	FM33	FM0	ESM
PI	39,6	38,1	38,1	36,6	2,6
PF	423	478	407	358	43
TCI	1,56	1,64	1,53	1,44	0,07
ICA	1,92ab	1,87ab	2,08a	1,43b	0,14
TAD	1,93ab	1,90ab	2,04a	1,48b	0,12
CEC	1,16a	1,20a	1,09a	1,56b	0,09
M	22	20	20	76	6

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, p-value<0,05 (n=3)

Covariable: Peso medio inicial (g)

PI, Peso medio final (g); PF; Tasa de Crecimiento Instantáneo (% día⁻¹), TCI, tasa de crecimiento instantáneo= 100 x ln (peso final / peso inicial) / días; Índice de conversión del Alimento, ICA = ingesta total del pienso (g) / incremento de la biomasa (g); Tasa de Alimentación Diaria (g 100 g Pez⁻¹ día⁻¹), TAD = 100 x ingesta total (g) / biomasa media (g) x día, Coeficiente de eficacia de crecimiento (g pez / g proteína ingerida), CEC = Incremento en la biomasa (g)/Proteína ingerida (g); Mortalidad (%) = M.

La dieta con resultados más parecidos a la dieta control (FM 100) es la FM 66 obteniendo muy buenos resultados en los parámetros de crecimiento, en el peso final y el TCI, superando en ocasiones al FM 100. Aunque realmente no se encontraron diferencias significativas de crecimiento entre las cuatro dietas, esto fue posiblemente debido a la gran dispersión de medias en algunos de los tratamientos de la prueba. Sobre todo en los tanques alimentados con las dietas FM 0 y FM 33.

También se puede observar que en lo referente a los parámetros nutritivos, tanto el ICA, TAD y CEC presentaron diferencias significativas entre las dietas de sustitución proteica, siendo los peces alimentados con la dieta FM 0 con los que hubo una menor ingesta, lo que provocó posiblemente el menor crecimiento. La posible causa de esto sería una menor palatabilidad del pienso, aunque esto no se confirmaría con las tasa de alimentación obtenida con la dieta FM 33.

Respecto al ICA sólo se encontraron diferencias entre el FM 33 y el FM 0, siendo menor en este último caso, nuevamente como consecuencia de la menor ingesta.

Aunque la dieta del FM 0 no presenta diferencias significativas en el peso final ni en el TCI, presenta un porcentaje de mortalidad de un 76 %. Esto fue como consecuencia de la aparición en el laboratorio (como consecuencia de un cambio de agua) de una enfermedad

denominada epitelyocistis. Su afección fue mayor en los peces más débiles, sobre todo los peces que estaban consumiendo la dieta FM 0. Esta enfermedad está provocada por procariotas intracelulares del orden de las Chlamydiales que afecta las branquias o en menor medida a las pseudobranquias, la mucosa del tracto digestivo o la piel; de forma externa aparecen quistes, nódulos blanco-amarillentos, que corresponden a células epiteliales hipertrofiadas.

En casos de hiperinfección, se produce la fusión de las laminillas respiratorias adyacentes impidiendo respirar, provocando la muerte por asfixia, en los peores casos aparece en asociación con parásitos monogénidos o trematodos digénicos branquiales.

En otras especies, las sustituciones de harinas de pescado por otras fuentes proteicas alternativas no han obtenido sustituciones totales en la gran mayoría de los casos, sin afectar al crecimiento, parámetros nutritivos o mortalidad, como es el caso de De Francesco et al. (2007); Dias et al. (2009) y Sánchez-Lozano et al. (2009) en dorada, que consiguieron los mejores resultados, a partir de mezclas, con inclusiones del 50-75%, con sólo 130-200 g/kg harina de pescado. A pesar de que sí existen ya otros en los que sí se han conseguido (Tomás et al., 2011 y Kissil & Lupatch, 2004) el 100% de sustitución, aunque con dietas enriquecidas con un alto porcentaje de aminoácidos sintéticos, lo cual las hace inviables económicamente.

Tabla 8. Efecto de la sustitución del aceite de pescado en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la seriola.

	FM100	FO66	FO33	ESM
PI	39,6	37,9	40,2	1,6
PF	429	427	432	13
TCI	1,56	1,55	1,55	0,02
ICA	1,92	2,04	1,83	0,10
TAD	1,93	2,04	1,85	0,09
CEC	1,16	1,10	1,21	0,06
M	22	20	29	5

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, p-value<0,05 (n=3)

Covariable: Peso medio inicial (g)

PI, Peso medio final (g); PF; Tasa de Crecimiento Instantáneo (% día⁻¹), TCI, tasa de crecimiento instantáneo= 100 x ln (peso final / peso inicial) / días; Índice de conversión del Alimento, ICA = ingesta total del pienso (g) / incremento de la biomasa (g); Tasa de Alimentación Diaria (g 100 g Pez⁻¹ día⁻¹), TAD = 100 x ingesta total (g) / biomasa media (g) x día, Coeficiente de eficacia de crecimiento (g pez / g proteína ingerida), CEC = Incremento en la biomasa (g)/Proteína ingerida (g); Mortalidad (%) = M.

En la Tabla 8 podemos observar que no hay diferencias significativas en ninguno de los parámetros de crecimientos valorados, los resultados son muy parecidos a los de la dieta control.

Esto demuestra que el crecimiento de los peces y otros parámetros como el índice de conversión del alimento no se modifican con la sustitución de aceite de pescado por aceites vegetales (niveles del 50-70%) contrastado con otros autores en investigaciones con peces marinos (Montero et al., 2003, 2005a, b; Caballero et al., 2003, 2004; Izquierdo et al., 2003, 2005; Mourente et al., 2005; Mourente & Bell, 2006; Bell et al., 2006; Piedecausa et al., 2007; Benedito-Palos et al., 2007, 2008, 2009, 2011; Díaz- Lopez et al., 2009; Fountoulaki et al., 2009).

La mortalidad en este caso no es relevante al tener porcentajes muy parecidos en todas las dietas, teniendo la dieta FO 33 el porcentaje más elevado con un 29%.

En, general, la tasa de crecimiento instantáneo obtenida en el presente ensayo supera la citada en Tomás et al. (2005), Jover et al. (1999) en seriola mediterránea y en Shimeno et al. (1992 b, 1993 b, c), Viyakarn et al. (1992) y Watanabe et al. (1992) en seriola japonesa. Y, en el caso de la mortalidad, fue menor que la citada en Tomás et al. (2005, 2008) en seriola mediterránea, si exceptuamos la dieta FM 0, por las causas comentadas anteriormente.

7. CONCLUSIONES.

Las conclusiones que se pueden deducir con el presente proyecto pueden resumirse a continuación:

- Debido a una gran dispersión en los pesos medios de algunas dietas con sustitución de fuentes proteicas (FM), sobretodo en las dietas FM 0 y FM 33, no se han encontrado diferencias significativas entre los datos estadísticos, aunque se puede apreciar que sobretodo en la sustitución total se obtuvieron unos pesos medios y TCI menores.
- Las dietas en las que se sustituía el aceite de pescado por una mezcla de aceites vegetales (FO 33 y FO 66) obtuvieron resultados muy similares a los obtenidos por la dieta control, tanto en pesos medios finales como en TCI, lo que demuestra una muy buena respuesta de los peces a sustituciones de un 66-33% respectivamente.
- Los parámetros nutritivos; ICA, TAD y CEC obtenidos en las dietas con sustituciones de la harina de pescado, presentaban diferencias significativas entre ellos, con la dieta FM 0 se produjo una menor ingesta de los piensos, propiciado por una posible menor palatabilidad del alimento.
- Por otro lado los parámetros nutritivos de las sustituciones de aceite de pescado (FO 33 y FO 66) no presentan diferencias significativas, por lo que en este caso los aceites vegetales no afectaron a la palatabilidad.

- Los parámetros biométricos no se vieron afectados por la sustitución de la harina y el aceite de pescado, independientemente del nivel de sustitución.
- La sustitución total de harina de pescado, hizo a las seriolas más vulnerables frente a un patógeno del agua, de ahí la elevada mortalidad que se produjo en los peces alimentados con este pienso.

8. BIBLIOGRAFÍA.

AAS, T.S.; GRISDALE-HELLAND, B.; TERJESEN, B.F.; HELLAND, S.J., 2006. Improved growth and nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing a bacterial protein meal. *Aquaculture*, 259: 365-376.

ADAMIDOU, S.; NENGAS, I.; HENRY, M.; GRIGORAKIS, K.; RIGOS, G.; NIKOLOPOULOU, D.; KOTZAMANIS, Y.; BELL, G.J.; JAUNCEY, K., 2009. Growth, feed utilization, health and organoleptic characteristics of european seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets including low and high levels of three different legumes. *Aquaculture*, 293: 263-271.

ADELIZI, P.D.; ROSATI, R.R.; WARNER, K.; MUENCH, T.R.; WHITE, M.R.; BROWN, P.B., 1998. Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquacult. Nutr.*, 4: 255–262.

AKSNES, A.; MUNDHEIM, H.; TOPPE, J.; ALBREKTSSEN, S., 2008. The effect of dietary hydroxyproline supplementation on salmon (*Salmo salar* L.) fed high plant protein diets. *Aquaculture*, 275: 242-249.

ALMANSA, E.; MARTIN, M.V.; CEJAS, J.R.; BADÌA, P.; JEREZ, S.; LORENZO, A., 2001. Lipid and fatty acid composition of female gilthead seabream during their reproductive cycle: effects of a diet lacking n-3 HUFA. *J. Fish Biol.*, 59: 267–286.

ANDALORO, F.; PIPITONE, C., 1995. Food and feeding habits of juvenile greater amberjack, *Seriola dumerili* (Osteichthyes, Carangidae) in shore waters of the central Mediterranean Sea. *Cybium*, 19 (3): 305-10.

ANDALORO, F.; POTOSCHI, A.; PORRELLO, S., 1992. Contribution to the knowledge of growth of greater amberjack, *Seriola dumerili* (Cuv., 1817) in the Sicilian Channel (Mediterranean Sea). *Rapp. Comm. Intern. Mer Méditer.*, 33: 282.

AOKI, H.; SANADA, Y.; FURUICHI, M.; KIMOTO, R.; MAITA, M.; AKIMOTO, A.; YAMAGATA, Y.; WATANABE, T., 2000. Partial or complete replacement of fish meal by alternate protein sources in diets for yellowtail and red seabream. *Suisanzoshoku*, 48: 53–63.

AOKI, H.; WATANABE, K.; SATOH, S.; YAMAGATA, Y.; WATANABE, T., 2000b. Use of non-fish meal diets for yellowtail: second trial. *Suisanzoshoku*, 48: 73–79.

BADALAMENTI, F.; D'ANNA, G.; LOPIANO, L.; MAZZOLA, A.; SCILIPOTI, D., 1995. Feeding habits of young of the year greater amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810) along the N/W Sicilian Coast. *Scientia Marina*, 59 (3-4): 317-23.

BELL, J.G.; MCVICAR, A.H.; PARK, M.T.; SARGENT, J.R., 1991. High dietary linoleic acid affects the fatty acid compositions of individual phospholipids from tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesion. *J. Nutr.*, 121: 1163-1172.

BELL, J.G.; DICK, J.R.; MCVICAR, A.H.; SARGENT, J.R.; THOMPSON, K.D., 1993. Dietary sunflower, linseed and fish oils affect phospholipid fatty acid composition, development of cardiac lesions, phospholipase activity and eicosanoid production in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids*, 49: 665-673.

BELL, J.G.; TOCHER, D.R.; MACDONALD, F.D.; SARGENT, J.R., 1995a. Effect of dietary borage oil [enriched in γ -linolenic acid, 18:3(n-6)] or marine fish oil [enriched in eicosapentaenoic acid, 20:5(n-3)] on growth, mortalities, liver histopathology and lipid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish Physiol. Biochem.*, 14: 373-383.

BELL, J.G.; CASTELL, J.D.; TOCHER, D.R.; MACDONALD, F.M.; SARGENT, J.R., 1995b. Effects of different dietary arachidonic: docosahexaenoic acid ratios on phospholipid fatty acid compositions and prostaglandin production in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish Physiol. Biochem.*, 14: 139-151.

BELL, J.G.; MCEVOY, J.; TOCHER, D.R.; MCGHEE, F.; CAMPBELL, P.J.; SARGENT, J.R., 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. *J. Nutr.*, 131: 1535-1543.

BELL, J.G.; HENDERSON, R.J.; TOCHER, D.R.; MCGHEE, F.; DICK, J.R.; PORTER, A.; SMULLEN, R.; SARGENT, J.R., 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue fatty acid compositions and hepatic fatty acid metabolism. *J. Nutr.*, 132: 222-230.

BELL, J.G.; MCGHEE, F.; CAMPBELL, P.J.; SARGENT, J.R., 2003a. Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil "wash out". *Aquaculture*, 218: 515-528.

BELL, J.G.; TOCHER, D.R.; HENDERSON, R.J.; DICK, J.R.; CRAMPTON, V.O., 2003b. Altered fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapeseed oils can be partially restored by a subsequent fish oil finishing diet. *J. Nutr.*, 133: 2793-2801.

BELL, J.G.; STRACHAN, F.; GOOD, J.E.; TOCHER, D.R., 2006. Effect of dietary echium oil on growth, fatty acid composition and metabolism, gill prostaglandin production and macrophage activity in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquac. Res.*, 37: 606-617.

BENEDITO-PALOS, L.; SAERA-VILLA, A.; CALDUCH-GINER, J.A.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J., 2007. Combined replacement of fish meal and oil in practical diets for fast growing juveniles of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.): Networking of systemic and local components of GH/IGF axis. *Aquaculture*, 267: 199-212.

- BENEDITO-PALOS, L.; NAVARRO, J.C.; SITJÀ-BOBADILLA, A.; BELL, G.J.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J., 2008. High levels of vegetable oils in plant protein-rich diets fed to gilthead seabream (*Sparus aurata* L.): growth performance, muscle fatty acid profiles and histological alterations of target tissues. *Br. J. Nutr.*, 100: 992-1003.
- BENEDITO-PALOS, L.; NAVARRO, J.C.; BERMEJO-NOGALES, A.; SAERA-VILA, A.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J., 2009. The time course of fish oil wash-out follows a simple dilution model in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) fed graded levels of vegetable oils. *Aquaculture*, 288: 98-105.
- BENEDITO-PALOS, L.; NAVARRO, J.C.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J., 2010. Tissue-specific robustness of fatty acid signatures in cultured gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) fed practical diets with a combined high replacement of fish meal and fish oil.
- BENEDITO-PALOS, L.; BERMEJO-NOGALES, A.; KARAMPATOS, A.I.; BALLESTER-LOZANO, G.F.; NAVARRO, J.C.; DIEZ, A.; BAUTISTA, J.M.; BELL, J.G.; TOCHER, D.R.; OBACH, A.; KAUSHIK, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J., 2011. Modelling the predictable effects of dietary lipid sources on the fillet fatty acid composition of one-year-old gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Food Chem.*, 124: 538-544.
- BERGE, G.; BAEVERFJORD, G.; SKREDE, A.; STOREBAKKEN, T., 2005. Bacterial protein grown on natural gas as protein source in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*, in saltwater. *Aquaculture*, 244: 233-240.
- BONALDO, A.; ROEM, A.J.; FAGIOLI, P.; PECCHINI, A.; CIPOLLINI, I.; GATTA, P.P., 2008. Influence of dietary levels of soybean meal on the performance and gut histology of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquacult. Res.*, 39: 970-978.
- BOOTH, M.A.; ALLAN, G.L.; PIROZZI, I., 2010. Estimation of digestible protein and energy requirements of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* using a factorial approach. *Aquaculture*, 307 (3-4): 247-259.
- BOURAoui, L.; SÁNCHEZ-GURMACHES, L.; CRUZ-GARCÍA, J.; GUTIÉRREZ, L.; BENEDITO-PALOS, J.; PÉREZ-SÁNCHEZ, I.; NAVARRO, I., 2011. Effect of dietary fish meal and fish oil replacement on lipogenic and lipoprotein lipase activities and plasma insulin in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquacult. Nutr.*, 17 (1): 54-63.
- BRANDSDEN, M.P.; CARTERT, C.G.; NOWAK, B.F., 2001. Effects of dietary protein source on growth, immune function, blood chemistry and disease resistance of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) *Parr. Anim. Sci.*, 73: 105-113.
- BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; BEVAN, D.J.; SIMMONS, L.A.; AZEVEDO, P.A.; CHO, C.Y., 2000. Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*/ diets. *Aquaculture*, 181: 281-291.
- CABALLERO, M.J.; OBACH, A.; ROSENlund, G.; MONTERO, D.; GISVOLD, M.; IZQUIERDO, M.S., 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214: 253-271.

- CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S.; KJORSVIK, E.; MONTERO, D.; SOCORRO, J.; FERNÁNDEZ, A.J.; ROSENLUND, G., 2003. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. *Aquaculture*, 225: 325-340.
- CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S.; KJORSVIK, E.; FERNÁNDEZ, A.J.; ROSENLUND, G., 2004. Histological alterations in the liver of seabream, *Sparus aurata* L., caused by short- or long-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. *J. Fish Dis.*, 27: 531-541.
- CARPENTER, K.; NIEM, V., 1999. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. *The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Volume 4, Bony fishes (part 2) (Mugilidae to Carangidae)*: 1459.
- CARTER, C.G.; HAULER, R.C., 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 185: 299-311.
- CAVALIERE, A.; CRISAFI, E.; FARANDA, F.; GRECO, S.; LO PARO, G.; MANGANARO, A.; MAZZOLA, A., 1989. Collection of fingerling and rearing of *Seriola dumerilii* in tanks. In: De Pauw, N.; Jaspers, E.; Ackefors, H.; Wilkins, N. (Eds.), *Aquaculture A Biotechnology in progress*. European Aquaculture Society, Belgium, 119-123.
- CEULEMANS, S.; VAN HALTEREN, A.; ROBLES, R.; COUTTEAU, P., 2003. Fish meal and fish oil replacement in practical diets for gilthead seabream (*Sparus Aurata*) with nutritional compensation. *IX Congreso Nacional de Acuicultura*, Cádiz, Spain, Book of Abstracts, 173.
- CHENG, Z.; HARDY, R., 2002. Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 212: 361-372.
- CIVA, 2006. ¿Por qué no se ha desarrollado el cultivo de *Seriola dumerili* en el Mediterráneo?. <http://www.civa2006.org>: 326-340.
- DE FRANCESCO, M.; PARISI, G.; PEREZ-SANCHEZ, J.; GOMEZ-REQUENI, P.; MEDALE, F.; KAUSHIK, S.J.; MECATTI, M.; POLI, B.M., 2007. Effect of high-level fish meal replacement by plant proteins in gilthead seabream (*Sparus aurata*) on growth and body/fillet quality traits. *Aquacult. Nutr.*, 13: 361-372.
- DÍAS, J.; ALVAREZ, M.J.; ARZEL, J.; CORRAZE, G.; BAUTISTA, J.M.; KAUSHIK, S.J., 2005. Dietary protein source affects lipid metabolism in the European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Comp. Biochem. Physiol. A*, 142 (1): 19-31.
- DÍAS, J.; CONCEICAO, L.E.C.; RIBEIRO, A.R.; BORGES, P.; VALENTE, L.M.P.; DINIS, M.T., 2009. Practical diet with low fish-derived protein is able to sustain growth performance in gilthead seabream (*Sparus aurata*) during the grow-out phase. *Aquaculture*, 293: 255-262.
- DÍAZ-LÓPEZ, M.; PÉREZ, M.J.; ACOSTA, N.G.; TOCHER, D.R.; JEREZ, S.; LORENZO, A.; RODRÍGUEZ, C., 2009. Effect of dietary substitution of fish oil by Echium oil on growth, plasma parameters and body lipid composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquac. Nutr.*, 15: 500-512.

- DÍAZ-LÓPEZ, M.; PÉREZ, M.J.; ACOSTA, N.G.; TOCHER, D.R.; JEREZ, S.; DORTA-GUERRA, R.; LORENZO, A.; RODRÍGUEZ, C., 2010. Effects of dietary fish oil substitution by Echium oil on enterocyte and hepatocyte lipid metabolism of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Comp. Biochem. Physiol. B*, 155: 371-379.
- DREW, M.D.; OGUNKOYA, A.E.; JANZ, D.M.; VAN KESSEL, A.G., 2007. Dietary influence of replacing fish meal and oil with canola protein concentrate and vegetable oils on growth performance, fatty acid composition and organochlorine residues in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 267: 260-268.
- EMRE, Y.; SEVGILI, H.; SANH, M., 2008. A preliminary study on the utilization of hazelnut meal as a substitute for fish meal in diets of European sea bass. *Aquacult. Res.*, 39: 324-328.
- ERDAL, J.I.; EVENSEN, Ø.; KAURSTAD, O.K.; LILLEHAUG, A.; SOLBAKKEN, R.; THORUD, K., 1991. Relationship between diet and immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) after feeding various levels of ascorbic acid and omega-3 fatty acids. *Aquaculture*, 98 (4): 363-379.
- ESPE, M.; SVEIER, H.; HOGOY, I.; LIED, E., 1999. Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concentrate. *Aquaculture*, 174: 119-137.
- ESPE, M.; LEMME, A.; PETRI, A.; EL-MOWAFI, A., 2006. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? *Aquaculture*, 255: 255-262.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. FAO Fisheries Department, Roma, Italia, 168.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. *El estado actual de la pesca y la acuicultura*. FAO Fisheries Department, Roma, Italia, 196.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. *El estado actual de la pesca y la acuicultura*. FAO Fisheries Department, Roma, Italia, 189 -200.
- FONSECA-MADRIGAL, J.; KALARAZOS, V.; CAMPBELL, P.J.; TOCHER, D.R., 2005. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac. Nutr.*, 11: 241-250.
- FONSECA-MADRIGAL, J.; BELL, J.G.; TOCHER, D.R., 2006. Nutritional and environmental regulation of the synthesis of highly unsaturated fatty acids and of fatty-acid oxidation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) enterocytes and hepatocytes. *Fish Physiol. Biochem.*, 32: 317-328.
- FOUNTOULAKI, E.; VASILAKI, A.; HURTADO, R.; GRIGORAKIS, K.; KARACOSTAS, I.; NENGAS, I.; RIGOS, G.; KOTZAMANIS, Y.; VENOU, B.; ALEXIS, M.N., 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead seabream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture*, 289: 317-326.

- FØRDE-SKJÆRVIK, O.; SKJÆRVIK, O.; MØRKØRE, T.; THOMASSEN, M.S.; RØRVIK, K.A., 2006. Dietary influence on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*): Effect on glycolysis and buffering capacity in white muscle. *Aquaculture*, 252: 409–420.
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197–227.
- FRANCIS, D.S.; TURCHINI, G.M.; JONES, P.L.; DE SILVA, S.S., 2006. Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. *Aquaculture*, 253: 547-556.
- FRANCIS, D.S.; TURCHINI, G.M.; JONES, P.L.; DE SILVA, S.S., 2007. Dietary lipid source modulates in vivo fatty acid metabolism in the freshwater fish, Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). *J. Agric. Food Chem.*, 55: 1582-1591.
- FROYSTAD, M.K.; LILLEENG, E.; BAKKE-MCKELLEP, A.M.; VEKTERUD, K.; HEMRE, G.; KROGDAHL, Å., 2008. Gene expression in distal intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed genetically modified soybean meal. *Aquaculture Nutrition*, 14 (3): 204- 214.
- GARCÍA-GÓMEZ, A., 1993. Primeras experiencias de crecimiento de juveniles de seriola mediterránea (*Seriola dumerili*, Risso 1810) alimentados con una dieta semihúmeda. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 9 (2): 347-360.
- GARCÍA, A.; DÍAZ, M.V., 1995. Culture of *Seriola dumerili*. Cahiers Options Méditerranéennes. *Marine Aquaculture Finfish Species Diversification*, vol. 16. CIHEAM, Zaragoza, Spain, 103-114.
- GARCÍA-GÓMEZ, A., 2000. Recent advances in nutritional aspects of *Seriola dumerili*. *Cah. Options Méditerran.*, 47:249-57.
- GARCÍA, A.; DÍAZ, M.V.; AGULLEIRO, B., 2001. Inducción hormonal de la puesta y desarrollo embrionario de la seriola mediterránea (*Seriola dumerili*, Risso). *Monogr. Inst. Canr. Cienc. Mar.*, 4: 561-566.
- GAYLORD, T.; TEAGUE, A.; BARROWS, F., 2006. Taurine supplementation of all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the aquaculture society*, 37: 509-517.
- GIOVANARDI, O.; MATTIOLI, G.; PICCINETTI, C.; SMABUCCI, G., 1984. Prime esperienze sull'allevamento della ricciola (*Seriola dumerili*, Risso 1810) in Italia. *Riv. It. Piscic. Ittiop.*, 4: 123-130.
- GLENCROSS, B.; EVANS, D.; HAWKINS, W.; JONES, B., 2004. Evaluation of dietary inclusion of yellow lupin (*Lupinus luteus*) kernel meal on the growth, feed utilization and tissue histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 235: 411-422.
- GLENCROSS, B.; HAWKINS, W.; EVANS, D.; RUTHERFORD, N.; MCCAFFERTY, P.; DODS, K.; SPSAS, S., 2008. Assessing the implications of variability in the digestible protein and energy value of lupin kernel meals when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 277: 251-262.

- GLENCROSS, B.D., 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Rev. Aquac.*, 1: 71–124.
- GOMES, E.F.; REMA, P.; KAUSHIK, S.J., 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 130: 177–186.
- GOMEZ-REQUENI, P.; MINGARRO, M.; CALDUCH-GINER, J.A.; MEDALE, F.; MARTIN, S.A.M.; HOULIHAN, D.F.; KAUSHIK, S.; PEREZ-SANCHEZ, J., 2004. Protein growth performance, amino acid utilization and somatotrophic axis responsiveness to fish meal replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 232: 493-510.
- GOUVEIA, A.; DAVIES, S.J., 1998. Preliminary nutritional evaluation of pea seed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 166: 311–320.
- GOUVEIA, A.; DAVIES, S.J., 2000. Inclusion of an extruded dehulled pea seed meal in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 182: 183–193.
- GOTO, T.; TAKAGI, S.; ICHIKI, T.; SAKAI, T.; ENDO, M.; YOSHIDA, T.; UKAWA, M.; MURATA, H., 2001. Studies on the green liver in cultured red seabream fed low level and non-fish meal diets: relationship between hepatic taurine and biliverdin levels. *Fish. Sci.*, 67: 58–63.
- GOTO, T.; AKIYAMA, E.; SATO, C.; UKAWA, M.; TAKAGI, S., 2007. Dietary taurine supplementation alters hepatic aminotransferase activities in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed on soybean [*Glycine max*] protein diet. *Aquaculture Science*, 55 (3): 475-476.
- HASAN, M.R.; METIAN, M.; TACON, A. (G.J.), 2011. *Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects*.
- HANSEN, A.C.; ROSENLUND, G.; KARLSEN, Ø.; OLSVIK, P.A.; HEMRE, G.I., 2006. The inclusion of plant protein in cod diets, its effects on macronutrient digestibility, gut and liver histology and heat shock protein transcription. *Aquaculture Research*, 37: 773-784.
- HANSEN, J.O.; PENN, M.; OVERLAND, M.; SHEARER, K.D.; KROGDAHL, A.; TORUNN, L.; STOREBAKKEN, T., 2010. High inclusion of partially deshulled and whole krill meals in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 310: 164-172.
- HEIKKINEN, J.; VIELMA, J.; KEMILAINEN, O.; TIIROLA, M.; ESKELINEN, P.; KIURU, T.; NAVIA, D.; WRIGHT, A., 2006. Effects of soybean meal based diet on growth performance, gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 261: 259-268.
- HEMRE, G.; SANDEN, M.; BAKKE-MCKELLEP, A.M.; SAGSTAD, A.; KROGDAHL, A., 2005. Growth, feed utilization and health of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed genetically modified compared to non-modified commercial hybrid soybeans. *Aquacult. Nutr.*, 11: 157-167.
- HEVRØY, E.M.; SANDNES, K.; HEMRE, G., 2004. Growth, feed utilization, appetite and health in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a new type of high lipid fish meal, sea grain®, processed from various pelagic marine fish species. *Aquaculture*, 235: 371-392.

HEVRØY, E.; ESPE, M.; WAAGBØ, R.; SANDNES, K.; RUUD, M.; HEMRE, G., 2005. Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquacult. Nutr.*, 11: 301-313.

HEVRØY, E.M.; EL-MOWAFI, A.; TAYLOR, R.; NORBERG, B.; ESPE, M., 2008. Effects of a high plant protein diet on the somatotropic system and cholecystokinin in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 151: 621-627.

HOLTHUS, P.; LOVATELLI, A., 2008. Capture-based. *Aquaculture*: 150-154.

HOSFELD, C.D.; HAMMER, J.; HANDELAND, S.O.; FIVELSTAD, S.; STEFANSSON, S.O., 2009. Effects of fish density on growth and smoltification in intensive production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) *Aquaculture*, 294: 236-241.

HOSOKAWA, H.; KUROHARA, K.; MASUMOTO, T.; SHIMENO, S.; SAKAMOTO, R., 2001b. Inclusion of combined alternative protein sources to yellowtail diet and amino acid supplementation. *Suisanzoshoku*, 49: 383-388.

IPAC Acuicultura. 2009 (Marzo). Producción de alevines de seriola. Resultados esperanzadores. http://www.ipacuicultura.com/edicion_impresa/131/37/especies/5687/produccion_de_alevines_de_seriola_resultados_esperanzadores-p1.html

IZQUIERDO, M.S.; OBACH, A.; ARANTZAMENDI, L.; MONTERO, D.; ROBAINA, L.; ROSENLUND, G., 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquac. Nutr.*, 9: 397-407.

IZQUIERDO, M.S.; MONTERO, D.; ROBAINA, L.; CABALLERO, M.J.; ROSENLUND, G.; GINÉS R., 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture*, 250: 431-444.

JEREZ, S.; CEJAS, J.R.; SANTAMARÍA, F.J.; VILLAMANDOS, J.E.; SAMPER, M.; FELIPE, B., 2003a. Cultivo larvario, prengorde y engorde de medregales (*Seriola* sp.) nacidos en cautividad. *Actas IX Congr. Nac. Acuicult.*: 390-391.

JEREZ, S.; CEJAS, J.R.; SAMPER, M.; FELIPE, B.C.; SANTAMARÍA, F.J.; VILLAMANDOS, J.E., 2007a. Crecimiento y maduración sexual en ejemplares de medregal *Seriola dumerili* nacidos en cautividad en Canarias. *Actas XI Congr. Nac. Acuicult.*: 783-786.

JEREZ, S.; CEJAS, J.R.; VILLAMANDOS, J.E.; SAMPER, M.; FELIPE, B.C.; SANTAMARÍA, F.J., 2007b. Comportamiento reproductivo y calidad de puesta de reproductores de *Seriola dumerili* entre 2002 y 2006. *Actas XI Congr. Nac. Acuicult.*: 787-790.

JEREZ, S.; HERNÁNDEZ, I.; CEJAS, J.R.; ALMANSA, E.; SAMPER, M.; SANTAMARÍA, F.J., 2009a. Efecto de la estrategia de alimentación en el crecimiento del medregal (*Seriola dumerili*) en condiciones de cultivo. *Actas XII Congr. Nac. Acuicult.*: 164-165.

- JEREZ, S.; HERNÁNDEZ, I.; CEJAS, J.R.; ALMANSA, E.; SAMPER, M.; VILLAMANDOS, J.E.; FELIPE, B.C., 2009b. Efectos de la estrategia de alimentación en la hematología y bioquímica sanguínea del medregal (*Seriola dumerili*) en condiciones de cultivo. *Actas XII Congr. Nac. Acuicult.*: 162-163.
- JEREZ, S.; SAMPER, M.; SANTAMARÍA, F.J.; VILLAMANDOS, J.E.; CEJAS, J.R.; FELIPE, B.C., 2006. Natural spawning of greater amberjack (*Seriola dumerili*) kept in captivity in the Canary Islands. *Aquaculture*, 252: 199-207.
- JEREZ, S.; SAMPER, M.; SANTAMARÍA, F.J.; VILLAMANDOS, J.E.; CEJAS, J.R.; FELIPE, B., 2003b. Obtención de puestas espontáneas de medregal (*Seriola* sp.) en las Islas Canarias. *Actas IX Congr. Nac. Acuicult.*: 432-433.
- JOHNSON, C.A.; HAGEN, O.; ASGARD, E., 2010. Long-term effects of high-energy, low-fishmeal feeds on growth and flesh characteristics of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, doi: 10.1016/j.aquaculture.
- JORDAL, A.E.O.; TORSTENSEN, B.E.; TSOI, S.; TOCHER, D.R.; LALL, S.P.; DOUGLAS, S.E., 2005. Dietary rapeseed oil affects the expression of genes involved in hepatic lipid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J. Nutr.*, 135: 2355-2361.
- JOVER, M.; GARCÍA-GÓMEZ, A.; TOMÁS, A.; DE LA GÁNDARA, F.; PÉREZ, L., 1999. Growth of the Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*) fed extruded diets containing different levels of protein and lipid. *Aquaculture*, 179: 25-33.
- KAUSHIK, S.J., 1989. Use of Alternative Protein Sources for Intensive Rearing of Carnivorous Fishes. In: *Progress in Fish Nutrition*, Shiau, S.Y. (Ed.). Mar. Food Science Series, No. 9, Keelung, Taiwan, 191-201.
- KAUSHIK, S.J.; CRAVEDI, J.P.; LALLES, J.P.; SUMPTER, J.; FAUCONNEAU, B.; LAROCHE, M., 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterol levels and flesh quality in rainbow trout. *Aquaculture*, 133: 257-274.
- KAUSHIK, S.J., 2004. Fish oil replacement in aquafeeds. *Aqua Feeds: Formulation and Beyond*, 1: 3-6.
- 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: 391-404.
- KINSELLA, J.E.; LOKESH, B., 1990. Dietary lipids, eicosanoids, and the immune system. *Critical Care Medicine*, 18: 94-113.
- KISSIL, G.; LUPATSCH, I.; HIGGS, D.A.; HARDY, R.W., 2000. Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture research*, 31: 595-601.

- KISSIL, G.W.; LUPATSCH, I.; 2002. Preliminary Results of Fish Meal Replacement in Gilthead seabream (*Sparus aurata*) by Three Plant Proteins. *10 Symposiums on Nutrition and Feeding of Fish*, Rhodes, Grecian. Book of Abstracts, 127.
- KISSIL, G.W.; LUPATSH, I., 2004. Successful replacement of fishmeal by plant proteins in diets for the gilthead seabream (*Sparus aurata*, L). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgheh*, 56(3): 188-199.
- KOUSOULAKI, K.; ALBREKTSEN, S.; LANGMYHR, E.; OLSEN, H.J.; CAMPBELL, P.; AKSNES, A., 2009. The water soluble fraction in fish meal (stickwater) stimulates growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) given high plant protein diets. *Aquaculture*, 289: 74-83.
- KROGDAHL, Å.; HEMRE, G.I.; MOMMSEN, T.P., 2005. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquac. Nutr.*, 11: 103–122.
- KUNTTU, H.M.T.; VALTONEN, E.T.; SUOMALAINEN, L.R.; VIELMA, J.; JOKINEN, I.E., 2009. The efficacy of two immunostimulants against *Flavobacterium columnare* infection in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*, 26 (6): 850-857.
- LAZZARI, A.; BARBERA, G., 1989. Farming the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerili* (Risso, 1810) in concrete ponds: results and perspectives. In: De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N. (Eds.). *Aquaculture: A Biotechnology in progress*. European Aquaculture Society, Belgium, 209-213.
- LAZZARI, A., 1991. Some notes to the aquaculture development of the new Mediterranean species: the yellowtail (*Seriola dumerili*) case and strategy to come, Special Publication No. 14. In: De Pauw, N., Joyce, J. (Eds.), *Aquaculture and the environment*. European Aquaculture Society, Dublin, 183-184.
- LAZZARI, A.; FUSARI, A.; BOGLIONE, A.; MARINO, G.; DI FRANCESCO, M., 2000. Recent advances in reproductional and rearing aspects of *Seriola dumerili*. In: Basurco, B. (Ed.), *Cahiers Options Méditerranéennes. Mediterranean Marine Aquaculture Finfish Species Diversification*, vol. 47. CIHEAM, Zaragoza, Spain, 241-247.
- LEAVER, M.J.; VILLENEUVE, L.A.N.; OBACH, A.; JENSEN, L.; BRON, J.E.; TOCHER, D.R.; TAGGART, J.B., 2008. Functional genomics reveals increases in cholesterol biosynthetic genes and highly unsaturated fatty acid biosynthesis after dietary substitution of fish oil with vegetable oils in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *BMC Genomics*, 9: 299.
- LEE, K.; POWELL, M.; BARROWS, F.; SMILEY, S.; BECHTEL, P.; HARDY, R., 2010. Evaluation of supplemental fish bone meal made from Alaska seafood processing byproducts and dicalcium phosphate in plant protein based diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 302: 248-255.
- MAITA, M.; AOKI, H.; YAMAGATA, Y.; WATANABE, K.; SATOH, S.; WATANABE, T., 1997. Green liver observed in yellowtail fed non-fish meal diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63: 400–401 (in Japanese).

- MAITA, M.; AOKI, H.; YAMAGATA, Y.; SATOH, S.; OKAMOTO, N.; WATANABE, T., 1998. Plasma biochemistry and disease resistance in yellowtail fed a non-fish meal diet. *Fish Pathol.*, 33.
- MAITA, M.; MAEKAWA, J.; SATOH, K.; FUTAMI, K.; SATOH, S., 2006. Disease resistance and hypocholesterolemia in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fishmeal diet. *Fisheries Science*, 72: 513-519.
- MARTÍN, M.V., 2003. Estudio de la influencia de los ácidos grasos n-3 HUFA de la dieta en la composición corporal de reproductores de dorada (*Sparus Aurata* L.) durante el desarrollo gonadal. Tesis doctoral.
- MARTÍN, M.V.; RODRÍGUEZ, C.; CEJAS, J.R.; PÉREZ, M.J.; JÉREZ, S.; LORENZO, A., 2009. Body lipid and fatty acid composition in male gilthead seabream broodstock at different stages of the reproductive cycle: effects of a diet lacking n-3 and n-6 HUFA. *Aquac. Nutr.*, 15: 60-72.
- MARTÍNEZ-LLORENS, S.; MONINO, A.V.; VIDAL, A.T.; SALVADOR, V.; JAVIER MOYA, TORRES, M.P.; CERDA, M.J., 2007. Soybean meal as a protein source in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diets: Effects on growth and nutrient utilization. *Aquacult. Res.*, 38: 82-90.
- MARTÍNEZ-LLORENS, S.; VIDAL, A.T.; GARCÍA, I.J.; TORRES, M.P.; CERDA, M.J. 2009. Optimum dietary soybean meal level for maximizing growth and nutrient utilization of on-growing gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquacult. Nutr.*, 15: 320-328.
- MARINO, G.; MANDICH, A.; MASSARI, A.; ANDALORO, F.; PORRELLO, S.; FINOIA, M.G.; CEVASCO, F., 1995b. Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (*Seriola dumerili*) during spawning period. *J. Appl. Ichtiol.*, 11: 9-24.
- MASUMOTO, T.; RUCHIMATA, T.; ITOB, Y.; HOSOKAWA, H.; SHIMENO, S., 1996. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture*, 146 (1-2): 109-119.
- MASUMOTO, T.; ITOH, Y.; RUCHIMAT, T.; HOSOKAWA, H.; SHIMENO, S., 1998. Dietary amino acids budget for juvenile yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Bulletin of Marine Science and Fisheries*, 18: 33-37.
- MAZZOLA, A.; FAVALORO, E.; SARÁ, G., 2000. Cultivation of the Mediterranean amberjack, *Seriola dumerili* (Risso, 1810), in submerged cages in the Western Mediterranean Sea. *Aquaculture*, 181: 257-268.
- MCKENZIE, D.J., 2001. Effects of dietary fatty acids on the respiratory and cardiovascular physiology of fish. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 128: 605-619.
- MENOYO, D.; IZQUIERDO, M.S.; ROBAINA, L.; GINES, R.; LÓPEZ-BOTE, C.J.; BAUTISTA, J.M., 2004. Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soybean oils. *Br. J. Nutr.*, 92: 41-52.

MENTE, E.; DEGUARA, S.; SANTOS, M.B.; HOULIHAN, D., 2003. White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 225: 133-147.

MILLER, M.R.; NICHOLS, P.D.; CARTER, C.G., 2007. Replacement of dietary fish oil for Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) with a stearidonic acid containing oil has no effect on omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid concentrations. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 146: 197-206.

MILLER, M.R.; NICHOLS, P.D.; CARTER, C.G., 2008. N-3 oil sources for use in aquaculture alternatives to the unsustainable harvest of wild fish. *Nutr. Res. Rev.*, 21: 85-96.

MILLER, M.R.; BRIDLE, A.R.; NICHOLS, P.D.; CARTER, C.G., 2008. Increased elongase and desaturase gene expression with stearidonic acid enriched diet does not enhance long-chain (n-3) content of seawater Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J. Nutr.*, 138: 2179-2185.

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

MISPECES.COM, 2008 (Abril). PROMAN comercializará en junio alevines de seriolas listas para engordar en jaulas. <http://www.mispecies.com/noticias/2008/abr/080407-alevines-seriola-proman.asp>

MISPECES.COM, 2009 (Julio). Por cuarto año consecutivo PROMAN vuelve a obtener puestas naturales de pez limón. <http://www.mispecies.com/noticias/2009/jul/090724-proman-puestas-pez-limon-seriola.asp>

MISPECES.COM, 2010a (Marzo). PROMAN saca a la venta los primeros lotes europeos de seriola producida íntegramente en acuicultura. <http://www.mispecies.com/noticias/2010/mar/100305-proman-seriola-restaurantes.asp>

MISPECES.COM, 2010b (Septiembre). PROMAN inicia nueva campaña de comercialización de seriola (pez limón). <http://www.mispecies.com/noticias/2010/sep/100917-proman-comercializa-seriola.asp>

MONTERO, D.; IZQUIERDO, M.S.; TORT, L.; ROBAINA, L.; VERGARA, J.M., 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20 (1): 53-60.

MONTERO, F.E.; DE LA GANDARA, F.; GARCIA-GOMEZ, A.; RAGA, J.A., 2000. Hatching success of *Zeuxapta seriolae* (Monogenea) under experimental conditions. *Acta Parasitologica*, 45(3): 227- 227.

MONTERO, D.; KALINOWSKI, T.; OBACH, A.; ROBAINA, L.; TORT, L.; CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S., 2003. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. *Aquaculture*, 225: 353-370.

- MONTERO, D.; KALINOWSKI, T.; CABALLERO, M.J.; OBACH, A.; TORT, L.; ROBAINA, L.; IZQUIERDO, M.S., 2005a. Effect of dietary vegetable lipid sources in gilthead seabream (*Sparus aurata*) immune status and stress resistance. *Cah. Opt. Mediterrane.*, 63: 103-112.
- MONTERO, D.; ROBAINA, L.; CABALLERO, M.J.; GINÉS, R.; IZQUIERDO, M.S., 2005b. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture*, 248: 121-134.
- MONTERO, D.; GRASSO, B.; IZQUIERDO, M.; REAL, F.; TORT, L.; CABALLERO, M.J.; ACOSTA, F., 2008. Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead seabream (*Sparus aurata*) diets: effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. *Fish Shellfish Immunol.*, 24: 147-155.
- MORAN, D.; PETHER, S.J.; LEE, P.S., 2009. Growth, feed conversion and fecal discharge of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) fed three commercial diets. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 43 (4): 917-927.
- MORRIS, P.C.; GALLIMORE, P.; HANDLEY, J.; HIDE, G.; HAUGHTON, P.; BLACK, A., 2005. Full-fat soya for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in freshwater: Effects on performance, composition and fesh fatty acid profile in absence of hind-gut enteritis. *Aquaculture*, 248: 147-161.
- MOURENTE, G.; DICK, J.R.; BELL, J.G.; TOCHER, D.R., 2005. Effect of partial substitution of dietary fish oil by vegetable oils on desaturation and β -oxidation of [1-14C] 18:3n-3 (LNA) and [1-14C] 20:5n-3 (EPA) in hepatocytes and enterocytes of European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 248: 173-186.
- MOURENTE, G.; BELL, J.G., 2006. Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over a long term growth study: Effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 145: 389-399.
- MUSTAFA, T.; SRIVASTAVA, K.C., 1989. Prostaglandins (eicosanoids) and their role in ectothermic organisms. In: Brouwer, M., (Ed.), *Advances in Comparative and Enviromental Physiology*, 5: 157-207.
- MUNDHEIM, H.; AKSNES, A.; HOPE, B., 2004. Growth, feed efficiency and digestibility in salmon (*Salmo salar* L.) fed different dietary proportions of vegetable protein sources in combination with two fish meal qualities. *Aquaculture*, 237: 315-331.
- MYLONAS, C.C.; PAPANDROULAKIS, N.; SMBOUKIS, A.; PAPADAKI, M.; DIVANACH, P., 2004. Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRH α implants. *Aquaculture*, 237: 141-154.
- NAKADA, M., 2000. Yellowtail and related species culture. In: Stickney, R.R. (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture*. Wiley, London, 1007-1036.

NAVARRO, J.M.; BELMONTE, A.; CULMAREX, S.L., 1987. Cultivo de seriola en jaulas flotantes en la Bahía de “El Hornillo” (Murcia SE España). *Cuad. Marisq. Publ. Téc.*, 12: 11-16.

NENGAS, I.; ALEXIS, M.N.; DAVIES, S.J., 1996. Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead seabream *Sparus aurata* (L.). *Aquaculture Research*, 27(3): 147-156.

OESA, 2008 (Diciembre). Una empresa andaluza, PROMAN, en Motril, consigue producir alevines de Pez limón *Seriola dumerili*. <http://www.fundacionoesa.es/noticias/acuicultura-espana-una-empresa-andaluza-proman-en-motril-consigue-producir-alevines-de-pez-limon-seriola-dumerili>

OGUNKOYA E.; PAGE, G.; ADEWOLU, M.; BUREAU, D., 2006. Dietary incorporation of soybean meal and exogenous enzyme cocktail can affect physical characteristics of fecal material egested by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 254: 466-475.

OLIVA-TELES, A.; GONÇALVES, P., 2001. Partial replacement of fish meal by brewer's yeast (*Saccaromyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 202: 269-278.

OLSEN, R.E.; MYKLEBUST, R.; KAINO, T.; RINGO, E., 1999. Lipid digestibility and ultrastructural changes in the enterocytes of Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) fed linseed oil and soybean lecithin. *Fish Physiol. Biochem.*, 21: 35-44.

OLSEN, R.E.; MYKLEBUST, R.; RINGØ, E.; MAYHEW, T.M., 2000. The influences of dietary linseed oil and saturated fatty acids on caecal enterocytes in Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.): a quantitative ultrastructural study. *Fish Physiol. Biochem.*, 22: 207-216.

OLSVIK, P.A.; TORSTENSEN, B.E.; HEMRE, G.I.; SANDEN, M.; WAAGBO, R., 2010. Hepatic oxidative stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) transferred from a diet based on marine feed ingredients to a diet based on plant ingredients. *Aquacult. Nutr.*

OO, A. N.; SATOH, S.; TSUCHIDA, N., 2007. Effect of replacements of fishmeal and oil on growth and dioxin contents of rainbow trout. *Fisheries Science*, 73: 750-759.

OPSTVEDT, J.; AKSNES, A.; HOPE, B.; PIKE, I.H., 2003. Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. *Aquaculture*, 221: 365-379.

ØVERLAND, M.; SØRENSEN, M.; STOREBAKKEN, T.; PENN, M.; KROGDAHL, Å.; SKREDE, A., 2009. Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. *Aquaculture*, 288: 305-311.

PALMEGIANO, G.B.; DAPRÀ, F.; FORNERIS, G.; GAI, F.; GASCO, L.; GUO, K.; PEIRETTI, P.G.; SICURO, B.; ZOCCARATO, I., 2006. Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 258: 357-367.

- PANSERAT, S.; KOLDITZ, C.; RICHARD, N.; PLAGNES-JUAN, E.; PIUMI, F.; ESQUERRÉ, D.; MÉDALE, F.; CORRAZE, G.; KAUSHIK, S., 2008. Hepatic gene expression profiles in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed fish meal or fish oil-free diets. *Br. J. Nutr.*, 100 (5): 953–967.
- PANSERAT, S.; HORTOPAN, G.A.; PLAGNES-JUAN, E.; KOLDITZ, C.; LANSARD, M.; SKIBA-CASSY, S.; ESQUERRÉ, D.; GEURDEN, I.; MÉDALE, F.; KAUSHIK, S.; CORRAZE, G., 2009. Differential gene expression after total replacement of dietary fish meal and fish oil by plant products in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver. *Aquaculture*, 294: 123-131.
- PASTOR, E.; GRAU, A.; RIERA, F.; POU, S.; MASSUTI, E.; GRAU, A.M., 2000. Experiences in the culture of new species in the “Estación de Acuicultura” of the Balearic Government, 1980-1998. In: Basurco, B. (Ed.), *Cahiers Options Méditerranéennes. Mediterranean Marine Aquaculture Fish Species Diversification, vol. 47*. CIHEAM, Zaragoza, Spain, 371-379.
- PARPOURA, A.C.R.; ALEXIS, M.N., 2001. Effects of different dietary oils in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) nutrition. *Aquacult. Int.*, 9: 463-476.
- PENG, S.; CHEN, L.; QUIN, J.G.; HOU, J.; YU, N.; LONG, K.; YE, J.; SUN, X., 2008. Effect of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture*, 276: 154-161.
- PEREIRA, T.G.; OLIVA-TELES, A., 2002. Preliminary evaluation of pea seed meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquacult. Res.*, 33: 1183-1189.
- PEREIRA, T.G.; OLIVA-TELES, A., 2003. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquacult. Res.*, 34: 1111-1117.
- PEREIRA, T.G.; OLIVA-TELES, A., 2004. Evaluation of micronized lupin seed meal as an alternative protein source in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. juveniles. *Aquacult. Res.*, 35: 828-835.
- PIEDECAUSA, M.A.; MAZÓN, M.J.; GARCÍA-GARCÍA, B.; HERNÁNDEZ, M.D., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture*, 263: 211-219.
- PORRELLO, S.; ANDALORO, F.; VIVONA, P.; MARINO, G., 1993. Rearing trial of *Seriola dumerili* in a floating cage, Special Publication No. 18. In: Barnabé, G., Kestemont, P. (Eds.), *Production, Environment and Quality*. European Aquaculture Society, Belgium, 299-307.
- PRATOOMYOT, J.; BENDIKSEN, E.A.; BELL, J.B.; TOCHER, D.R., 2008. Comparison of effects of vegetable oils blended with southern hemisphere fish oil and decontaminated northern hemisphere fish oil on growth performance, composition and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 280: 170-178.
- PRATOOMYOT, J.; BENDIKSEN, E.Å.; BELL, J.G.; TOCHER, D.R., 2010. Effects of increasing replacement of dietary fishmeal with plant protein sources on growth performance and body lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 305: 124-132.

REFSTIE, S.; HELLAND, S.; STOREBAKKEN, T., 1997. Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 153: 263-272.

REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; ROEM, A.J., 1998. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soy antigens. *Aquaculture*, 162: 301-312.

REFSTIE, S.; KORSØEN, Ø.J.; STOREBAKKEN, T.; BAEVERFJORD, G.; LEIN, I.; ROEM, A.J., 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 190: 49-63.

REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; BAEVERFJORD, G.; ROEM, A.J., 2001. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. *Aquaculture*, 193: 91-106.

REFSTIE, S.; TIEKSTRA, H.A.J., 2003. Potato protein concentrate with low content of solanidine glycoalkaloids in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 216: 283-298.

REFSTIE, S.; OLLI, J.J.; STANDAL, H., 2004. Feed intake, growth, and protein utilization by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture*, 239: 331-349.

REFSTIE, S.; SAHLSTRÖM, S.; BRÅTHEN, E.; BAEVERFJORD, G.; KROGEDAL, P., 2005. Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 246: 331-345.

REFSTIE, S.; BAEVERFJORD, G.; SEIM, R.R.; ELVEBØ, O., 2010. Effects of dietary yeast cell wall β -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal. *Aquaculture*, 305: 109-116.

RICHARD, N.; MOURENTE, G.; KAUSHIK, S.; CORRAZE, G., 2006. Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effects on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Br. J. Nutr.*, 96: 299-309.

ROBAINA, L.; IZQUIERDO, M.S.; MOYANO, F.J.; SOCORRO, J.; VERGARA, J.M.; MONTERO, D.; FERNANDEZ-PALACIOS, H., 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 130: 219-233.

ROBAINA, L.; MOYANO, F.J.; IZQUIERDO, M.S.; SOCORRO, J.; VERGARA, J.M.; MONTERO, D., 1997. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 157: 347-359.

ROBIN, J.H.; VICENT, B., 2003. Microparticulate diets as first food for gilthead seabream larva (*Sparus aurata*): Study of fatty acid incorporation. *Aquaculture*, 225: 463-474.

ROBIN, J.H.; PERSON, A., 2004. Consumption v.s. deposition of essential fatty acids in gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae fed semi-purified diets. *Aquaculture*, 238: 283-294.

RODRÍGUEZ, C.; PÉREZ, J.A.; HENDERSON, J.R., 2002. The esterification and modification of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids by hepatocytes and liver microsomes of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Comp. Biochem. Physiol. B*, 132: 559-570.

ROLA-PLESZCZYNSKI M.; STANKOVA J., 1992. Leukotriene B, enhances IL-6 production and IL-6 mRNA accumulation in human monocytes in vitro: Transcriptional and posttranscriptional mechanisms. *Blood*, 80: 1004.

ROMARHEIM, O.H.; SKREDE, A.; GAO, Y.; KROGDAHL, Å.; DENSTADLI, V.; LILLEENG, E.; STOREBAKKEN, T., 2006. Comparison of white flakes and toasted soybean meal partly replacing fish meal as protein source in extruded feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 256: 354–364.

ROMARHEIM, O.H.; SKREDE, A.; PENN, M.; MYDLAND, L.; KROGDAHL, Å.; STOREBAKKEN, T., 2008. Lipid digestibility, bile drainage and development of morphological intestinal changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing defatted soybean meal. *Aquaculture*, 274: 329-338.

RUNGRUANGSAK-TORRISSEN, K., 2007. Digestive efficiency, growth and qualities of muscle and oocyte in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed on diets with krill meal as an alternative protein source. *J. Food Biochem.*, 31: 509-540.

RUYTER, B.; MOYA-FALCON, C.; ROSENLUND, G.; VEGUSDAL, A., 2006. Fat content and morphology of liver and intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effects of temperature and dietary soybean oil. *Aquaculture*, 252: 441-452.

SAJJADI, M.; CARTER, C.G., 2004. Dietary phytase supplementation and the utilization of phosphorus by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a canola-meal-based diet. *Aquaculture*, 240: 417-431.

SALES, J.; GLENCROSS, B.D., 2010. A meta-analysis of the effects of dietary marine oil replacement with vegetable oils on growth, feed conversion and muscle fatty acid composition of fish species. *Aquac. Nutr.*, doi: 10.1111/j.1365-2095.2010.00761.x

SÁNCHEZ-LOZANO, N.B.; TOMAS-VIDAL, A.; MARTINEZ-LLORENS, S.; NOGALES-MERIDA, S.; ESPERT BLANCO, J.; MOÑINO, A.; PLA, M.; JOVER CERDA, M., 2007. Growth and economic profit of gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed sunflower meal. *Aquaculture*, 272: 528–534.

SÁNCHEZ-LOZANO, N.B.; MARTÍNEZ-LLORENS, S.; TOMAS-VIDAL, A.; JOVER CERDA, M., 2009. Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture*, 298: 83–89.

SÁNCHEZ-LOZANO, N.B.; MARTINEZ-LLORENS, S.; TOMAS-VIDAL, A.; CERDA, M.J., 2010. Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture*, 298: 83-89.

- SANTIAGOSA, E.; SANCHEZ, J.; MEDALE, F.; KAUSHIK, S.; PEREZ-SANCHEZ, J.; GALLARDO, M.A., 2008. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and seabream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. *Aquaculture*, 282: 68-74.
- SARGENT, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G., 2002. The lipids. In: *Fish Nutrition*. Eds: Halver, J.E., Hardy, R.W., Academic Press, Nueva York, Estado Unidos, 181-257.
- SATOH, S.; SARKER, M.S.A.; SATOH, K.I.; KIRON, V., 2004. Effects of dietary lipid and phosphorus levels on nitrogen and phosphorus excretion in young yellowtail *Seriola quinqueradiata*: A preliminary observation. *Fisheries Science*, 70: 1082–1088.
- SENO-O, A.; TAKAKUWA, F.; HASHIGUCHI, T.; MORIOKA, K.; MASUMOTO, T.; FUKADA, H., 2008. Replacement of dietary fish oil with olive oil in young yellowtail *Seriola quinqueradiata*: effects on growth, muscular fatty acid composition and prevention of dark muscle discoloration during refrigerated storage. *Fisheries Science*, 74: 1297–1306.
- SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; KUMON, M.; MASUMOTO, T.; UKAWA, M., 1992a. Inclusion of defatted soybean meal in diet for fingerling yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58: 1319–1325 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; MORIE, H.; TAKEDA, M.; UKAWA, M., 1992b. Inclusion of defatted soybean meal to diet for young yellowtail. *Suisanzoshoku*, 40: 51–56 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; FUJITA, T.; MIMA, T.; UENO, S., 1993a. Sparing of fish meal by inclusion of combinations of several protein sources in yellowtail diet. *Suisanzoshoku*, 41: 135–140 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; KUMON, M.; ANDO, H.; UKAWA, M., 1993b. The growth performance and body composition of young yellowtail fed with diets containing defatted soybean meal for a long period. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 821–825 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; MASUMOTO, T.; HUIJITA, T.; MIMA, T.; UENO, S., 1993c. Alternative protein sources for fish meal in diets of young yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 137–143 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; MIMA, T.; IMANAGA, T.; TOMARU, K., 1993d. Inclusion of combination of defatted soybean meal, meat meal, and corn gluten meal to yellowtail diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 1889–1895 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; MIMA, T.; KINOSHITA, H.; KISHI, S., 1994. Inclusion of malt protein flour to diet for fingerling yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 60: 521–525 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; KISHI, S., 1996. Addition of combined defatted soybean meal, malt protein flour, and meat meal to yellowtail diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62: 243–247 (in Japanese, with English abstract).

- SHIMENO, S.; RUCHIMAT, T.; MASTUMOTO, M.; UKAWA, M., 1997. Inclusion of full-fat soybean meal in diet for fingerling yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63: 70–76 (in Japanese, with English abstract).
- SHIMENO, S.; MATSUMOTO, M.; HOSOKAWA, H.; MASUMOTO, T.; UKAWA, M., 2000. Inclusion of poultry feather meal in diet for fingerling yellowtail. *Suisanzoshoku*, 48: 99–104 (in Japanese, with English abstract).
- SHELDON, W.M.; BLAZER, V. S., 1991. Influence of dietary lipid and temperature on bactericidal activity of channel catfish macrophages. *J. Aquat. Anim. Health*, 3: 87-93.
- SOLER-VILA, A.; COUGHLAN, S.; GUIRY, M.D.; KRAAN, S., 2009. The red alga *Porphyra dioica* as a fish-feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, feed efficiency, and carcass composition. *Journal of Applied Phycology*, 21(5): 617-624.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; ROEM, A.J., 1998. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytase treated soy protein concentrate based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 161: 365-379.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; ROEM, A.J., 2000. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption of other minerals in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal and soy protein concentrate as the main sources of protein. *Aquacult. Nutr.*, 6: 103-108.
- STOREBAKKEN, T.; BAEVERFJORD, G.; SKREDE, A.; OLLI, J.J.; BERGE, G.M., 2004. Bacterial protein grown on natural gas in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*, in freshwater. *Aquaculture*, 241: 413-425.
- STUBHAUG, I.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G.; DICK, J.R.; TORSTENSEN, B.E., 2005. Fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) hepatocytes and influence of dietary vegetable oil. *Biochim Biophys. Acta*, 1734(3): 88-277.
- SUONTAMA, J.; KARLSEN, O.; MOREN, M.; HEMRE, G.; MELLE, W.; LANGMYHR, E.; MUNDHEIM, H.; RINGOE, E.; OLSEN, R.E., 2007. Growth, feed conversion and chemical composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) fed diets supplemented with krill or amphipods. *Aquacult. Nutr.*, 13: 241-255.
- TACON, A.G.J., 2005. Salmon aquaculture dialogue: status of information on salmon aquaculture feed and the environment. *International Aquafeed*, 8: 22–37.
- TACHIHARA, K.; EBISU, R.; TUKASHIMA, Y., 1993. Spawning, eggs, larvae and juveniles of the purplish amberjack *Seriola dumerili*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish*, 59: 1479-1488.
- TAKAGI, S.; MURATA, H.; GOTO, T.; ICHIKI, T.; ENDO, M.; HATATE, H.; YOSHIDA, T.; SAKAI, T.; YAMASHITA, H.; UKAWA, M., 2006b. Efficacy of taurine supplementation for preventing green liver syndrome and improving growth performance in yearling red seabream *Pagrus major* fed low-fishmeal diet. *Fish. Sci.*, 72: 1191–1199.

- TAKAGI, S.; MURATA, H.; GOTO, T.; ENDO, M.; YAMASHITA, H.; UKAWA, M., 2008. Taurine is an essential nutrient for yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fish meal diets based on soy protein concentrate. *Aquaculture*, 280: 198-205.
- TAKAKUWA, F.; FUKADA, H.; HOSOKAWA, H.; MASUMOTO, T., 2006. Optimum digestible protein and energy levels and ratio for greater amberjack *Seriola dumerili* fingerling. *Aquaculture Research*, 37: 1532–1539.
- TAKAKUWA, F.; FUKADA, H.; HOSOKAWA, H.; MASUMOTO, T., 2006. Availability of poultry by-product meal as an alternative protein source for fish meal in diet for Greater Amberjack (*Seriola dumerili*), 54 (4): 473-480.
- TAKEUCHI, T.; ARAKAWA, T.; SATOH, S.; WATANABE, T., 1992. Supplemental effect of phospholipids and requirement of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid of juvenile Striped Jack. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(4): 707-713.
- TAKII, K.; SHIMENO, S.; NAKAMURA, M.; ITOH, Y.; OBATAKE, A.; KUMAI, H.; TAKEDA, M., 1990. Evaluation of soy protein concentrate as a partial substitute for fish meal protein in practical diet for yellowtail. In: *Proc. III Int. Sym. on Feeding and Nutrition in Fish*, Takeda, M. and Watanabe, T. (eds), Toba (Japan), 1989: 281-288.
- THIESSEN, D.L.; MAENZ, D.D.; NEWKIRK, R.W.; CLASSE, H.L.; DREW, M.D., 2004. Replacement of fishmeal by canola protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture nutrition*, 10: 379-388.
- THOMPSON, B.A.; BEASLEY, M.; WILSON, C.A., 1999. Age distribution and growth of greater amberjack, *Seriola dumerili*, from the north-central Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, 97 (2): 362-371.
- TIBALDI, E.; HAKIM, Y.; UNI, Z.; TULLI, F.; MATILDE, DE F.; LUZZANA, U.; HARPAZ, S., 2006. Effects of the partial substitution of dietary fish meal by differently processed soybean meals on growth performance, nutrient digestibility and activity of intestinal brush border enzymes in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 261: 182-193.
- TOCHER, D.R.; BELL, J.G.; DICK, J.R.; SARGENT, J.R., 1997. Fatty acyl desaturation in isolated hepatocytes from Atlantic salmon (*Salmo salar*): Stimulation by dietary borage oil containing γ -linolenic acid. *Lipids*, 32: 1237-1247.
- TOCHER, D.R.; FONSECA-MADRIGAL, J.; BELL, J.G.; DICK, J.R.; HENDERSON, R.J.; SARGENT, J.R., 2002. Effects of diets containing linseed oil on fatty acid desaturation and oxidation in hepatocytes and intestinal enterocytes in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiol. Biochem.*, 26: 157-170.
- TOCHER, D.R.; FONSECA-MADRIGAL, J.; DICK, J.R.; WING KEONG, N.G.; BELL, J.G.; CAMPBELL, P.J., 2004. Effects of water temperature and diets containing palm oil on fatty acid desaturation and oxidation in hepatocytes and intestinal enterocytes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp. Biochem. Physiol. B*, 137: 49-63.
- TOCHER, D.R.; DICK, J.R.; MACGLAUGHLIN, P.; BELL, J.G., 2006. Effect of diet enriched in $\Delta 6$ desaturated fatty acids (18:3n-6 and 18:4n-3), on growth, fatty acid composition and highly

unsaturated fatty acid synthesis in two populations of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Comp. Biochem. Physiol. B*, 144: 245-253.

TOMÁS, A.; DE LA GÁNDARA, F.; GARCÍA-GÓMEZ, A.; PÉREZ, L.; JOVER, M., 2005. Utilization of soybean meal as an alternative protein source in the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerili*. *Aquaculture Nutrition*, 11: 333-340.

TOMÁS, A.; DE LA GÁNDARA, F.; GARCÍA-GÓMEZ, A.; CERDÁ, M. J., 2008. Effect of the protein/energy ratio on the growth of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*). *Aquaculture Research*, 39: 1141-1148.

TOMÁS, A.; MARTÍNEZ-LLORENS, S.; JESUS-MORIÑIGO, J.V.; PLANAS, B.; M. JOVER., 2011. ¿Piensos sin harina de pescado? Sí es posible. *Libro Resúmenes XIII CNA*. Castelldefels.

TORSTENSEN, B.E.; LI, Ø.; FRØYLAND, L., 2000. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Effects of capelin oil, palm oil and oleic-acid enriched sunflower oil as dietary lipid sources. *Lipids*, 35: 653-664.

TORSTENSEN, B.E.; ESPE, M.; SANDEN, M.; STUBHAUG, I.; WAAGBØ, R.; HEMRE, G.; FONTANILLAS, R.; NORDGARDEN, U.; HEVRØY, E.M.; OLSVIK, P.; BERNTSEN, M.H.G., 2008. Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture*, 285: 193-200.

TURCHINI, G.M.; TORSTENSEN, B.E.; NG, W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1: 10-57.

UHING, R.J.; COWLEN, M.S.; ADAMS, D.O., 1990. Mechanisms regulating the production of arachidonate metabolites in mononuclear phagocytes. *Curr. Trop. Membr. Trans.*, 35: 349-374.

VILLALTA, M.; ESTÉVEZ, A.; BRANSDEN, M.P.; BELL, J.G., 2007. Arachidonic acid, arachidonic/eicosapentaenoic acid ratio, stearidonic acid and eicosanoids are involved in dietary-induced albinism in Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquac. Nutr.*, 13: 1-9.

VIYAKARN, V.; WATANABE, T.; AOKI, H.; TSUDA, H.; SAKAMOTO, H.; OKAMOTO, N.; ISO, N.; SATOH, S.; TAKEUCHI, T., 1992. Use of soybean meal as a substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58: 1991-2000.

WATANABE, T.; VIYAKARN, V.; KIMURA, H.; OGAWA, K.; OKAMOTO, N.; ISO, N., 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58: 1761-1773.

WATANABE, T.; VIYAKARN, V.; AOKI, H.; TSUDA, H.; SAKAMOTO, H.; MAITA, M.; SATOH, S.; TAKEUCHI, T., 1994. Utilization of alternative protein sources as substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Suisanzoshoku*, 42: 499-506.

- WATANABE, T.; AOKI, H.; VIYAKARN, V.; MAITA, M.; YAMAGATA, Y.; SATOH, S.; TAKEUCHI, T., 1995. Combined use of alternative protein sources as a partial replacement for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Suisanzoshoku*, 43: 511–520 (in Japanese, with English abstract).
- WATANABE, T.; VERAKUNPIRIYA, V.; WATANABE, K.; VISWANATH, K.; SATOH, S., 1998. Feeding of rainbow trout with non-fish meal diets. *Fish. Sci.*, 63: 258–266.
- WATANABE, K.; URA, K.; YADA, T.; KIRON, V.; SATOH, S.; WATANABE, T., 2000. Energy and protein requirements of yellowtail for maximum growth and maintenance of body weight. *Fisheries Science*, 66: 1053–1061.
- XIE, S.; JOKUMSEN, A., 1997. Incorporation of potato protein concentrate in diets for rainbow trout: effect on feed intake, growth and feed utilization. *Aquaculture nutrition*, 3: 223-226.
- XUE, M.; LUO, L.; WU, X.; REN, Z.; GAO, P.; YU, Y.; PEARL, G., 2006. Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acid composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture*, 260: 1-4.
- YAMAMOTO, T.; SHIMA, T.; FURUJITA, H.; SUZUKI, N., 2002. Influence of feeding diets with and without fish meal by hand and by self-feeders on feed intake, growth and nutrient utilization of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 214: 289-305.
- YANG, Y.H.; WANG, Y.Y.; LU, Y.; LI, K.Z., 2010. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*, doi: 10.1007/s10499-010-9359-y.
- YOSHITOMI, B.; AOKI, M.; OSHIMA, S.; HATA, K., 2006. Evaluation of krill (*Euphausia superba*) meal as a partial replacement for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*, 261: 440–446.
- YOSHITOMI, B.; AOKI, M.; OSHIMA, S., 2007. Effect of total replacement of dietary fish meal by low fluoride krill (*Euphausia superba*) meal on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in fresh water. *Aquaculture*, 266: 219-225.
- ZHENG, X.; TORSTENSEN, B.; TOCHER, D.R.; DICK, J.R.; HENDERSON, R.J.; BELL, J.G., 2005. Environmental and dietary influences on highly unsaturated fatty acid biosynthesis and expression of fatty acyl desaturase and elongase genes in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Biochim. Biophys. Acta*, 1734: 13-24.