

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/338987699>

Manual Técnico –Seriola (Seriola dumerili)

Article · January 2018

CITATIONS

0

READS

236

14 authors, including:



Constantinos Chrysanthos Mylonas

Hellenic Centre for Marine Research

243 PUBLICATIONS 6,513 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Pantelis Katharios

Hellenic Centre for Marine Research

139 PUBLICATIONS 999 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Marisol S. Izquierdo

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

463 PUBLICATIONS 14,690 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Daniel Montero

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

165 PUBLICATIONS 7,061 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



DIVERSIFY [View project](#)



Valoración de los requerimientos en ácidos grasos esenciales y carotenoides de los reproductores de *Seriola dumerili* (I+D AGL2008-05014-C02/ACU) [View project](#)



New species for EU aquaculture

Manual Técnico – *Seriola* (*Seriola dumerili*)



Coordinador de la Especie: Dr. Nikos Papandroulakis (Centro Helénico de Investigación Marina, Grecia),

Otros científicos participantes: Constantinos C. Mylonas, Pantelis Katharios, Aleka Tsalafouta, Panayiotis Anastasiadis, Morgan Henry (Centro Helénico de Investigación Marina, Grecia); Marisol Izquierdo, Daniel Montero, Hipolito Fernandez-Palacios, Carmen M^a Hernandez-Cruz (Parque Científico Tecnológico, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España), Salvador Jerez y María Virginia Martín (Instituto Español de Oceanografía, España), Covadonga Rodríguez y José Pérez (Universidad de La Laguna, España), Rocio Robles (CTAQUA, España).



DIVERSIFY 2018

Código QR



Índice

INTRODUCCIÓN	3
REPRODUCCIÓN Y GENÉTICA	4
DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE INDUCCIÓN DE PUESTAS OPTIMIZADO PARA SERIOLA CAPTURADA EN EL MEDITERRÁNEO.....	4
DESARROLLO DE UN PROTOCOLO OPTIMIZADO DE INDUCCIÓN DE PUESTAS OPTIMIZADO PARA SERIOLA CAPTURADA EN EL ATLÁNTICO ORIENTAL	5
DESARROLLO DE UN PROTOCOLO OPTIMIZADO DE INDUCCIÓN DE PUESTAS PARA SERIOLA F1 CRIADA EN HATCHERY EN EL ATLÁNTICO ORIENTAL	6
NUTRICIÓN.....	9
NUTRICIÓN PARA HATCHERY Y CRECIMIENTO PARA SERIOLA.....	9
DIETAS PARA OPTIMIZAR LA REPRODUCCIÓN DE LOS REPRODUCTORES	15
CULTIVO LARVARIO.....	20
ONTOGENÍA DE LOS SISTEMAS DIGESTIVO Y DE VISIÓN	20
EFECTO DE LAS DIETAS Y PROBIÓTICOS	23
EFECTO DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES DURANTE EL CULTIVO.....	26
HACIA UN PROTOCOLO INDUSTRIAL	31
MANEJO DEL ENGORDE	33
DESARROLLO DEL MÉTODO DE CRÍA EN VIVEROS.....	33
DESARROLLO DE MÉTODOS DE ALIMENTACIÓN	37
DESARROLLO DEL MANEJO APROPIADO.....	39
SALUD DE LOS PECES.....	48
CLAVES DEL SISTEMA INMUNE	48
EFECTO DE AFECCIONES SOBRE LA MUCOSA DE DEFENSA DE SERIOLA.....	48
MERCADO, PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR, NUEVOS PRODUCTOS Y MODELO DE NEGOCIO	52
REFERENCIAS SELECCIONADAS.....	54





Introducción

Seriola dumerili (Risso, 1810) es una de las principales especies candidatas para mejorar la acuicultura europea, mostrando tasas de crecimiento diez veces más altas que la lubina europea, *Dicentrarchus labrax*. El mayor cultivo de seriola en la región mediterránea comenzó en los años 80 utilizando condiciones de cultivo estándar, donde el alimento se basó primero en pescado fresco pero progresó rápidamente a alimentos artificiales (García-Gómez, 2000). En los últimos años, el interés por esta especie en la industria de la acuicultura se está expandiendo, debido a su alta demanda y precio de mercado, rápido crecimiento, filete de excelente calidad y su capacidad para aceptar alimentos inertes (Nakada, 2000). Hoy en día, principalmente como resultado del trabajo realizado en el proyecto DIVERSIFY, en Grecia existe una actividad comercial limitada pero que crece gradualmente con individuos producidos en criaderos, y el primer tamaño de pez del mercado llegó al mercado europeo en 2018.



Los principales cuellos de botella para la incorporación de la seriola en la industria de la acuicultura de la UE al inicio del proyecto incluían la falta de (a) reproducción fiable y (b) producción de un número adecuado de juveniles. En ambientes controlados, la reproducción ha sido problemática (Kozul et al., 2001), pero los reproductores criados en cautividad se han reproducido después de tratamientos hormonales (Mylonas et al., 2004), y en algunos casos también espontáneamente (Jerez et al., 2006). Además, estaban disponibles algunos conocimientos sobre los requerimientos nutricionales de los criadores (Rodríguez-Barreto et al., 2012). DIVERSIFY ha estudiado la reproducción en ambientes controlados y en la naturaleza, y ha desarrollado métodos de inducción de desove que se desarrollan aquí.

Si bien las larvas de seriola se estudiaron anteriormente y se ha demostrado que pueden pasar fácilmente de consumir rotíferos a pienso extrusionado (Shiozawa et al., 2003), todavía hay muy poca información que pueda conducir a protocolos de alimentación de larvas y sistemas de cría aplicables de esta especie a escala comercial. Los primeros ensayos demostraron que los métodos semiintensivos, caracterizados por una densidad de población tan baja como 0.25 huevos l-1, parecen ser efectivos, pero la tasa de supervivencia fue bastante baja, alrededor del 3% (Papandroulakis et al., 2005). Por lo tanto, fue necesario obtener nueva información sobre sus parámetros de cría. Los principales objetivos de nuestros estudios fueron definir algunos de los parámetros relacionados con la cría de larvas de seriola para optimizar las metodologías aplicadas. Los efectos de la forma del tipo de tanque, la duración de la fase fotográfica, el color de fondo del tanque y las condiciones de luz, la densidad de la media, los protocolos de alimentación y los requisitos nutricionales se estudiaron en términos de crecimiento, supervivencia, deformidades esqueléticas, composición bioquímica, estrés y condición larvaria.

Otra área de preocupación para la producción comercial de seriola es la salud de los peces. Debido a que la acuicultura de seriola todavía está en su infancia en Europa, hay pocos informes de casos, si es que los hay, sobre brotes significativos debidos a infecciones bacterianas. Se ha informado que la epiteliocystis y la fotobacteriosis causan pérdidas en peces de acuicultura, mientras que se ha demostrado experimentalmente que varios patógenos bacterianos conocidos son virulentos para la especie. Por otro lado, las enfermedades parasitarias ya han mostrado su potencial devastador durante el crecimiento. Parásitos monógenos como *Neobenedenia* sp. y *Zeuxapta seriolae* se han relacionado con la mortalidad masiva en peces de granjas de acuicultura (Grau et al., 1996), mientras que *Neobenedenia* spp se identificó en un brote importante que causó pérdidas tanto en juveniles como en reproductores. DIVERSIFY ha estudiado las patologías potenciales que se produjeron en el curso del proyecto en un esfuerzo por desarrollar herramientas de diagnóstico temprano, soluciones veterinarias y protocolos veterinarios preventivos disponibles y apoyar la crianza sostenible de la especie.

Este manual proporciona la mayoría de la información obtenida en DIVERSIFICACIÓN, y creemos que sería un recurso valioso para la incorporación de seriola en la industria acuícola mediterránea.



Reproducción y Genética

Desarrollo de un protocolo optimizado de inducción de puestas para el cultivo de seriola en el Mediterráneo

Constantinos C. Mylonas, Hellenic Center for Marine Research

El objetivo de este estudio fue examinar los dos métodos de inducción de puestas mediante el uso de agonistas de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH α), ya sea en forma de implantes de EVAc (liberación sostenida de la sustancia en el torrente sanguíneo) o inyecciones (liberación aguda de la sustancia en el torrente sanguíneo) en términos de cinética de desove, producción y calidad de huevos y entrega un protocolo viable para la industria de la acuicultura.

Los reproductores de seriola se mantuvieron en las instalaciones de Argosaronikos Fish Farm S.A., en la isla de Salamina (Grecia). Los reproductores fueron 28 peces, capturados en la etapa juvenil y obtenidos en mayo de 2014 del área de Astakos (Grecia occidental). Se mantuvieron en un vivero marino de 1000 m 3 , a 300 m mar adentro de la instalación terrestre. En el momento de la primera temporada reproductiva (fines de primavera-verano), el stock estaba formado por 14 hembras (media \pm peso corporal SD 18.8 \pm 2.1 kg) y 14 machos (media \pm peso corporal SD: 15.1 \pm 3.0 kg). La alimentación se administró hasta saciar el apetito aparente durante 6 días a la semana utilizando el pienso Skretting Vitalis CAL (22 mm). Para el ensayo de inducción del desove, los peces se transfirieron a la instalación en tierra, a 23 m 3 de flujo a través de tanques redondos, de acuerdo con el tratamiento recibido, y se mantuvieron en una proporción de 1: 1 en cuanto al sexo. Las hembras fueron tratadas con una inyección de GnRH α (20–25 μ g GnRH α kg $^{-1}$) o con un implante EVAc GnRH α (Mylonas y Zohar, 2001), cargadas con 750–1000 μ g de GnRH α , para una dosis efectiva de 49–69 μ g GnRH α kg $^{-1}$. Las hembras fueron tratadas semanalmente en el grupo inyectado, y en los grupos inyectados e implantados en la tercera semana (un total de 3 inyecciones y 2 implantes).

Los peces implantados realizaron la puesta 9 de cada 10 veces después del primer tratamiento, mientras que solo en 4 ocasiones después del segundo tratamiento (Fig. 1). Por el contrario, los peces inyectados realizaron la puesta en 7 ocasiones después del primer tratamiento, entre 3 y 5 veces después del segundo tratamiento. La fecundidad relativa diaria promedio fue mayor en los peces implantados (15,170 \pm 2,738 huevos kg $^{-1}$ día $^{-1}$) en comparación con los peces inyectados (6,119 \pm 2,790 huevos kg $^{-1}$ día $^{-1}$) (Fig. 5). La fecundidad relativa total también fue mayor en los peces implantados (102,402 \pm 20,337 huevos kg $^{-1}$ tanque $^{-1}$) en comparación con los inyectados (26,517 \pm 9,938 huevos kg $^{-1}$ tanque $^{-1}$). La producción total de huevos disminuyó en los peces inyectados después de los tratamientos consecutivos de GnRH α , mientras que en los peces implantados no se observaron diferencias estadísticas entre el número de tratamiento ($P = 0,17$).

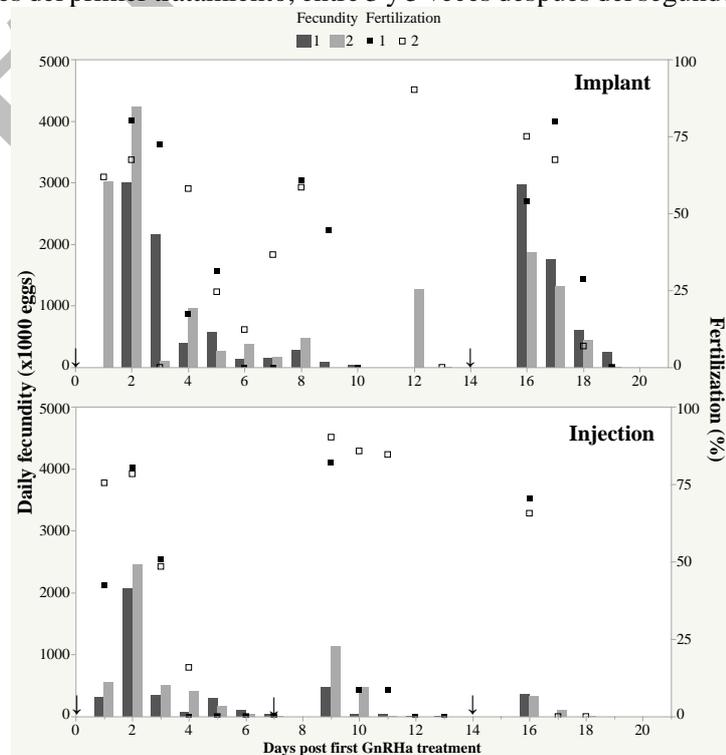




Figura 1. La fecundidad diaria (barras, x1000 huevos) y el éxito de la fertilización (marcas, %) de GnRH α implantado o inyectado en seriola. Las flechas (n = 2 para GnRH α implantado y n = 3 para inyectado, respectivamente) indican el tiempo de tratamiento. La primera aplicación se realizó el 7 de junio de 2016.

El éxito de la fertilización, la supervivencia embrionaria a las 24 h, la eclosión y la supervivencia larvaria en 5 días fue similar entre los métodos de tratamiento, mientras que no se observaron diferencias estadísticas entre los diferentes números de tratamiento (Fig. 2).

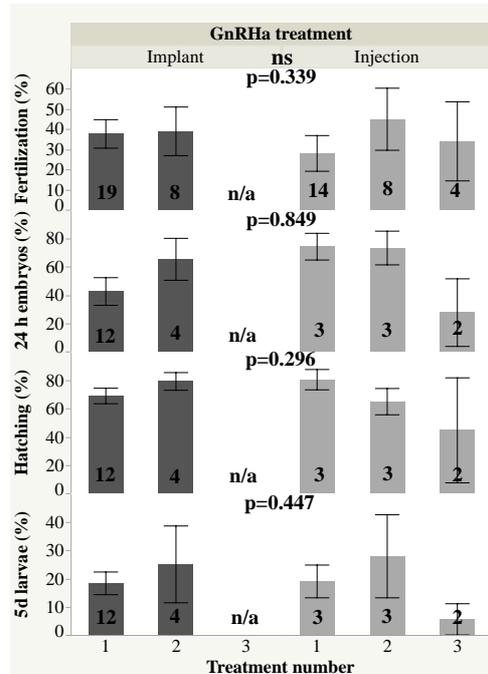


Figura 2. Fertilización media (\pm SEM), 24 horas de supervivencia embrionaria, eclosión y supervivencia larvaria 5 días después de tratamientos consecutivos con implantes o inyecciones de GnRH α . Los números de las barras indican los desoves que constituyen cada media. No se observaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Se indujo con éxito el desove en seriola usando implantes de GnRH α o inyecciones de GnRH α , obteniendo huevos fecundados. GnRH α puede inducir de manera fiable en el desove múltiple de huevos viables, superando las disfunciones reproductivas observadas de la especie en cautiverio. Esto es importante, ya que en el Mediterráneo no se ha reportado una reproducción espontánea fiable de la especie, cuando los peces se mantienen en tanques terrestres. Dos tratamientos con implantes de GnRH α en comparación con tres tratamientos con inyecciones de GnRH α , produjeron más huevos en términos de fecundidad sin alterar la calidad de los huevos en términos de fertilización, 24 horas de supervivencia embrionaria, incubación y 5 días de supervivencia larvaria. Esto significa que se necesita menos manejo utilizando el primer protocolo de tratamiento que produce una cantidad significativamente mayor de huevos para el cultivo de la especie.

Desarrollo de un protocolo optimizado de inducción de puestas para la seriola en el Atlántico este

Hipolito Fernández-Palacios, Parque Científico Tecnológico, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

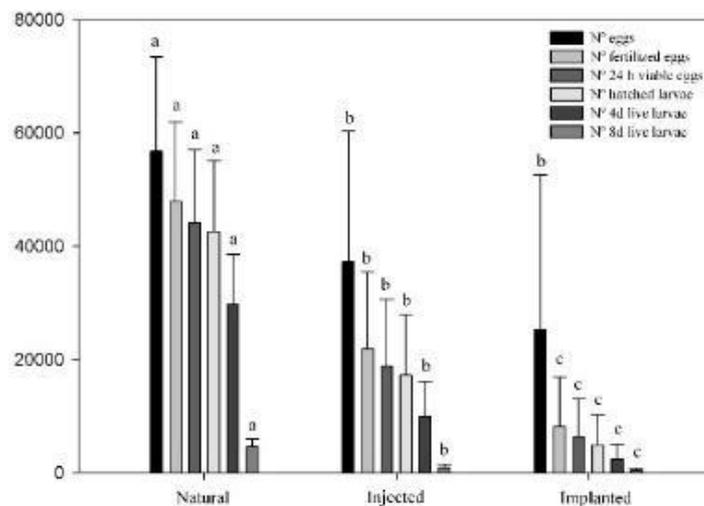
El objetivo principal del presente estudio fue examinar el potencial de la seriola salvaje criada en cautividad para producir puestas de forma natural, y comparar la calidad de los huevos producidos con los producidos a partir de puestas inducidas con GnRH α , aplicada con inyecciones o implantes.



En enero de 2013, se transfirieron a la nueva estación de reproductores de la PCTM las 22 seriolas con un peso promedio de 8.27 ± 1.11 kg para hembras y 8.12 ± 1.82 kg para machos, y se mantuvieron en tres tanques circulares de 40 m³ (5 m x 2,35 m). Los peces seleccionados se distribuyeron en tres tanques circulares de 40 m³ en volumen, de la siguiente manera: en el tanque 1 (2 ♀ y 5 ♂), los peces no fueron inducidos hormonalmente y se dejaron como controles; en el tanque 2 (3 ♀ y 3 ♂), los peces fueron inyectados por vía intramuscular con el análogo de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH_a) a una dosis de 20 µg kg⁻¹ de peso corporal. Estos tratamientos hormonales se aplicaron dos veces por semana alternando los reproductores (1 ♀ y 1 ♂). Los reproductores del tanque 3 (3 ♀ y 3 ♂) fueron inducidos utilizando 500 µg de implantes GnRH_a (Mylonas y Zohar, 2001) (Fig. 3).

Bajo las condiciones ambientales del fotoperíodo y la temperatura del agua de las Islas Canarias, es posible obtener puestas naturales de una gran cantidad de reproductores de seriola salvaje capturadas, como se demostró anteriormente por Jerez et al. (Jerez et al., 2006), después del mantenimiento de los peces sin mucha manipulación durante al menos 2 años en tanques de 40 m³ en volumen. El rendimiento reproductivo y la calidad de los huevos y larvas producidos a partir de estas hembras con reproducción espontánea fueron los mejores, en comparación con los individuos inducidos por GnRH_a. Además, se demostró que la terapia con GnRH_a en forma de inyecciones múltiples o implantes de liberación controlada es muy eficaz para inducir múltiples puestas. Las inyecciones de GnRH_a administradas semanalmente tuvieron más éxito en la inducción de puestas con un alto éxito de fertilización que los peces que recibieron implantes de GnRH_a, por lo que se recomiendan para esta especie en las condiciones en las Islas Canarias.

Figura 3. Producción de huevos, embriones y larvas de hembras de seriola (por kg de hembras y puestas) generadas espontáneamente o inducidas con el tratamiento con GnRH_a (inyecciones o implantes). Para cada barra de parámetros examinada con una letra diferente, el superíndice difiere significativamente ($P < 0.01$).



El desarrollo de un protocolo de inducción de puestas optimizado para seriola F1 en el Atlántico este

Salvador Jerez and María Virginia Martín, Instituto Español de Oceanografía (España)

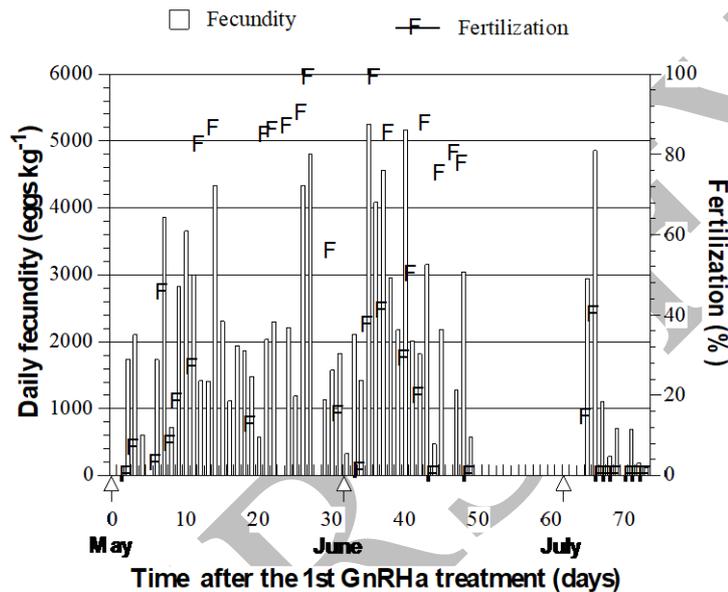
Los objetivos del presente estudio fueron examinar el desarrollo reproductivo de la generación F1 de seriola y evaluar el potencial de los sistemas de liberación controlada de GnRH_a (implantes) para inducir la maduración de los ovocitos, la espermiación, el desove de los huevos fertilizados y monitorear la cinética del desove y calidad de los gametos. El método desarrollado muestra un gran potencial para el desarrollo de la industria de la acuicultura para obtener seriola al permitir el uso de reproductores producidos en criadero para ampliar la selección de reproductores.

El cultivo tuvo lugar en las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias, Tenerife, España. Los reproductores consistían en 14 peces F1 de crianza obtenidos a partir de huevos de reproductores capturados en el medio silvestre entre 2005 y 2009. Los peces se mantuvieron durante en dos tanques de 50 m³ cubiertos al aire libre, abastecidos con agua de pozo (10 renovaciones día⁻¹) a temperatura ambiente del agua y fotoperíodo hasta el inicio de los experimentos el 13 de mayo de 2015. Después del primer tratamiento con GnRH_a y durante la duración del estudio, los peces seleccionados se



colocaron en un solo tanque cubierto exterior de 500 m³ con suministro continuo de agua (6 renovaciones día⁻¹) bajo fotoperíodo natural. Los peces se trataron con un implante de etileno-acetato de vinilo (EVAc) GnRH α (Mylonas y Zohar, 2001) cargados con GnRH α en los tiempos de muestreo de mayo, junio y julio (Fig. 4).

Figura 4. La fecundidad diaria y la fertilización de las seriolas F1 en respuesta a tres tratamientos con implantes de GnRH α . Las flechas blancas en el eje X indican los tiempos de los tratamientos de GnRH α . El presente estudio demostró que la seriola de crianza sufre una gametogénesis normal y puede inducirse



a una maduración, ovulación y desove después de múltiples administraciones de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH α) en un sistema de liberación controlada, durante un período de desove prolongado desde mayo a septiembre en las Islas Canarias, España. El uso de los sistemas de administración de GnRH α dio lugar a múltiples puestas de huevos fertilizados y viables. La producción de huevos fue alta y la calidad del huevo fue adecuada para la implementación de la cría de larvas con fines comerciales. El manejo repetitivo requerido para administrar los implantes de GnRH α durante la temporada de desove prolongada no produjo ningún efecto negativo en el bienestar y el rendimiento reproductivo de los peces según la evaluación de una serie de parámetros bioquímicos.

Los parámetros de calidad del esperma que se evaluaron incluyeron (a) la densidad del esperma (número de espermatozoides ml⁻¹ del esperma), (b) el porcentaje inicial de espermatozoides que muestra motilidad hacia delante inmediatamente después de la activación (motilidad del esperma, %), (c) la duración de la esperma hacia adelante motilidad de $\geq 5\%$ de los espermatozoides en el campo de visión (duración de la motilidad, mín.) y (d) supervivencia del esperma durante el almacenamiento a 4 ° C (supervivencia del esperma, días). En los machos, en general no hubo diferencias en los parámetros de la calidad del esperma de los machos durante el presente estudio (Fig. 5), mostrando valores similares a los de seriolas tratadas con GnRH α capturado salvaje (Mylonas et al., 2004). Se observó una reducción gradual en la duración de la motilidad de los espermatozoides durante la temporada reproductiva en otro estudio con individuos capturados en el este del Mar Mediterráneo oriental (Zupa et al., 2017). Sin embargo, como las temperaturas del agua no suben a los mismos niveles en el verano en las Islas Canarias, aparentemente la seriola permanece en condiciones de espermiación durante un período de tiempo mucho más largo, de mayo a octubre (Fernández-Palacios et al., 2015; Jerez et al., 2006). La densidad de espermatozoides en machos F1 tratados con GnRH α mostró una tendencia creciente en el transcurso del período de desove, aunque siempre fue menor que la obtenida en machos capturados en la naturaleza tratados con implantes de GnRH α , pero estaba en el mismo rango de un estudio utilizando machos no tratados.

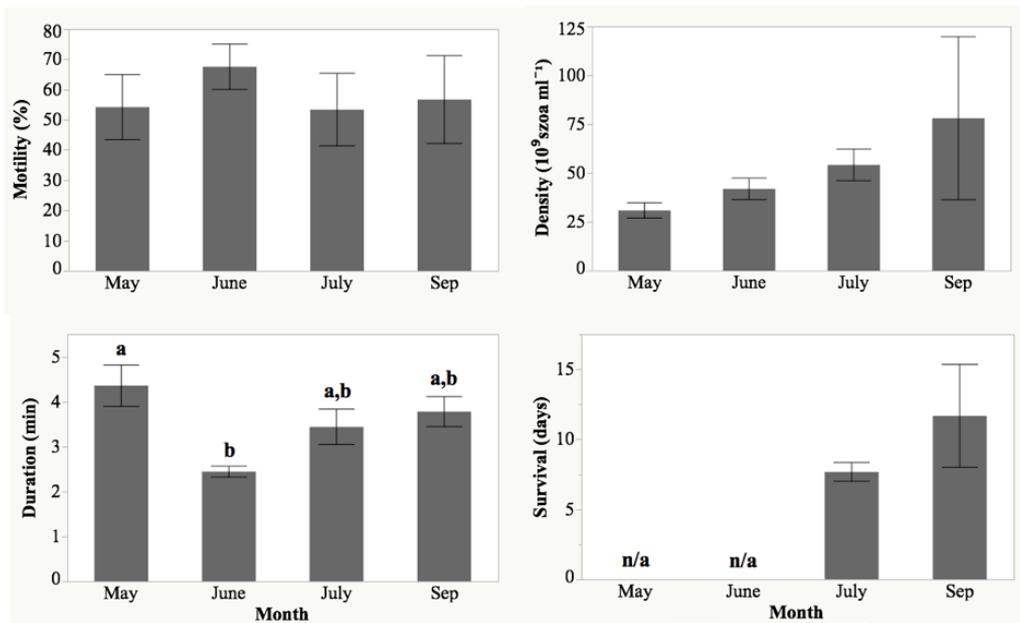


Figura 5. Parámetros medios (\pm SEM) de la calidad de la espermia de seriola F1 en diferentes momentos durante la estación reproductiva (motilidad del espermatozoide hacia adelante, densidad, duración de la motilidad y supervivencia máxima durante el almacenamiento a 4 °C). Las diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de muestreo se indican con letras minúsculas diferentes ($P \leq 0.05$). na = no disponible.

El método de control de reproducción desarrollado muestra un gran potencial para el desarrollo de la industria de la acuicultura para obtener seriolas, al permitir el uso de reproductores producidos en acuicultura para una mayor selección de reproductores (Fig. 6). Por el momento, existe la necesidad de mantener a los reproductores en jaulas marinas durante el año, hasta que la industria de la acuicultura construya nuevos tanques de reproductores grandes (> 70 m³) provistos de agua de mar filtrada con la calidad adecuada..



Figura 6. Cría de reproductores de seriola (izquierda) y colocación de implantes hormonales en un espécimen de seriola (derecha).



Nutrición

Nutrición para Hatchery y engorde de seriola

Marisol Izquierdo, Daniel Montero, Carmen M^a Hernandez-Cruz, Parque Científico Tecnológico, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Covadonga Rodríguez and José Pérez, Universidad de La Laguna

Salvador Jerez. M. Virginia Martín, Instituto Español de Oceanografía

El objetivo general del estudio fue determinar los requisitos nutricionales y los niveles óptimos de DHA, EPA y PUFA-carotenoides combinados en productos de enriquecimiento de seriola durante de las etapas suplementación de rotífero y artemia, evaluando sus efectos en la supervivencia, el crecimiento, el bienestar y resistencia al estrés / tolerancia, desarrollo óseo y composición tisular.

1. Ácido docosahexaenoico óptimo (DHA) en productos de enriquecimiento para presas vivas para seriola

Seriolas de 17 dph, con una densidad total de 1000 larvas por tanque (longitud total promedio de 6.39 ± 0.44 mm; peso fresco promedio de 2.94 ± 0.57 mg), se distribuyeron al azar en 15 tanques experimentales de 200 l de capacidad en las instalaciones de Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. De 17 a 22 dph, hubo una superposición entre los rotíferos (no enriquecidos) y la artemia, con una reducción gradual en las cantidades de rotíferos de 5000 a 1 l – 1 individual y un aumento progresivo de Artemia enriquecida de 125 a 500 individuos l – 1. De 23 a 35 dph, se alimentaron larvas de seriola exclusivamente con Artemia enriquecida de uno de los cinco tratamientos dietéticos.

Se formularon cinco emulsiones experimentales, que variaron en los contenidos de DHA (0-50%). Se prepararon emulsiones experimentales, mezclando cantidades crecientes de aceite de éster metílico comercial de alto contenido en DHA (DHA-70, Maruha Nichiro Foods, Tokio, Japón) que contiene 70% de Ácidos Grasos Totales (TFA) como DHA, 12% como EPA y 2% como ARA; Aceite de ácido oleico (Sigma-Aldrich; Madrid, España) que incluye 77% de TFA como ácido oleico y lecitina de soja (SL, Korot SL, Alcoy, España) que contiene principalmente el 54% de TFA como ácido linoleico (18:2n – 6, LA) y trazas de EPA y DHA. Además, para prevenir la oxidación de niveles altos de DHA, las emulsiones experimentales se enriquecieron con 3000 mg kg⁻¹ de vitamina E (acetato de DL- α -tocoferol, Sigma-Aldrich, Madrid, España) y 2500 mg kg⁻¹ de vitamina C (L Ácido vascularico, Asc, Sigma-Aldrich, Madrid, España,) (Tabla 1). La supervivencia de la larva se calculó contando diariamente las larvas muertas a partir de 17 dph y contando todas las larvas vivas restantes al final del experimento. Treinta larvas por tanque a 35 dph fueron sometidas a estrés agudo, manejándolas fuera del agua durante 30 y 60 segundos y devolviéndolas a un cubo con agua de mar aireada. La tasa de supervivencia se determinó 24 horas después, contando todas las larvas supervivientes. Para determinar la incidencia de anomalías esqueléticas, se recolectaron 100 larvas por tanque a 35 dph.

Tabla 1. Ingredientes de la emulsión, composición proximal y de ácidos grasos de la Artemia enriquecida resultante, que contiene niveles crecientes de DHA.

<i>Experimental Emulsion</i>	<i>DHA-0</i>	<i>DHA-1</i>	<i>DHA-2</i>	<i>DHA-3</i>	<i>DHA-4</i>
<i>Ingredients (g kg⁻¹ diet)</i>					
<i>DHA-7⁰</i>	0	300	450	600	900
<i>Oleic acid</i>	900	600	450	300	0
<i>Soy bean lecithin</i>	100	100	100	100	100

☐

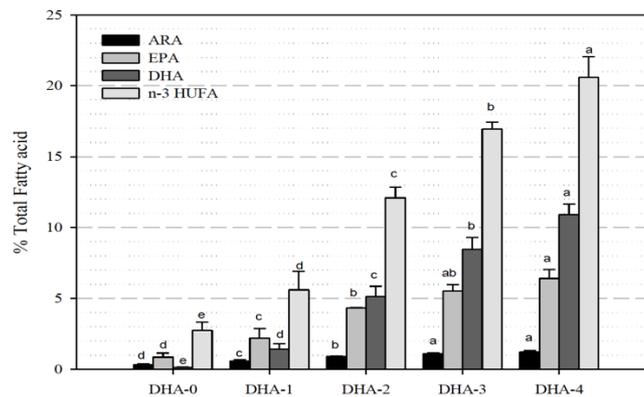


Figura 7. Contenido de ácidos grasos en Artemia.

El nivel más bajo de DHA en emulsiones experimentales estuvo presente en DHA-0 con 0.5% en TFA, mientras que los contenidos de DHA en DHA 1 a 4 aumentaron de 10.5% a 52.5% en TFA.

Resultados

Rendimiento larval

La relación entre la longitud total y el contenido de DHA de Artemia se describió en la Fig. 3. Los modelos de crecimiento sugieren que se logró un crecimiento máximo en el rango de concentraciones de DHA en la dieta analizadas, entre un 5-10 % de TFA con un máximo de alrededor de un 6,5-7% de DHA Contenido en artemia (fig. 7). La supervivencia larvaria se vio afectada significativamente ($P \leq 0.05$) por DHA en la dieta a 35 dph, la supervivencia más baja se registró en las larvas que recibieron el DHA más bajo en la Artemia (DHA-0) (Fig. 8).

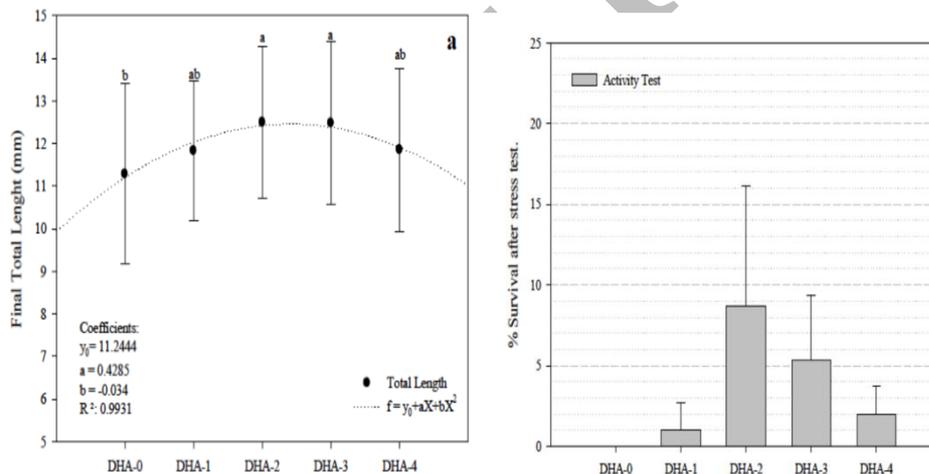


Figura 8. Relación entre (a) longitud total (mm) y el contenido de DHA en Artemia en las larvas 35 dph. Supervivencia después de la prueba de actividad.

Bienestar

La incidencia de deformidades esqueléticas agudas totales medidas como la suma de lordosis, cifosis, escoliosis, anomalías vertebrales y anomalías craneales fue relativamente baja para todos los niveles de DHA en la dieta analizadas. Este parámetro no se vio afectado significativamente por el DHA dietético con un valor promedio para todos los tratamientos dietéticos de $5.01 \pm 1.09\%$ (Fig. 9).

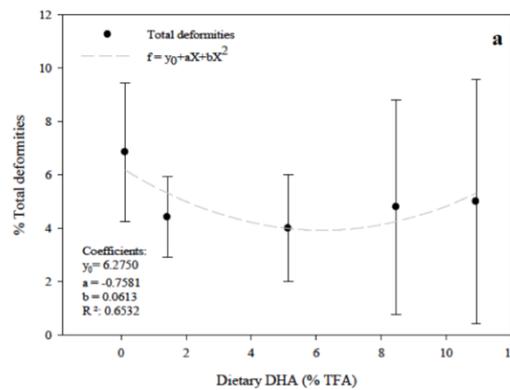


Figura 9. Relación entre las deformidades agudas totales (%) y el contenido de DHA de Artemia en la dieta (% TFA) en larvas a los 35 días posteriores a la eclosión

2. Ácido eicosapentaenoico óptimo (EPA) en productos de enriquecimiento para presas vivas para *seriola*

Metodología. Rendimiento larval

Con el mismo protocolo descrito anteriormente en las instalaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, se formularon cinco emulsiones experimentales, que variaron en los contenidos de EPA (0-60%). Se prepararon emulsiones experimentales, mezclando cantidades crecientes de aceite de triglicéridos comercial de alto contenido de EPA (Incromega EPA 500 TG, Croda, Barcelona, España) que contenía 63% de ácidos grasos totales (TFA) como EPA, 8% como DHA y 3% como ARA; Aceite de ácido oleico (Sigma-Aldrich; Madrid, España) que incluye 77% de TFA como ácido oleico y lecitina de soja (SL, Korot SL, Alcoy, España) que contiene principalmente el 54% de TFA como ácido linoleico (18: 2n – 6, LA) y trazas de EPA y DHA. Además, para prevenir la oxidación de niveles altos de DHA, las emulsiones experimentales se fortificaron con 3000 mg kg⁻¹ de vitamina E (acetato de DL- α -tocoferol, Sigma-Aldrich, Madrid, España) y 2500 mg kg⁻¹ de vitamina C (L Ácido vascularico, Asc, Sigma-Aldrich, Madrid, España,) (Tabla 2).

Tabla 2. Ingredientes de la emulsión, composición proximal y de ácidos grasos de la Artemia enriquecida resultante que contiene niveles crecientes de EPA.

Experimental Emulsion	EPA-0	EPA-1	EPA-2	EPA-3	EPA-4
	Ingredients (g kg ⁻¹ diet)				
EPA 500TG ^a	0	300	450	600	900
Oleic acid	900	600	450	300	0
Soy bean lecithin	100	100	100	100	100

Resultados.

Rendimiento larval

La artemia enriquecida con diferentes emulsiones experimentales dio como resultado cinco tratamientos enriquecidos con Artemia (Fig. 10). El contenido de EPA en Artemia se correlacionó directamente con el contenido de EPA en la emulsión experimental que osciló entre 1,08 y 22,9%; (Tabla 2), otros ácidos



grasos como el DHA (rango 0,14-3,01% TFA), ARA (rango 0,39-1,72% TFA) y el total de AGUFA n-3 (rango 3,24-29,07% TFA) también se correlacionaron directamente con su emulsión contenido.

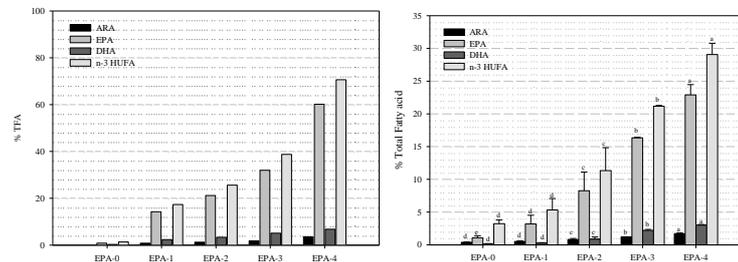


Figura 10. Contenido de ácidos grasos (porcentaje del total de ácidos grasos) en las emulsiones experimentales y en artemia.

El crecimiento larvario se vio significativamente afectado por los niveles de EPA en la dieta a lo largo del ensayo de alimentación (Fig. 11). Los modelos de crecimiento sugieren que se logró un crecimiento máximo en el rango de EPA dietético entre 8-16% de TFA con un contenido de DHA máximo de alrededor de 13-14% en artemia, cuando se proporcionó DHA bajo en la dieta (0.8-2.2% de TFA). La supervivencia larvaria se vio afectada significativamente ($P \leq 0.05$) por la EPA dietética a 35 dph, la supervivencia más baja se registró en las larvas que recibieron la EPA más baja en la Artemia (EPA-0).

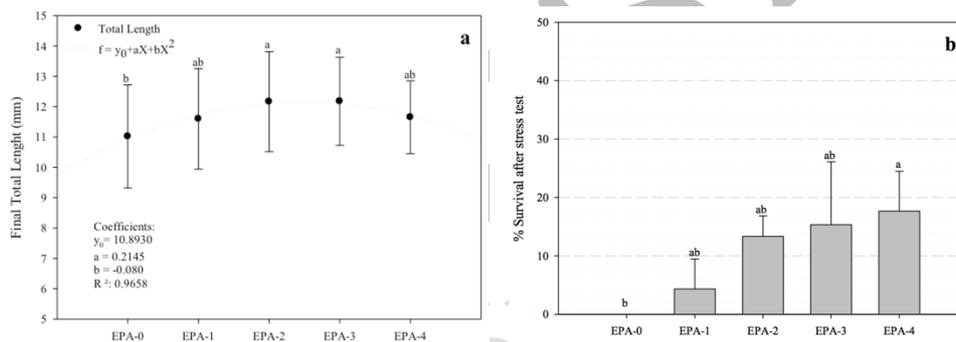


Figura 11. Relación entre (a) la longitud total (mm) y el contenido dietético de Artemia DHA (22: 6n-3) en larvas de ámbar mayor 35 dph. (segundo). Supervivencia después de la prueba de actividad.

La incidencia de deformidades esqueléticas agudas totales medidas como la suma de lordosis, cifosis, escoliosis, anomalías vertebrales y anomalías craneales fue relativamente baja para todos los niveles dietéticos de EPA ensayados.

3. Efecto combinado de lípidos y carotenoides ricos en PUFA en productos de enriquecimiento para presas vivas (rotíferos) para *Seriola*

De acuerdo con la composición de carotenoides, lípidos y ácidos grasos de las gónadas y los huevos de las hembras de *Seriola* salvaje se llevaron a cabo algunos estudios preliminares en la Universidad de La Laguna (ULL) y el Instituto Español de Oceanografía (IEO) en la isla de Tenerife. Las emulsiones se diseñaron con diferentes fuentes de lípidos que varían en su estructura química y se combinaron para proporcionar altos niveles de LC-PUFA y relaciones DHA / EPA / ARA que se asemejan a las de los huevos de *Seriola* salvaje. El estudio se basó en una emulsión rica en lípidos polares totales (rica en PL) que contenía una lecitina natural marina LC60 (PhosphoTech Laboratories, Francia) con hasta 60% de fosfolípidos (40% PC + 20 PE) rica en DHA, y una relación DHA / EPA de 2.5 / 1. E3 se basó en una mezcla de diferentes fuentes de TAG (Incomomega DHA500 TAG y aceite de hígado de bacalao), aunque se realizó una ligera suplementación con lecitina de soja para ayudar a la emulsificación y la absorción de los lípidos. Finalmente, la emulsión E2 se formuló en una mezcla de estas tres fuentes de lípidos. Las



tres emulsiones experimentales se suplementaron adicionalmente con ácido araquidónico libre (AA) (Sigma Aldrich, Madrid, España) y se emulsionaron con 0,5 g de yema de huevo. También se usó un refuerzo comercial rico en TAG como control (C).

Se concluyó que los rotíferos se enriquecieron durante cortos períodos (3-6 h) con el 6% de la lecitina marina con una ligera suplementación de ácido araquidónico en combinación con un rango de carotenoides (50, 100 o 150 ppm de Naturose ~ 2% de astaxantina), y por debajo de 50 ppm, podría mejorar el rendimiento larvario en las primeras etapas de la vida.

Cultivo larvario

Las larvas recién nacidas de seriola, con una densidad total de 5000 larvas por tanque (longitud total media de 3.14 ± 0.08 mm), se distribuyeron al azar en 12 tanques experimentales de 100 l de capacidad. Para seriolas de 3 a 11 dph, se ajustaron los rotíferos en los tanques a 5 individuos ml⁻¹ y se incrementaron a 10 individuos ml⁻¹ hasta el final del ensayo. Los rotíferos se enriquecieron con uno de cuatro tratamientos: el protocolo comercial de enriquecimiento de rotíferos (C) más tres emulsiones experimentales (E1, E1,10 y E3,10) añadidas a una concentración del 6% durante 3 horas a los tanques de enriquecimiento de rotíferos. Para el indicador de bienestar, se determinó el nivel de cortisol en larvas enteras.

Resultados

Rotíferos y Rendimiento Larvario

Los diferentes tratamientos ensayados mostraron diferencias significativas a los 14 dph. La longitud total de peces (TL) en el grupo control fue significativamente menor. La supervivencia más baja se registró en las larvas que recibieron el tratamiento basado en triacilgliceroles (TAG) (E3), más Naturose (Fig. 12) y fue significativamente diferente al tratamiento basado en fuentes lipídicas ricas en lípidos polares (E1) más Naturose.

Bienestar

Se observaron niveles de cortisol elevados en todo el cuerpo y significativamente más altos ($P < 0.05$) en las larvas alimentadas con el tratamiento E1 a los 14 dph. Por el contrario, el nivel de cortisol de larvas del tratamiento E1,10 fue el más bajo.

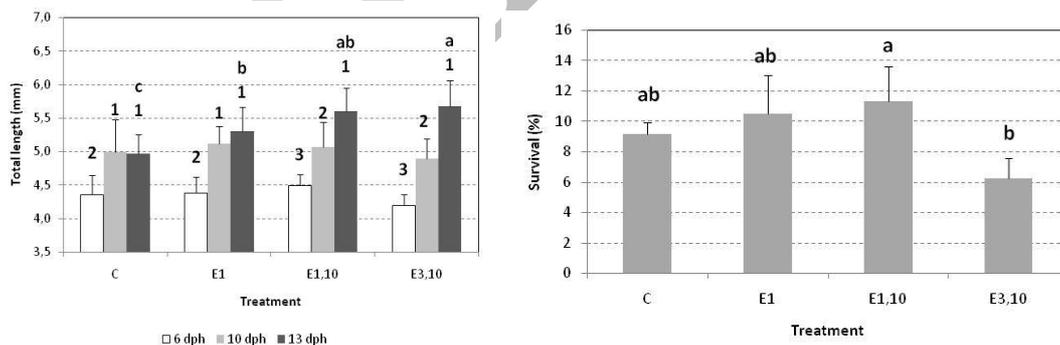


Figura 12. Longitud total (mm) y supervivencia de larvas de seriola alimentadas con rotíferos enriquecidos con emulsiones comerciales (C) y experimentales a los 6, 10 y 14 dph.

La lista de niveles y proporciones óptimos de EFA y carotenoides en productos de enriquecimiento después de los estudios realizados es:

- ✓ DHA en productos de enriquecimiento para Artemia 10-17% TFA
- ✓ EPA en productos de enriquecimiento para Artemia 14-20% TFA
- ✓ DHA / EPA en productos de enriquecimiento para Artemia 1-5
- ✓ DHA en productos de enriquecimiento para rotíferos 14% TFA
- ✓ EPA en productos de enriquecimiento para rotíferos 6% TFA
- ✓ DHA / EPA en productos de enriquecimiento para rotíferos 2.3



- ✓ Niveles de carotenoides en productos de enriquecimiento 10 ppm.

A nivel de crecimiento, se llevó a cabo un experimento con diferentes niveles de lisina en el Instituto de Biología Marina, Biotecnología y Acuicultura, HCMR, en la isla de Creta, Grece. (Por Kotzamanis, Y. (HCMR) y Fontanillas, R. (Skretting ARC). Se formularon seis niveles diferentes de lisina agregada (Tabla 3). Se estudiaron el crecimiento y las enzimas antioxidantes.

Tabla 3. Formulación de la dieta y composición química analizada de las dietas experimentales basadas principalmente en ingredientes vegetales y suministradas con diferentes niveles de lisina

Ingredients (% diet)	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Fish meal (71%) ^a	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Wheat meal	28.65	28.55	28.40	28.30	28.20	28.10
Corn gluten	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Wheat gluten	21.95	21.95	21.95	21.95	21.95	21.95
Soya concentrate	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Fish oil	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33
Lysine HCl	0.00	0.10	0.21	0.31	0.41	0.52
Dicalcium phosphate	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Mineral & Vitamin premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
<i>Analyzed chemical composition of diets (% or specified)</i>						
Protein	44.58	44.83	44.63	44.52	44.53	44.68
Fat	17.65	17.47	17.24	17.19	17.01	17.38
Ash	5.14	5.34	5.31	5.23	5.16	5.15
Moisture	7.87	8.66	8.41	8.65	8.52	8.13
Carbohydrate*	24.76	23.70	24.21	24.41	24.78	24.66
Gross energy (MJ kg ⁻¹)	21.90	21.63	21.55	21.58	21.52	21.78

La capacidad antioxidante se investigó mediante la determinación de la actividad de la catalasa (CAT) en el hígado y en el intestino. La actividad específica de la CAT disminuyó significativamente en el hígado y el intestino de los peces alimentados con la dieta L3, lo que indica un posible mecanismo de protección de la sustitución de lisina en esta dosis.

Los resultados del presente estudio indicaron que los requerimientos de lisina en la dieta, basados en el modelo Broken-line, pueden soportar el aumento de peso máximo de los juveniles de seriola alimentados con una dieta basada principalmente en ingredientes de plantas, que contienen un 45% de proteínas, un 18% de lípidos y 25% de inclusión de harina de pescado, fue de 2,11% de la dieta. No se encontró ningún efecto significativo de los niveles de lisina en la expresión de HSP en el hígado o el intestino. Se descubrió que la suplementación con lisina afecta la actividad específica de la TAC en el hígado y el intestino de una gran parte de las seriolas alimentadas con una dieta que contiene 2.11% de lisina (Fig. 13).

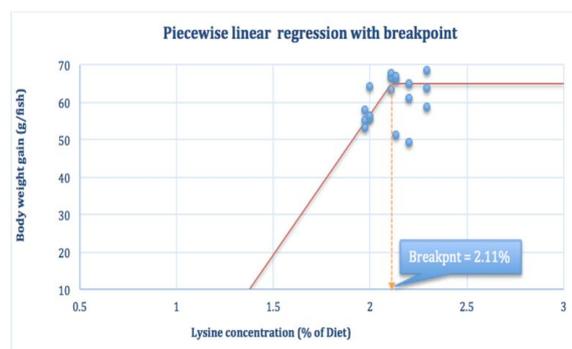


Figura 13. Análisis de la línea discontinua del aumento de peso (g / pez) en los niveles graduales de lisina de la dieta de seriola. Los valores del eje X son los niveles de lisina en las dietas experimentales, mientras que los valores de cada eje Y representan los valores de ganancia de peso corporal de cada tanque. $Y = (1.215 + 0.0135 * X) * (Y \leq 2.11) + Y = 60.58) * (Y > 2.11)$, $R^2 = 0.91$



Dietas para optimizar la reproducción de los reproductores



Figura 14. Embrión de seriola (inserto) y reproductores anestesiados en el tanque, listos para la manipulación.

Se llevaron a cabo tres experimentos dietéticos diferentes en las instalaciones ubicadas en las Islas Canarias (España) (Fig.14). El primer experimento se diseñó para determinar el efecto del aumento de los niveles de proteínas, histidina y taurina en la calidad del huevo, el segundo para determinar los niveles óptimos de ARA, DHA y EPA como ácidos grasos esenciales para el éxito reproductivo, y el tercero para examinar los efectos de una dieta experimental con una fórmula de lípidos potencialmente mejorada.

Efectos del aumento de los niveles de proteínas, histidina y taurina en la calidad del huevo

Hipólito Fernandez-Palacios, Marisol Izquierdo, Samira Sarih (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria), Ramon Fontanillas, Grethe Rosenlund (Skretting ARC).

Se distribuyeron en tres tanques circulares de 40 m³ (5 mx 2,35 m) (2♀ y 2♂ en cada tanque, proporción de 1: 1) para lograr una biomasa inicial similar en todos los tanques (1.29 kg / m³, 1.29 kg / m³ y 1.24 kg / m³) en las Instalaciones del Parque Científico Tecnológico de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Islas Canarias). Del 29 de junio al 31 de octubre, los individuos fueron alimentados con tres dietas diferentes. Las dietas fueron formuladas y producidas en Noruega por Skretting ARC. Las tres dietas fueron formuladas para ser más altas en histidina, taurina o proteína (Tabla 4).

Los peces se alimentaron a mano dos veces al día, 5 días a la semana (1% de la biomasa del día 1). Después de 24 días de alimentar con la dieta experimental, la calidad de la puesta se estudió por separado para cada una de las 2 parejas para cada dieta, durante 10 puestas consecutivas. La calidad de la puesta se determinó por: tasa de fertilización (%), tasa de viabilidad del huevo (%), eclosión y supervivencia larvaria a los 1 y 3 días posteriores a la eclosión (dph), utilizando dos réplicas de placas de microtitulación de 96 pocillos. Con estos porcentajes, se calcularon los números totales de huevos y larvas fertilizados, viables e incubados durante 24 horas producidos a 1 y 3 dph. Además, para cada puesta, la fecundidad femenina (huevo / hembra) determinó el número de huevos por larva y la fecundidad relativa (huevos / kg de hembra).

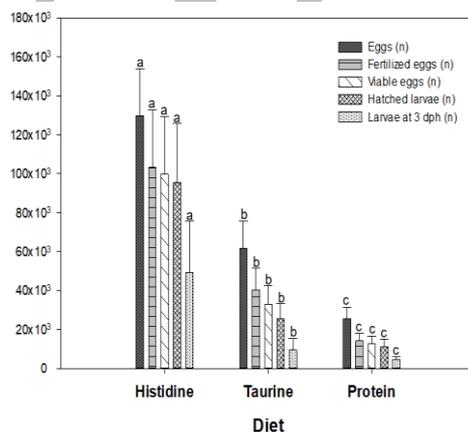
**Tabla 4.** Composición de la materia prima y análisis proximal de las dietas experimentales.

	Pro	Tau	His
Raw material (%)			
Wheat	11.81	18.29	17.94
Wheat gluten	17.00	13.00	13.00
Fish meal	48.36	44.64	45.14
Squid meal	10.00	10.00	10.00
Fish oil	12.18	12.50	12.47
Taurine	0.00	0.93	0.00
Histidine HCl	0.00	0.00	0.81
Premix vit. Min.	0.64	0.64	0.64
Total	100.00	100.00	100.00
Moisture (%)	5.9	7.0	7.6
Crude protein (%)	56.1	51.5	51.3
Crude fat (%)	18.3	18.5	17.8
Ash (%)	8.4	8.4	8.4

Los peces se alimentaron a mano dos veces al día y 5 días a la semana (1% de la biomasa del día 1). Después de 24 días de alimentar con cada dieta experimental, la calidad de la puesta se estudió por separado para cada una de las 2 parejas para cada dieta durante 10 puestas consecutivos. La calidad de la puesta se determinó como: tasa de fertilización (%), tasa de viabilidad del huevo (%), eclosión y supervivencia larvaria a los 1 y 3 días posteriores a la eclosión (dph), utilizando dos réplicas de placas de microtitulación de 96 pocillos. Con estos porcentajes, se calcularon los números totales de huevos y larvas fertilizados, viables e incubados durante 24 horas producidos a 1 y 3 dph. Además, para cada puesta se estudio la fecundidad femenina (huevo / hembra), se determinó el número de huevos por puesta y la fecundidad relativa (huevos / kg de hembra).

Los resultados del presente experimento mostraron que la alimentación de las dietas experimentales afectó notablemente la calidad de la puesta (Fig. 15). En particular, las tasas de fertilización fueron significativamente más altas cuando los reproductores fueron alimentados con una dieta alta en histidina. La inclusión de histidina también produjo mayores porcentajes de huevos viables. La misma tendencia se encontró en las tasas de eclosión y supervivencia larvaria. La fecundidad femenina y el número promedio de huevos por desove fue mayor en los desoves de los reproductores alimentados con la dieta rica en histidina, siendo 4 y 5 veces mayor que en los reproductores alimentados con niveles más altos de taurina o proteínas.

Como consecuencia de las mayores tasas de calidad de desove y la producción total de huevos, el número total de huevos fertilizados y viables y el número total de larvas producidas fueron significativamente más altos ($P < 0.01$) para los reproductores alimentados con mayor histidina. La composición de aminoácidos de los huevos fertilizados de los reproductores alimentados con las diferentes dietas experimentales fue similar. El diámetro del huevo y la longitud total y estándar de las larvas recién nacidas de los reproductores alimentados con histidina más alta.



**Figura 15.** Tasas de producción (por kg de hembra y puesta) después de alimentar las dietas.

Los resultados de este estudio han señalado la importancia de elevar el contenido de histidina en las dietas de reproductores de 1 a 1.5% para optimizar el rendimiento reproductivo de seriola, particularmente para mejorar la fecundidad, las tasas de fertilización y la calidad de los huevos y las larvas. Además, el estudio mostró que los niveles de taurina en las dietas de reproductores aumentan la fecundidad. El aumento del contenido de proteínas en más del 51% conduce a la menor cantidad de huevos y larvas producidas, lo que sugiere que este nivel de proteína en la dieta es suficiente para cubrir los mayores requisitos de reproductores de ámbar negro (Fig. 16).

**Figura 16.** Reproductores de seriola en el tanque de recuperación.

2. Los niveles óptimos de DHA y EPA como ácidos grasos esenciales para el éxito reproductivo.

Hipólito Fernandez-Palacios, Marisol Izquierdo, Samira Sarih (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria), Ramon Fontanillas, Grethe Rosenlund (Skretting ARC)

Se distribuyeron en tres tanques circulares de 40 m³ (5 mx 2,35 m) (2♀ y 2♂ en cada tanque, proporción de 1: 1) para lograr una biomasa inicial similar en todos los tanques (1.29 kg / m³, 1.29 kg / m³ y 1.24 kg / m³) en las Instalaciones del Parque Científico Tecnológico de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Islas Canarias). El protocolo seguido fue igual al descrito anteriormente en el experimento de proteína / histidina / taurina, y los análisis realizados se centraron en la calidad de los huevos y las larvas de nuevas larvas como se describió anteriormente. Los tratamientos dietéticos utilizados en el presente estudio se formularon para tener niveles graduados de DHA + EPA, con un rango de 2.8 a 0.96 (% de ácidos grasos totales), y con un contenido de proteína bruta de 59% y grasa cruda de 25%, producido por Skretting ARC (Tabla 5).

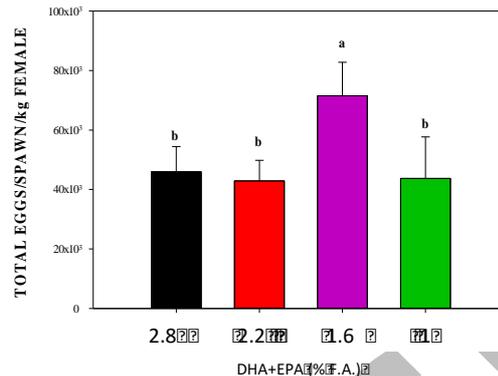
Tabla 5. Composición de la materia prima y análisis proximal de las dietas.

Diet	1	2	3	4
Linseed oil	0.00	1.52	3.01	4.50
Wheat	19.09	19.13	19.13	19.13
Wheat gluten	13.62	14.99	14.99	14.99
Fish meal	44.97	43.46	43.46	43.46
Squid meal	10.00	10.00	10.00	10.00
Fish oil	10.93	7.48	4.04	0.61
Palm oil	0.00	2.03	3.98	5.93
Premix vit. Min.	0.64	0.64	0.64	0.64
EPA+DHA (% total fatty acids)	2.80	2.17	1.57	0.96
Proximate composition (%)				
Crude protein	58.50	58.91	58.91	59.06
Crude fat	24.25	24.89	24.35	25.61
Moisture	7.27	5.41	7.22	8.30
Ash	7.46	7.19	7.25	7.30

Los resultados del presente experimento mostraron que la mejor calidad de reproducción y los parámetros de producción se obtuvieron de los reproductores alimentados con la dieta basada en un 1,57% de EPA + DHA, y la dieta basada en un 0,96% de EPA + DHA. La fertilización más baja y la viabilidad del huevo se obtuvieron de la dieta de los reproductores basados en 2.8% de EPA + DHA). La composición de los huevos se vió afectada por las dietas de reproductores que reflejan el contenido de ácidos grasos de las dietas (Tabla 6. Fig. 14).

**Tabla 6.** Rendimiento reproductivo de las crías después de alimentar las dietas.

Diet	% Fertilization	% Viable 24h	% Hatching
1	52.42±10.64 ^c	90.28±3.28 ^b	76.99±8.94 ^b
2	69.02±7.38 ^b	85.07±1.73 ^c	79.68±3.74 ^b
3	91.76±3.12 ^a	95.99±2.81 ^a	94.22±3.62 ^a
4	86.32±1.67 ^a	93.88±2.48 ^a	92.51±2.27 ^a

**Figura 17.** Total de huevos producidos por kg de hembra alimentados con los diferentes experimentos.

3. Experimental diets with optimized Essential Fatty acids and carotenoid content

Salvador Jerez. M. Virginia Martín, Instituto Español de Oceanografía (Spain) and Covadonga Rodríguez and José Pérez, University of La Laguna (Spain). Ramon Fontanillas & Grethe Rosenlund (Skretting ARC)

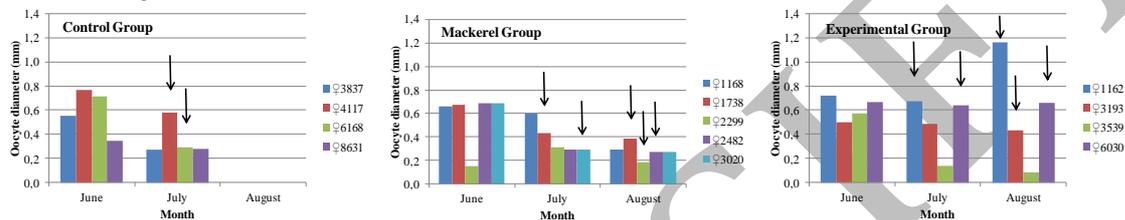
El diseño consistió en 50 peces F2 producidos en la Hatchery y marcados con PIT, desde 2014. En febrero de 2018, se criaron 50 reproductores en las instalaciones del Centro Oceanográfico de Canarias (IEO, P8), en Tenerife, España, que se distribuyeron en tres grupos alimentados con diferentes dietas: 1) Un grupo de control (7 ♀ 7.6 ± 1.2 Kg y 12 ♂ 6.0 ± 1.1 Kg), un grupo alimentado con un pellet comercial para rodaballo (52/20) (Skretting), 2) un grupo (7 ♀ 6.6 ± 0.9 Kg y 8 ♂ 5.9 ± 0.8 Kg), alimentado con caballa congelada (*Scomber colias*) suplementada con una premezcla de vitaminas, y 3) un Grupo Experimental (5 ♀ 6.8 ± 1.1Kg y 10 ♂ 5.6 ± 0.8 Kg), alimentados con una dieta fabricada por P20 (Skretting Ltd., Noruega). Este último se formuló de acuerdo con ciertos requisitos previos establecidos por ULL (P15) / IEO (P8), para contener un nivel de lípidos más bajo, mayores proporciones de lípidos polares y un perfil de ácidos grasos diferente, con especial énfasis en los ácidos grasos esenciales (EFA); ARA, EPA y DHA (Tabla 7), maximizando la presencia de ingredientes específicos de origen marino, incluidos los carotenoides.

Los peces se mantuvieron en tres tanques al aire libre de 500 m³ con suministro continuo de agua (6 renovaciones día): 1) bajo fotoperíodo natural y temperatura del agua de mar (19.8 ± 1.1°C) y alimentación manual una vez al día y 3 días a la semana hasta la saciedad aparente. En junio, julio y agosto de 2018 se tomaron muestras de los reproductores de seriola, y los peces se trataron con un implante de etileno-acetato de vinilo (EVAc) GnRHα en los muestreos de julio y agosto. En julio, 2 machos y 2 hembras de cada grupo fueron tratados con una dosis de 40-50 µg de GnRHα kg⁻¹, y en agosto, 3 machos y 3 hembras del grupo alimentado con caballa y grupos experimentales fueron implantados con una dosis mayor (80-100 µg de GnRHα kg). El grupo de control no se trató en agosto porque hubo una alta mortalidad (60%) debido a la parasitación en el grupo.

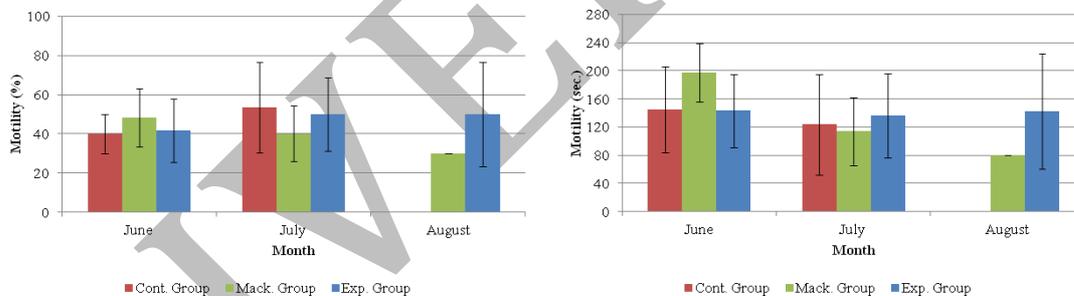
**Tabla 7.** Composición principal de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) de las dietas experimentales. +++ indica una suplementación mayor

Groups	Mackerel	Control	Experimental
18:1n-9	5.5±1.6	26.0±0.5	11.5±0.2
18:2n-6	1.3±0.3	10.4±0.2	7.8±0.2
20:4n-6 (ARA)	2.8±0.5	0.5±0.0	1.4±0.0
20:5n-3 (EPA)	5.5±1.2	6.8±0.2	11.8±0.0
22:6n-3 (DHA)	36.0±6.3	7.1±0.1	14.6±0.3
DHA/EPA	6.5±0.6	1.0±0.0	1.2±0.0
ARA/EPA	0.5±0.1	0.1±0.0	0.1±0.0
Total Lipids	9.6±2.5	19.3±1.8	15±0.3
Polar Lipids			+++
Marine-origin ingredients			+++

La ingesta de alimento aumentó de abril a mayo y disminuyó después con una desviación media (\pm SD) de $4.6 \pm 2.7\%$ (alimentos por% de peso corporal) para el Grupo de Caballa, y 1.7 ± 1.1 y $1.8 \pm 0.7\%$ para los Grupos de Control y Experimental, respectivamente. El diámetro medio de ovocitos disminuyó de junio a julio en todos los grupos, pero mientras el tamaño de ovocitos del Grupo Caballa continuó disminuyendo, el tamaño de ovocitos de algunas hembras del Grupo Experimental se mantuvo o aumentó (Fig. 18).

**Figura 18.** Diámetro de ovocitos de hembras individuales (código PIT-tag) biopsiadas en cada grupo en diferentes momentos durante la estación reproductiva. Las flechas negras indican la hembra implantada en cada grupo.

Los parámetros de calidad espermática de la motilidad espermática (%) y la duración de la motilidad espermática (segundos) tendieron a disminuir en cada tiempo de muestreo, excepto en el Grupo experimental que mantuvo valores similares en todos los puntos de muestreo (Fig. 19).

**Figura 19.** Motilidad de los espermatozoides (%) y duración (segundos) de varones individuales (código PIT-tag) con biopsia en cada grupo en diferentes momentos durante la estación reproductiva.

Hasta ahora, los tres grupos de líneas sanguíneas no han desovado de forma natural o inducida, aunque la biopsia de una hembra del Grupo Experimental implantado en julio mostró óvulos maduros en agosto y luego se implantó nuevamente con una dosis más alta de GnRH α . Los resultados obtenidos en el muestreo reciente (4 de septiembre) mostraron una tendencia similar. Dos hembras del Grupo Experimental implantado en agosto mostraron huevos maduros ($> 1100 \mu\text{m}$), mientras que las hembras de los otros dos grupos mostraron diámetros de ovocitos significativamente más bajos.

El hecho de que la temperatura no haya aumentado de la forma habitual y que los peces sean jóvenes (4 años) podría estar relacionado con la ausencia de puestas. En cualquier caso, aunque no de manera concluyente, los resultados mostrados hasta ahora sugieren que la dieta experimental podría tener efectos positivos en la reproducción de la seriola. La ULL está analizando algunas muestras de biopsias de ovocitos para confirmar la posible influencia de la dieta.



Cultivo larvario

Con el fin de obtener nueva información sobre los parámetros de cría de larvas de seriola se realizaron una serie de estudios. Comenzando con la ontogenia de la digestión y el sistema de visión para adquirir la información biológica básica, nuestros estudios se centraron en el régimen de alimentación y alimentación enriquecedoras de las presas y, finalmente, en parámetros críticos (tipo de tanque, duración de la fase fotográfica, color de fondo del tanque y Condiciones de luz, densidad de siembra) de la crianza. Los resultados fueron evaluados en términos de crecimiento, supervivencia, deformidades esqueléticas, composición bioquímica, estrés y condición larvaria.

Ontogenia de los sistemas digestivo y de visión.

I. E. Papadakis, N. Papandroulakis, HCMR, Grecia y C. Rodriguez, J. Perez, ULL, España

El sistema digestivo permite a los peces capturar, ingerir, digerir y finalmente absorber los nutrientes de los alimentos, que luego se transportan a través del epitelio intestinal hasta la sangre (Rønnestad et al., 2013). Por lo tanto, este sistema y sus órganos asociados son de especial relevancia para establecer los protocolos de alimentación que se utilizarán durante la cría de larvas, determinando sus características cualitativas y cuantitativas. Con el fin de describir la ontogenia del sistema digestivo de la seriola, las larvas se cultivaron con dos sistemas diferentes: el mesocosmo (MES) y el intensivo (INT) y los ensayos se realizaron en las instalaciones del HCMR, Creta. Los huevos de puestas inducido de los reproductores mantenidos en una granja (ARGO) se utilizaron para la cría. Para el cultivo en MES, se usó un tanque interior de 40 m³ lleno de agua de mar natural filtrada (5 µm) (salinidad 40 psu) tratada con UV, que también fue el agua para la renovación posterior. La temperatura del agua de mar se mantuvo a 24 ± 0.7 ° C y el pH fluctuó de 7.99 a 8.18 durante el ensayo. El oxígeno disuelto varió de 5,8 a 6,8 mg l⁻¹ durante el cultivo larvario. El fotoperíodo se ajustó a luz constante desde la apertura de la boca hasta 25 dph y luego a 18L: 06D durante el período experimental restante. La intensidad de la luz varió de acuerdo con las condiciones meteorológicas entre 500 lux en días nublados a 1,000 lux en días soleados, mientras que durante la noche cuando se aplicó fotofase prolongada, la intensidad de luz fue de aproximadamente 250 lux. Para el INT, el sistema experimental consistía en tanques cilíndricos de 500 l, organizados como un sistema de recirculación de agua cerrado acoplado a un filtro biológico. Los tanques se llenaron con agua de pozo 35 psu-agua. La temperatura se mantuvo a 22 ± 0,5 ° C durante la etapa autótrofa y se incrementó gradualmente a 24 ± 0,5 ° C después de abrir la boca. El pH fluctuó de 8,0 a 8,2 y el oxígeno disuelto varió de 6,8 a 7,2 mg l⁻¹. La fotofase fue de 24L: 00D desde la apertura de la boca hasta 25 dph y luego 18L: 06D para el período experimental restante. La intensidad de la luz varió entre 200 y 800 lux durante el día y fue de ~ 200 lux por la noche. Microalgas (*Chlorella* sp) y rotíferos enriquecidos (*Brachionus* sp) se agregaron diariamente en los tanques de 3 dph a 23 dph. Artemia AF A0 nauplios (12 a 14 dph) y Artemia EG A1 nauplios enriquecidos (14 a 30 dph) se ofrecieron a las larvas. En ambos sistemas de cría, los alimentos artificiales se agregaron progresivamente según el tamaño del pez (tamaño de grano 200–300 µm; y 300–500 µm) desde 16 dph (MES) y 21 dph (INT). Los huevos de dorada congelados en la etapa de embrión también se introdujeron en los tanques de cría MES después de 20 dph. Los tanques de mesocosmos también desarrollaron naturalmente zooplancton (copépodos harpacticoides) que potencialmente contribuyeron a la alimentación larvaria.

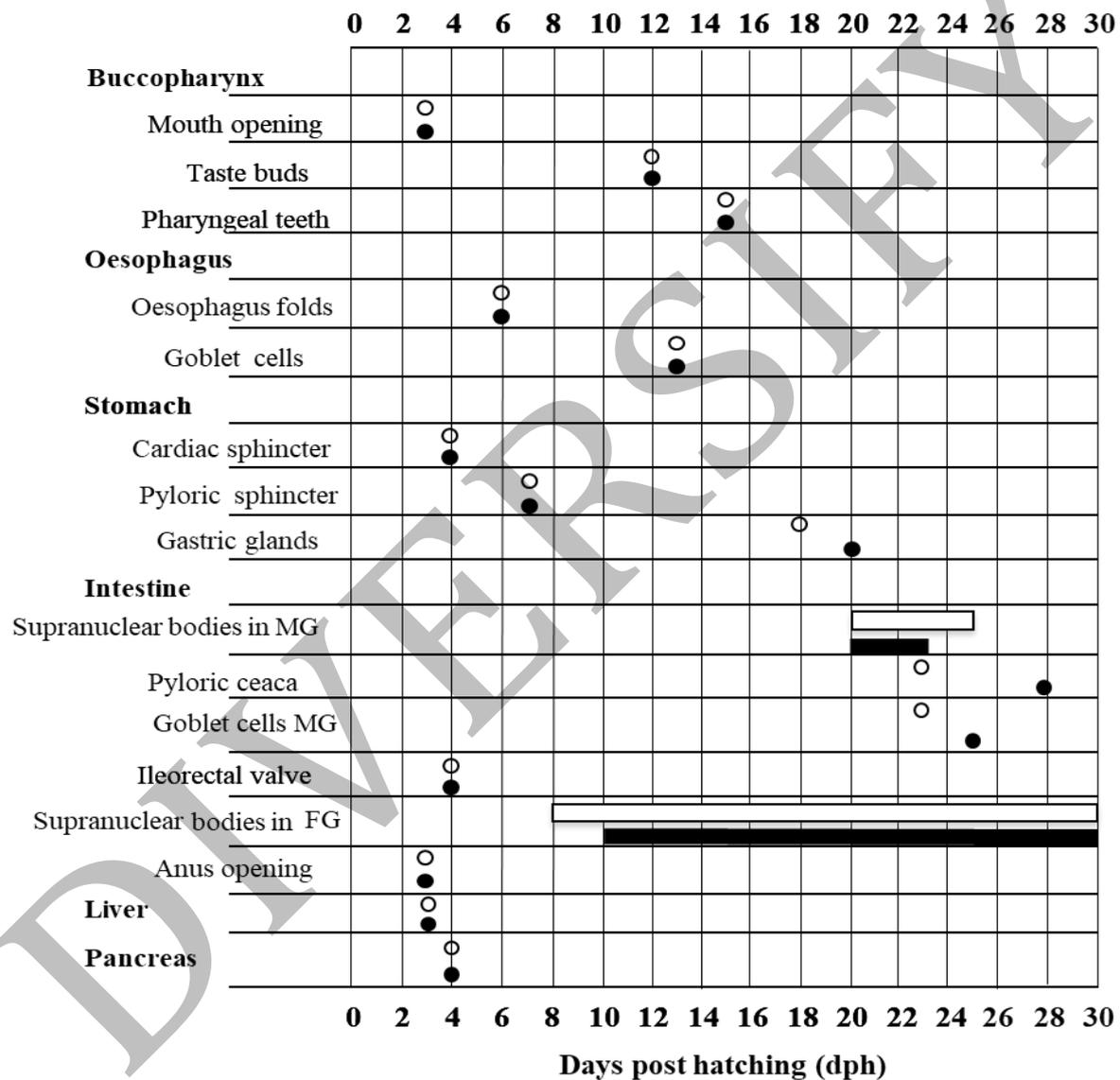
La ontogénesis del sistema digestivo de seriola se considera un proceso rápido. En la Figura 19 se presenta la comparación de la ontogénesis del sistema digestivo entre las larvas de seriola provenientes del MES y los sistemas de cría INT durante el ensayo, la comparación de los sistemas INT y MES se presenta en la Fig. 20.

En el presente estudio, se encontraron actividades de las enzimas: amilasa, lipasa y fosfatasa alcalina antes del inicio de la alimentación exógena, lo que sugiere la importancia del catabolismo del glucógeno del huevo como energía durante el desarrollo embrionario. Tras la apertura de la boca (3-5 dph), la actividad enzimática parece estar más relacionada con la degradación de los sustratos del saco vitelino (fase lecitotrófica) que con la alimentación exógena y, la actividad más alta de la proteasa con respecto a la de la lipasa sugiere que las proteínas son la principal fuente de energía durante esta etapa. Con el



aumento de la edad, la mayor deposición de lípidos registrada en el hígado de larvas tanto MES como INT, junto con el aumento de la actividad enzimática de la amilasa, la lipasa y la proteasa alcalina, sugieren claramente el estado nutricional adecuado de las larvas. Durante este período, los protocolos de alimentación se basaron principalmente en rotíferos, que se identificaron en el contenido de larvas de estómago.

Figura 20. Representación esquemática de la aparición de las principales estructuras de desarrollo del sistema digestivo (o MES, • INT). Las barras horizontales (MES blanco, INT negro) indican el período de presencia de cuerpos supranucleares (vacuolas) en el intestino medio y el intestino posterior. Los valores medios de TL se presentan en la siguiente tabla.



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	15	17	20	23	25	28	30
INT	3.52	3.72	3.73	3.81	3.96	4.01	3.94	3.98	4.23	4.23	4.55	5.26	5.19	6.01	6.35	7.77	8.47	8.20
MES	3.52	3.67	3.75	3.83	3.99	4.05	4.03	4.02	4.05	4.09	4.53	5.00	5.69	6.49	7.2	9.23	8.54	8.74

Total length in (mm)



Una de las estructuras más importantes del sistema digestivo son las glándulas gástricas que en las larvas de seriola aparecieron después de 5,5 mm de TL en todos los sistemas de cría. Con la aparición de las glándulas gástricas, desde un punto de vista morfológico, comienza el desarrollo de un estómago funcional que marca la transición de la función larvaria a la función juvenil del sistema digestivo. Independientemente del sistema de cultivo, entre 11 y 15 dph, el porcentaje de área cubierta por vacuolas lipídicas en el hígado disminuyó significativamente en comparación con los primeros días de vida. Esta reducción de lípidos en el hígado estuvo acompañada por una disminución en las actividades de amilasa, lipasa y proteasa alcalina, lo que sugiere un período de desnutrición. Durante esta fase, se ofrecieron nauplios de *Artemia* a las larvas durante tres días (12 a 14 dph) en ambos sistemas de crianza. Al igual que en el período anterior, se detectaron rotíferos pero no nauplios de *Artemia* en el estómago, lo que destaca la capacidad reducida de las larvas de seriola para asimilar este alimento durante la transición de una a otra (Fig. 21 y 22).

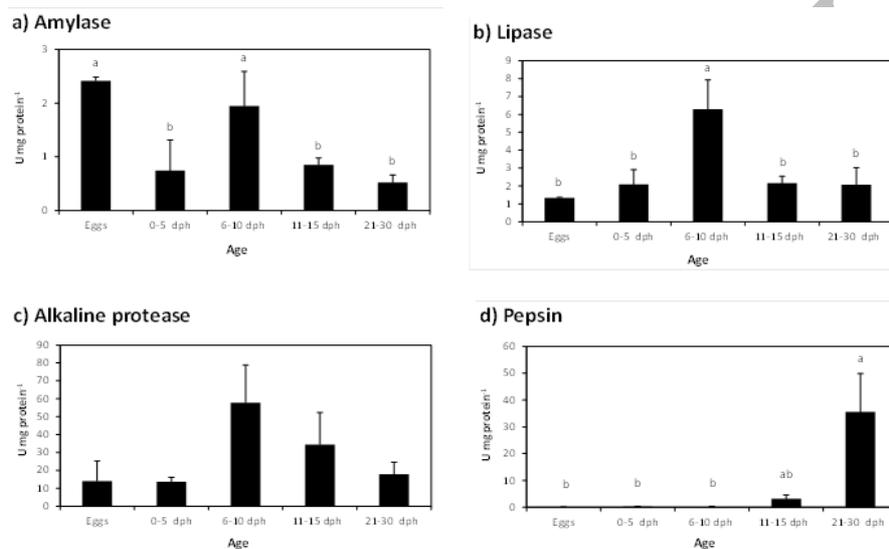


Figura 21. Actividad de las enzimas digestivas durante la ontogenia del tracto digestivo de gran ámbur cultivado en condiciones intensivas.

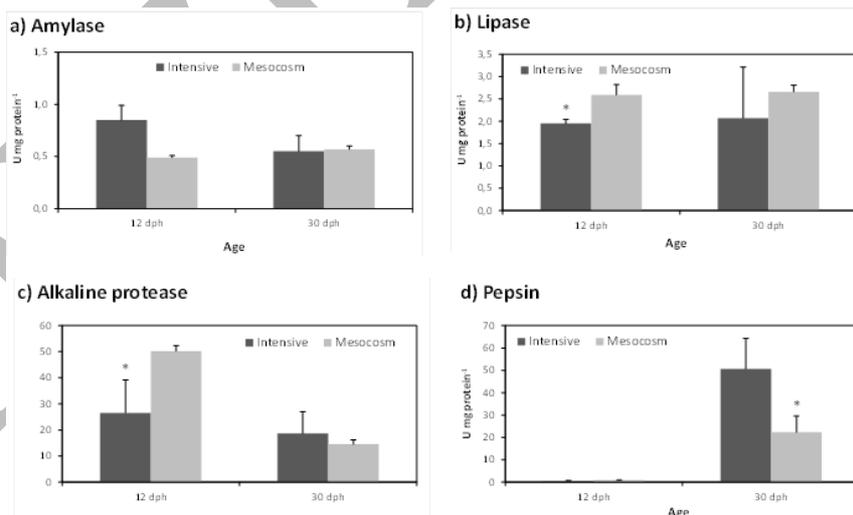


Figura 22. Comparación de las actividades de las enzimas digestivas de las larvas de seriola entre los sistemas de cultivo intensivo y de mesocosmos a 12 y 30 dph.

La digestión ácida se elevó desde 20 dph, lo que concuerda con las observaciones histológicas donde las glándulas gástricas comenzaron a diferenciarse a aproximadamente 16 dph y completaron su organización histológica definitiva a 20 dph.



El aumento de la actividad de la pepsina se correlacionó con una disminución de la actividad de la proteasa y se relacionó con un cambio en el rendimiento digestivo de una digestión de proteínas de tipo adulto (Gisbert et al., 2008). Nuestros resultados muestran la relevancia de la digestión de proteínas a pH alcalino, justo antes del inicio de la digestión ácida en el estómago a 15 dph, donde la actividad de la pepsina aumentó entre 20 y 30 dph.

Sistema de visión. En el día de la eclosión (0 dph), la retina apareció como una simple hoja hemisférica de epitelio neural no diferenciado (UNE) que encierra la lente, que se compone de una espiral de células no especializadas (Fig. 8a). La primera diferenciación fue visible entre 1-2 dph (Fig. 8b), cuando la capa de células de los ganglios (GCL), la capa plexiforme interna (IPL), la capa nuclear interna (INL), la capa plexiforme externa (OPL), la Apareció la capa nuclear externa (ONL) y la capa de fotorreceptor (PL). A partir de las 3 dph, el pigmento epitelio PE apareció en el área externa de la retina (Fig. 23c). El núcleo de las células del cono apareció a 3 dph en la capa nuclear externa, junto con todas las otras células neutras en la capa nuclear interna (células amacrinas, bipolares y horizontales), que eran completamente distintas.

Una segunda población de células núcleo de piel más oscura, los núcleos de células de los bastones (RC), aparecieron en la ÚNICA en diferentes momentos para cada sistema de cría pero en la misma longitud total de peces, debido a las diferentes tasas de crecimiento entre los sistemas de cría. Los bastones aparecieron por primera vez a 15 dph en el sistema de crianza INT (5.0 ± 0.2 mm) y MES (5.3 ± 0.2 mm), respectivamente. El número de bastones, que se identificaron por su núcleo y se colocaron en la ÚNICA, aumentó con el tiempo (Fig. 8d).

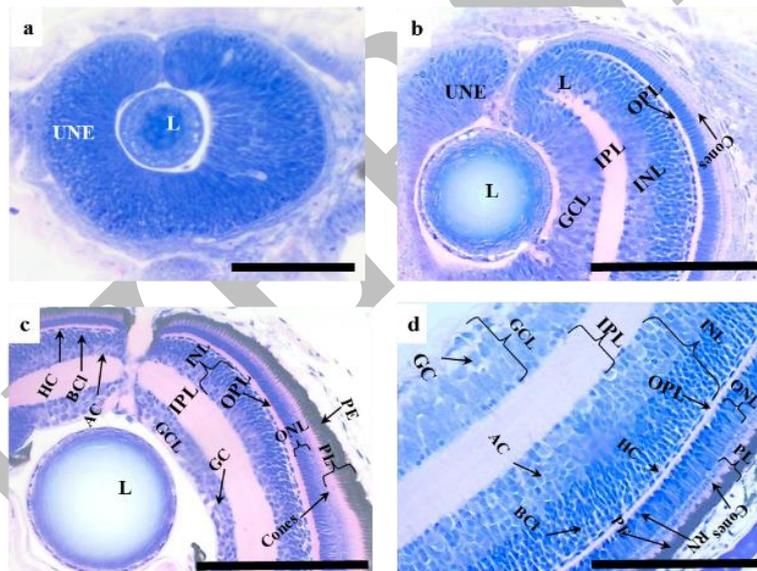


Figura 23 . Secciones histológicas (a) en la eclosión que muestran el epitelio neural indiferenciado, (b) a 2 dph que muestran el inicio de la diferenciación de la retina, (c) a 3 dph que muestran el pigmento del epitelio de la retina, (d) a 30 dph que muestra la estructura de la retina con las células de vara colocadas en el campo nuclear exterior. AC = células amacrinas, BCI = células bipolares, GCL = capa de células de los ganglios, GC = células de los ganglios, HC = células horizontales, INL = capa nuclear interna, IPL = capa plexiforme interna, L = lente, OPL = capa plexiforme externa, ONL = capa nuclear externa, PL = capa de fotorreceptor, PE = epitelio pigmentario, RN = núcleos de Rod, UNE = epitelio neural indiferenciado. La barra representa 100 μ m.



Efecto del régimen de alimentación y probióticos.

S. Jerez and M. Virginia Martín, IEO, España; José Pérez and Covadonga Rodríguez, ULL, España

Se implementó un estudio hacia una estrategia de alimentación para la cría de larvas de seriola en la instalación de IEO Tenerife en colaboración con ULL, para ver el efecto de (a) la concentración de presas y la frecuencia de suministro y (b) el uso de sustancias moduladoras inmunitarias durante la administración del rotífero. Los resultados se evaluaron en términos de supervivencia, crecimiento, parámetros fisiológicos (estrés oxidativo y sistema inmunológico) y ontogenia de las enzimas digestivas.

Tras un ensayo preliminar para seleccionar productos y el período de enriquecimiento, se definieron los protocolos de enriquecimiento. Una dieta comercial (T1) se comparó con tres tratamientos experimentales (T2, T3 y T4) consistentes en LC60 / 20: 4n-6/10 ppm emulsión básica de carotenoides (T2), combinada con 20% de aceite de Echium (T3) y 20% aceite negro de comino (T4).

En un primer ensayo se probaron dos concentraciones de presas, 5 rotíferos (densidad baja) y 10 rotíferos (densidad alta) ml⁻¹. La supervivencia de los peces fue muy baja al final del período de alimentación independientemente del régimen dietético y el tratamiento de densidad de presas. Hubo una tendencia clara pero no significativa ($P > 0.05$) de mayor supervivencia en los tratamientos T3 y T4 en comparación con los peces T1. En términos de crecimiento, a 7 dph, las larvas fueron significativamente ($P < 0.05$) más pequeñas cuando se alimentaron con el tratamiento comercial (T1). Independientemente del régimen dietético, la densidad de los rotíferos (5 o 10 rots ml⁻¹) no afectó significativamente el rendimiento del crecimiento de los peces y el comportamiento de alimentación.

Se llevó a cabo un segundo experimento para probar el efecto combinado de los productos de enriquecimiento que contienen inmunoestimulantes (T3, T4) y la frecuencia de alimentación en un mayor rendimiento de larvas de ámbar en términos de actividades de enzimas digestivas, así como inmunidad y estado de estrés oxidativo.

Se utilizaron dos fuentes diferentes de huevos y grupos de reproductores en dos ensayos, de las instalaciones de IEO y de FCPCT. Se utilizaron tanques experimentales de 100 l en un sistema de flujo continuo. La luz era continua a 700 lux, la temperatura era de $22,1 \pm 0,1$ °C y el oxígeno disuelto tenía una saturación $> 90\%$. En ambos ensayos, desde 3 dph hasta el final del período experimental (12 dph), los rotíferos se ajustaron a 5 rots ml⁻¹ en el tanque de cultivo de larvas. Fueron distribuidos a los tanques de larvas dos veces (10:30 h y 20:30 h) o tres veces (10:30 h, 15:30 h y 20:30 h) día⁻¹.

El crecimiento larvario y la supervivencia fueron similares en ambos ensayos. En el ensayo 1 no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en la supervivencia larvaria entre los diferentes tratamientos. En el ensayo 2, la supervivencia fue en general mayor y las larvas alimentadas 3 veces al día tendieron a sobrevivir mejor que las alimentadas 2 veces para los tratamientos T2 y T4.

Con respecto a las enzimas digestivas, los resultados muestran claramente que las proteasas alcalinas y las actividades de la lipasa fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) en las larvas que recibieron la dieta T4, mientras que no se encontraron diferencias significativas para la actividad de la amilasa entre los tratamientos (Fig. 24).

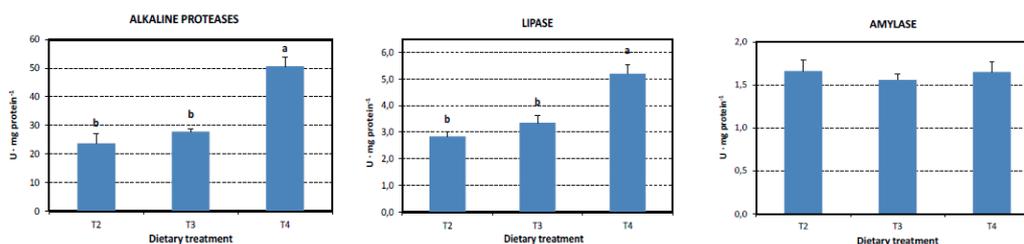




Figura 24. Actividades de proteasas alcalinas, lipasa y amilasa de 12 dph larvas alimentadas con rotíferos de T2 (LC60 / 20: 4n-6 / 10ppm carotenoides), T3 (LC60 / 20: 4n-6 / 10ppm carotenoides + 20% aceite de Echim) y T4 (LC60 / 20: 4n-6/10 ppm carotenoides + 20% de aceite de comino negro). Los valores son media \pm DE (n = 3). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, independientemente de la frecuencia de alimentación.

Los niveles de actividad enzimática antioxidante y la peroxidación lipídica medidos se muestran en la Fig. 25.

A pesar de la falta de diferencias debido a la alta variabilidad de los datos, es evidente una tendencia general a aumentar las actividades de GST con la edad para todos los tratamientos dietéticos. También se nota una tendencia hacia una menor actividad de SOD en las larvas T3 y T4 a 12 dph. Finalmente, los niveles de peroxidación lipídica (basados en la presencia de TBARS) parecen ser más altos a los 12 dph que a los 7 dph.

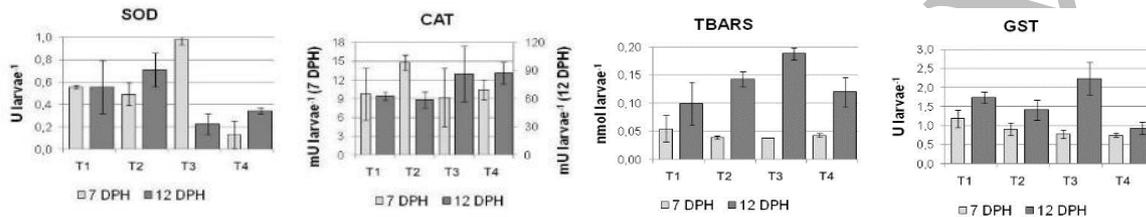


Figura 25. Enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), peroxidación de lípidos (sustancias que reaccionan con el ácido tiobarbitúrico, TBAR) y glutatión S-transferasa (GST), de 7 y 12 dph de larvas alimentadas con rotíferos de diferentes tratamientos (T1, T2, T3 y T4). Los valores son desviaciones estándar \pm SD (n = 2).

Las larvas T4 mostraron niveles más bajos en varias actividades (Fig. 26) en los resultados inmunes humorales innatos, presentaron una actividad de peroxidasa significativamente más baja ($P < 0.05$) que las larvas T1 a 7 dph y la actividad marcadamente más baja ($P < 0.05$) de todos los grupos a 12 dph. Los niveles de actividad bactericida también fueron significativamente más bajos ($P < 0.05$) en las larvas T4 de 7 y 12 dph que en cualquier otro grupo. La actividad de la proteasa disminuyó en las larvas T3 y T4 a 7 dph en comparación con las de los peces T1, mientras que las larvas T4 mostraron una disminución no significativa ($P > 0.05$) pero clara en comparación con los otros tratamientos a 12 dph.

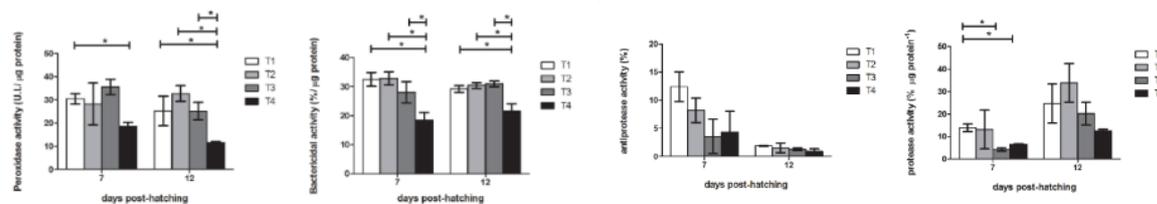


Figura 26. Actividad inmune humorales innatas de 7 dph y 12 dph de larvas alimentadas con rotíferos enriquecidos con T1, T2, T3 y T4. Los asteriscos determinan las diferencias entre grupos.

El crecimiento de las larvas fue similar respecto a la densidad de rotíferos, mostrando un rendimiento ligeramente mejor en la baja (5 rot-ml⁻¹), mientras que el mejor crecimiento y la supervivencia se demostraron cuando las larvas se alimentaron 3 veces al día. La mejor supervivencia en los tratamientos T3 y T4, coinciden con los porcentajes significativamente más altos de larvas con vejiga inflada a 12 dph, esto tuvo lugar cuando se ofreció a las larvas una menor densidad de rotíferos. Se observó un efecto significativo en la longitud larvaria con el tratamiento con T4. El efecto beneficioso del aceite de semilla de comino negro se ha informado recientemente sobre el crecimiento y el sistema inmunológico en peces (Atwa, 1997; John et al., 2007; Awad et al., 2013).

Para las actividades de las enzimas digestivas, fueron más altas en los peces que se alimentaron de rotíferos suplementados con comino negro donde se observó una mayor actividad de la lipasa y proteasa alcalina. Este aumento de la actividad resulta en una mejor digestión y asimilación de proteínas dietéticas y lípidos, promueve la eficiencia alimenticia. Sin embargo, la actividad de la



amilasa, la principal enzima asociada con la digestión de carbohidratos, no fue aumentada por los inmunoestimulantes ensayados, lo cual no es sorprendente ya que este pez, en todas las etapas de desarrollo, es carnívoro estricto.

El estudio también analizó la actividad de la enzima de defensa antioxidante y los productos de peroxidación de lípidos en respuesta a los inmunoestimulantes. Los resultados mostraron que la edad era un factor importante para considerar la determinación de las respuestas bioquímicas al estrés oxidativo. Se observó un aumento en algunas de las actividades antioxidantes de 7 a 12 dph larvas independientes del tratamiento. Las actividades de las enzimas SOD y GST se vieron afectadas por los inmunoestimulantes de manera diferente según la edad de las larvas. La SOD es una enzima primaria de eliminación de radicales, mientras que la GST metaboliza los hidroperóxidos de lípidos. Las actividades de estas dos enzimas se redujeron con el aceite de Echinium y el aceite de comino a 12 dph, pero solo la SOD se redujo con el aceite de comino a 7 dph.

Efecto de los parámetros ambientales durante el cultivo.

C. M^a. Hernández Cruz and A. La Barbera, FCPCT, Spain; N. Papandroulakis, A. Tsalafouta and P. Anastasiadis, HCMR, Grecia.

El objetivo principal de este estudio fue definir algunos de los parámetros ambientales y de manejo para conseguir una metodología óptima de cultivo larvario. Se probó la hidrodinámica del tanque en dos tipos diferentes de tanque cilíndrico-cónico, se estudió el efecto de tres colores de fondo diferentes y dos regímenes de fotofase en el rendimiento larvario y también, se estudió el efecto de la densidad de la población inicial.

El efecto de la hidrodinámica de los tanques y la densidad de población en el rendimiento larvario.

Dos tipos de tanques diferentes: 40,000 l y 2,000 l fueron probados por duplicado por un período de 30 días. En los tanques de 2.000 l también se probaron dos densidades iniciales de siembra (10 y 20 larvas l-1). Se determinaron los efectos sobre el rendimiento larvario en términos de crecimiento, supervivencia, histología, composición bioquímica y deformidades esqueléticas.

Las tasas de intercambio de agua aplicadas (% del volumen total de agua) en tanques de 2,000 y 40,000 l fueron 10% y 4% por hora, respectivamente, mientras que el flujo de aire fue de 350 y 1,400 ml min⁻¹, respectivamente, similares a los aplicados durante el Protocolo actual para la cría de larvas. Las mediciones de corriente se realizaron utilizando un Vectrino, un velocímetro acústico de alta resolución utilizado para medir la velocidad del agua en 3D. Se realizaron mediciones del campo actual a profundidades y capas específicas.

El cultivo larvario se llevó a cabo con huevos de una puesta natural de unos reproductores mantenidos en las instalaciones de FCPCT de la ULPGC, España. Los huevos se mantuvieron a dos densidades diferentes en cuatro tanques de 2,000 l (10 y 20 huevos l-1), mientras que en dos tanques de 40,000 l se mantuvieron con 10 huevos l-1 cada uno. El fotoperíodo fue natural (14:10 h, L: D), la salinidad 37 psu y la temperatura 25-27°C. El agua DO fue de 5–8 g l-1. Se utilizó la técnica de agua verde, agregando fitoplancton vivo (*Nannochloropsis* sp.) a 250,000 células ml-1 a los tanques de cría durante la alimentación con rotíferos enriquecidos (1-30 dph), mientras que la artemia enriquecida se administró desde 12-30 dph. De 13-30 dph, los peces fueron alimentados con microdietas cada vez más grandes de 75, 150 y 300 µm.

Los resultados mostraron diferencias en los perfiles actuales entre los tanques de 2,000 l (2.0×10^{-2} a 5.0×10^{-2} cm s⁻¹) y 40,000 l (2.0×10^{-2} a 3.0×10^{-2} cm s⁻¹), siendo generalmente más altos en el Depósitos de 2.000 l.

En la Fig. 27 se presenta una representación gráfica del perfil actual.

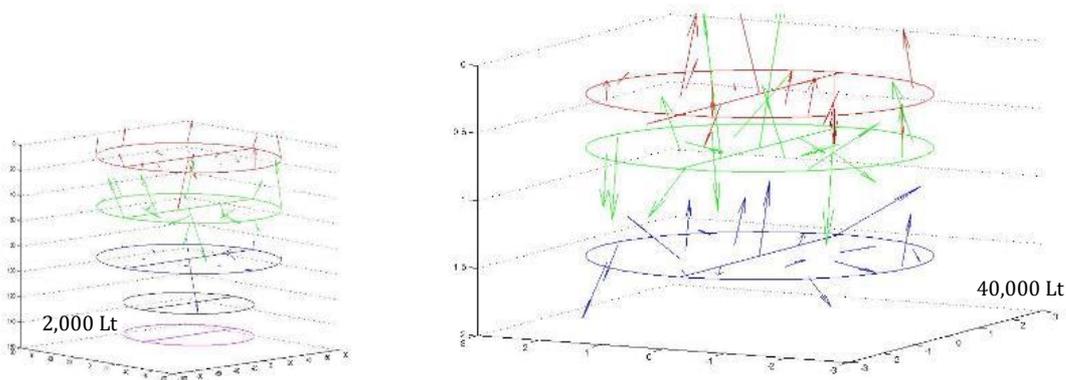


Figura 27. Perfiles actuales en las diferentes capas de los diferentes tanques. Las flechas están en representación tridimensional y el tamaño observado no representa el valor de velocidad real.

Rendimiento larvario

Se observaron diferencias significativas en la longitud total y el peso corporal (Figs. 28) entre los tratamientos.

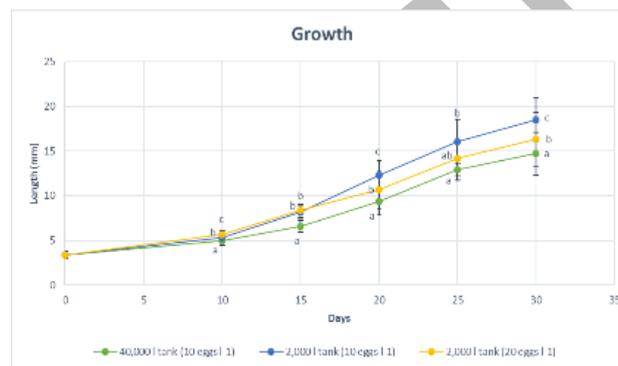


Figura 28. Larvas de longitud total en diferentes tanques y densidades. Letras diferentes indican una diferencia significativa ($P < 0.05$).

Las larvas de tanques de 2,000 l mantenidas con 10 huevos l⁻¹ crecieron mejor que los de 20 huevos l⁻¹, así como las larvas de los tanques de 40,000 l mantenidas con 10 huevos l⁻¹. Se observó canibalismo severo y dispersión de tamaño. La supervivencia fue mayor en los tanques de 2,000 l en comparación con los tanques de 4,000 l, pero no hubo diferencia entre los tratamientos de 10 y 20 huevos l⁻¹ en los tanques de 2,000 l. El análisis inmediato de las muestras no mostró diferencias significativas en los contenidos de lípidos, proteínas y cenizas entre las larvas de todos los tratamientos.

Los contenidos de ácidos grasos de los rotíferos y artemia no presentaron diferencia significativa. El análisis de ácidos grasos de las larvas mostró que las larvas de tanques de 2,000 l con 20 huevos l⁻¹ tenían el mayor contenido de DHA (22: 6n-3), mientras que las larvas de 2,000 l de tanque de 10 huevos l⁻¹ mostraron un ARA mayor 20: 4n-6. Además, las larvas de mesocosmos 10 huevos l⁻¹ mostraron mayor 18: 3n-3. El hígado de larvas cultivadas en tanques de 40,000 l y en el tanque de 2,000 l (10 huevos l⁻¹) mostró una morfología regular de hepatocitos con pocas vacuolas lipídicas citoplásmicas que no alteraron el tamaño o la forma del hepatocito.

La evaluación de anomalías mostró diferentes tipos en todos los tratamientos, como se muestra en la Fig. 29, pero fueron independientes de su efecto ya que no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$).

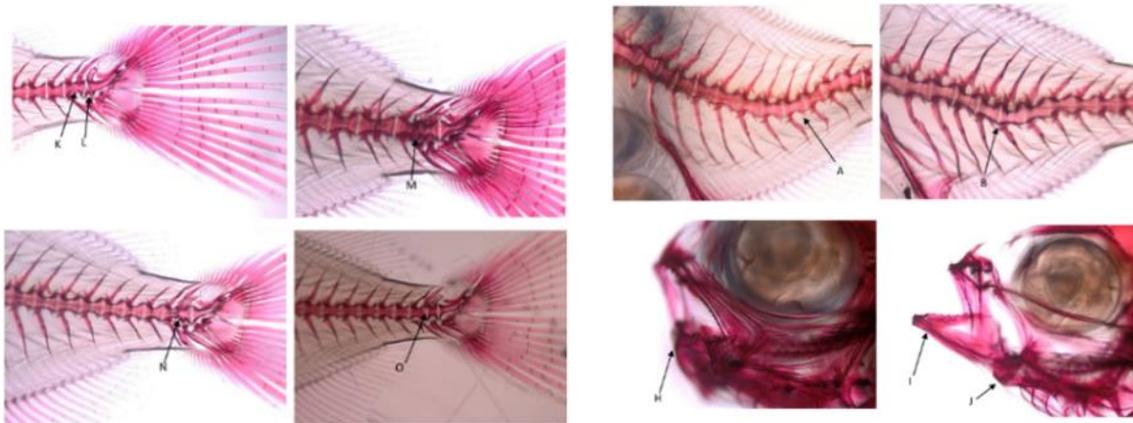


Figura 29. Diferentes tipos de anomalías observadas en larvas de seriola en diferentes tanques y densidades.

Este estudio mostró una mayor supervivencia en los tanques de 2.000 l, independientemente de la densidad de huevos, en comparación con los tanques de 40.000 l; el crecimiento fue mejor, medido en longitud total y peso corporal. Esto fue particularmente evidente en los tanques de 2,000 l con 10 huevos / l-1. El estudio histológico mostró una morfología regular de hepatocitos con pocas vacuolas lipídicas citoplásmicas en el mesocosmos que denotan una mejor digestión y absorción de los lípidos de la dieta, pero larvas en 2.000 tanques con densidad 20 huevos l-1 tenían un mayor grado de vacuolización que denotaba una digestión deficiente y una absorción de los lípidos de la dieta eso podría deberse al estrés de la alta densidad, como se observó en otras especies (Salhi et al., 1999; Ramírez-Bolaños, 2016).

Los resultados de la evaluación de anomalías mostraron una marcada aparición de diferentes tipos en todos los tratamientos a través de la etapa larvaria, como lordosis, fusión del cuerpo vertebral y dentarias anómalas, lo que podría conducir a una menor supervivencia. **En conclusión, de acuerdo con los resultados anteriores, la densidad de cría adecuada para la seriola es de 10 huevos / l-1 en tanques de 2,000 l.**

El efecto de la densidad de población y el tipo de tanques en el cultivo larvario.

Se realizó un estudio específico para el efecto de la densidad de la población de huevos y el tipo de tanque sobre el rendimiento de las larvas en términos de crecimiento y supervivencia. Los ensayos se realizaron en las instalaciones de FCPCT.

Los huevos de seriola se almacenaron a diferentes densidades: 25, 50 y 75 huevos l-1 en dos tipos diferentes de tanques cilíndricos-cónicos con volúmenes de 40,000 y 2,000 litros y se analizaron por duplicado durante un período de 30 días. El cultivo larvario se realizó de acuerdo con el protocolo del GIA, con un fotoperíodo natural de 14:10 h, luz: oscuridad, la salinidad de 37 psu y las condiciones de temperatura de 26 ± 1 ° C. El flujo de renovación de agua se incrementó progresivamente del 25% d-1 al 200% h-1. El agua entraba en el tanque desde el fondo y salía por la parte superior; la calidad del agua fue analizada diariamente. El agua se aireaba continuamente (125 ml min^{-1}), alcanzando $6,78 \pm 0,5$ ppm de O₂ disuelto, con una saturación que oscila entre el 60% y el 80%. Todos los tanques estaban equipados con un skimmer de superficie para remover material orgánico flotante. La técnica de agua verde se utilizó añadiendo fitoplancton vivo (*Nannochloropsis* sp.) para mantener una concentración de 250,000 células ml⁻¹ en los tanques de cría durante la alimentación con rotíferos enriquecidos y Artemia). Posteriormente fueron alimentados progresivamente con microdietas de 75, 150 y 300 μm . Para las condiciones de cultivo y alimentación se siguió el protocolo del instituto. Se observó canibalismo severo y dispersión por tamaños entre los 10 a 15 días dph.

El tratamiento con 75 huevos l-1 mostró un aumento significativo de TL (17.43 ± 4.19 mm) (Fig. 30A), mientras que el tratamiento con 25 huevos l-1 mostró un aumento significativo de la supervivencia ($11.25\% \pm 4.92$) en comparación con los otros tratamientos (Fig. 30A). .30B).

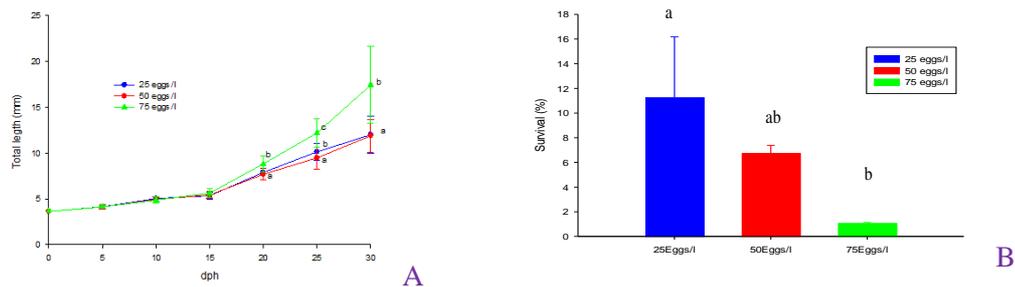


Figura 30. Longitud total (A) y supervivencia (B) de larvas de seriola (30 dph) a diferentes densidades; 25, 50 y 75 huevos l⁻¹. Los valores (media \pm desviación estándar) con las mismas letras no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

El efecto de la luz (intensidad y duración) sobre el cultivo larvario.

Los estudios se realizaron en HCMR con huevos de puestas inducidas a reproductores mantenidos en la granja Argosaronikos SA. La metodología aplicada para el cultivo larvario fue el método intensivo, caracterizado por unas condiciones controladas de calidad del agua, intensidad de luz, fotoperiodo y alimentación. Hubo una variación, la llamada agua “pseudo-verde”, basada en la adición frecuente de fitoplancton y zooplancton en los tanques de cría de larvas. Los tanques cilíndricos de 500 l se organizaron en duplicados como sistema de agua cerrado con filtro biológico. Se usó agua de pozo de 35 psu filtrada mecánicamente para abastecer los tanques. La temperatura se mantuvo a $22 \pm 0,5$ °C durante la etapa autótrofa y se aumentó gradualmente a $24 \pm 0,8$ °C después de abrir la boca. El pH fluctuó de 7.8 a 8.2 y el oxígeno disuelto de 5.0 a 7.4 mg l⁻¹. La intensidad de la luz varió entre 200 y 800 lux durante el día, y fue de aproximadamente 200 lux durante la noche.

La alimentación se basó en rotíferos enriquecidos (de 3 a 21 dph), nauplios Instar II Artemia (de 12 dph en adelante) y dieta artificial (de 21 dph). La concentración de rotíferos en el tanque se mantuvo en 3,0 individuos ml⁻¹, mientras que Artemia se agregó a 0,1 individuos ml⁻¹. Se agregó fitoplancton diariamente de 3 a 21 dph a $300 \pm 100 \times 10^3$ células ml⁻¹. La entrega de plancton se implementó con el uso de un sistema de alimentación automatizado que permite la administración continua de alimentos.

El crecimiento se estimó con mediciones regulares de la longitud total y el peso húmedo y al final del período de cría (~ 25dph) se realizó el recuento. Además, investigamos el eje somatotrópico que representa a los reguladores endocrinos y autocrinos para el crecimiento del músculo esquelético que se sabe que juegan un papel clave en la regulación del metabolismo y los procesos fisiológicos. Se utilizaron muestras tomadas a los 3, 5, 17, 25 y 30 dph para el análisis de la expresión génica.

Ensayo fotoperiodo. Se analizaron dos condiciones de luz: oscuridad (24:00 y 18:06 horas d-1). La supervivencia de las larvas varió entre el 6% y el 13,6%. La supervivencia media para la fase luminosa de 18L: 06D fue mayor ($10.6 \pm 4.2\%$), aunque no significativamente mayor que la de 24L: 00D ($8.2 \pm 3.1\%$). En términos de longitud total, las larvas crecieron con una tasa exponencial de 0.310 d⁻¹ independiente de la fotofase. Los ensayos revelaron que el fotoperiodo (24L: 00D vs 18L: 06D) afectó los niveles de expresión de ARNm de IGF-I, con niveles más altos para el grupo 18L: 06D a 17 dph y 25 dph en comparación con el grupo 24L: 00D. Además, hubo un aumento gradual estadísticamente significativo ($P < 0.05$) en los niveles de expresión de ARNm a medida que avanzaba el desarrollo, que se observó solo en el grupo 18L: 06D con valores máximos a 25 dph (Fig. 31).

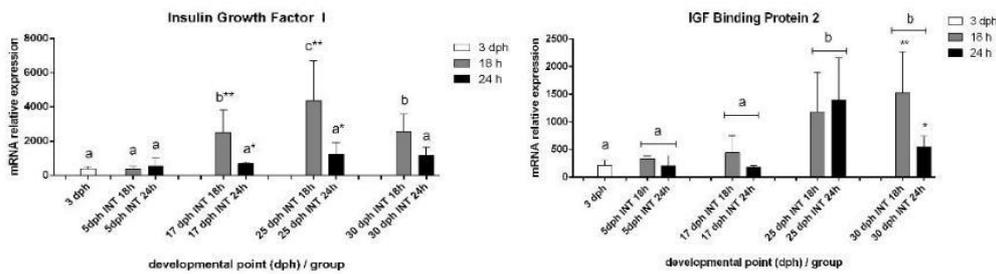


Figura 31. Niveles de expresión relativos de mRNA (medias \pm SD; n = 4) de IGF-I y de la proteína de unión a IGF 2. Letras diferentes indican diferencias entre los puntos de desarrollo, asteriscos entre esquemas de fotoperíodo ($P < 0.05$).

La expresión de IGF-BP2 mostró un aumento gradual a lo largo del desarrollo con niveles estadísticamente superiores a 25 dph y 30 dph ($P < 0.05$). Además, a 30 dph se observó un efecto del régimen de fotoperíodo con niveles de expresión más altos en el grupo 18L: 06D en comparación con el grupo 24L: 00D ($P < 0.05$; Fig. 31).

Prueba de intensidad de luz

Los tanques con tres colores diferentes (negro, verde y blanco; Fig. 32) se usaron por duplicado, mientras que las luces sumergidas (de 8:00 a 20:00, imitando el período más brillante del día) aumentaron la intensidad de la luz en la columna de agua sin aumentar significativamente, variando la intensidad en la superficie del tanque.



Figura 1. Tanques con fondos de color distintos.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de las larvas entre los diferentes colores del tanque. El crecimiento de los peces fue exponencial en términos de TL (negro: 0.0481 d⁻¹, blanco: 0.0393 d⁻¹, verde: 0.0355 d⁻¹) y peso húmedo (negro: 0.1260 d⁻¹, blanco: 0.1970 d⁻¹, verde: 0.171 d⁻¹). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la supervivencia durante el ensayo. El fondo blanco dio lugar a una tasa de supervivencia significativamente mayor ($22.2 \pm 0.7\%$) en comparación con el verde ($16.5 \pm 0.9\%$) y al negro ($8.2 \pm 3.1\%$).

Además, los resultados mostraron que los peces criados en el fondo blanco habían aumentado los niveles de los genes implicados en el sistema del eje de crecimiento en comparación con los peces criados en los fondos negro y verde. En particular, el IGF-I mostró niveles generalmente más altos de expresión a medida que avanza el desarrollo y además, parecía influido por el color de fondo, ya que se observaron niveles más altos en peces del tanque blanco a 17 dph y 30 dph en comparación con peces criados en el negro y el verde (fig. 33). Los niveles de expresión de GHRH se mantuvieron bajos y estables durante todo el desarrollo en peces criados en el fondo verde, mientras que en peces criados en el blanco hubo una regulación positiva estadísticamente significativa a 30 dph y para peces criados en el fondo negro a 25 dph (Fig. 33). Además, el color de fondo afectó los niveles de ARNm de GHRH con niveles más altos para el fondo blanco a 17dph, 25 dph y 30 dph (Fig. 35).

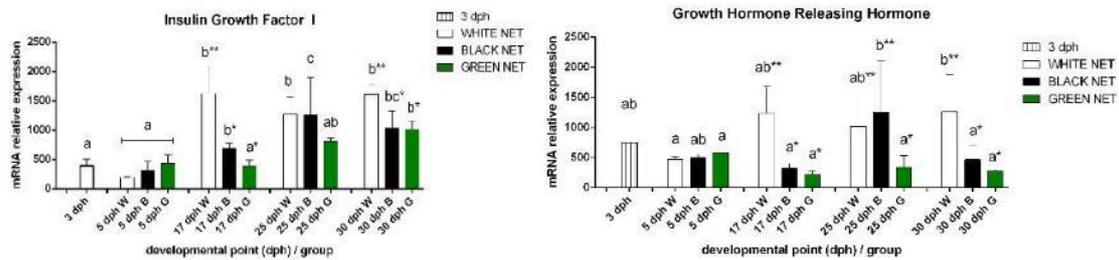


Figura 33. Niveles de expresión relativos de mRNA (medias \pm SD; n = 4) de IGF-I y GHRH entre los diferentes colores de fondo. Las letras diferentes indican diferencias entre los puntos de desarrollo mientras que los asteriscos entre colores de fondo ($P < 0.05$).

Este estudio demostró un efecto catalítico del color de fondo del tanque en la supervivencia larvaria. El **efecto beneficioso del ambiente más brillante en el desempeño de seriola puede reflejar los requisitos relacionados con la naturaleza pelágica de la especie**. Las larvas de seriola se encuentran en la naturaleza en mar abierto, algunas veces asociadas a objetos flotantes como medusas, etc. (observaciones personales de N. Papandroulakis y GMFMC 2004). Las condiciones de luz allí se caracterizan por las altas intensidades y la transparencia asociada del agua, que apenas se imita en las condiciones de cría. El uso de fondo blanco y la adición de una luz sumergida cambiaron el entorno de cultivo permitiendo una mejor adaptación de las larvas a las condiciones de cría.

A 30dph, se observaron niveles de expresión de ARNm más altos de varios genes (IGF-I, IGF-II, IGF-BP2, IGF-BP3 e IGF-BP5) en las larvas criadas en tanques con fondo blanco en comparación con los otros dos fondos y especialmente el color verde, que coincide con las diferencias observadas en las tasas de supervivencia. Este estudio preliminar proporciona la información por primera vez sobre la regulación de los diversos componentes de la vía de señalización de IGF en seriola y sirve para comprender mejor la compleja relación entre el color de fondo y el rendimiento de los peces en la ontogenia temprana.

Los resultados presentados de los ensayos con el "entorno de luz" modificado de los tanques son mejores en un orden de magnitud de cualquier informe previo que muestre la validez de la hipótesis probada. Son importantes porque las tasas de supervivencia alcanzadas se reportan por primera vez, lo que indica un paso tecnológico sustancial en la cría de larvas de seriola.

Hacia un protocolo industrial.

S. Jerez, C. Rodríguez (ULL), C.M. Hernández Cruz (FCPCT) y N. Papandroulakis (HCMR)

Los resultados obtenidos fueron validados en dos criaderos comerciales en Grecia durante dos años sucesivos. Las Hatchery realizaron un pequeño ensayo con la especie. Ambos, utilizaron huevos de reproductores mantenidos en GMF y en la granja Argosaronikos SA.

En la primera Hatchery, la incubación se realizó directamente en los tanques de larvas a una densidad de alrededor de 120 huevos l-1. Tras la eclosión, la densidad de las larvas fue de aproximadamente 75 ind l-1, lo que indica una tasa de supervivencia del 62%. Se agregó fitoplancton en los tanques de larvas desde el día 2 y hasta el día 15 después de la eclosión. La intensidad de la luz fue de 800 lux a 3 dph, aumentó a 1200 lux a 6 dph hasta 12 dph cuando se redujo a 1000 lux y gradualmente a 500 lux hasta 20 dph. La fotofase continuó (24L: 00D) desde la apertura de la boca hasta 20 dph cuando se redujo a 18L: 06D, hasta los 30 dph cuando se ajustó a natural. La alimentación se basó en rotíferos enriquecidos y, posteriormente, con artemia y piensos secos. También se agregaron huevos congelados en los tanques después de 20dph. Después de la fase de incubación, los individuos se transfirieron para destete y se seleccionaron por tamaño. El número final de juveniles transferidos para pre-engorde fue de alrededor de 15,000 que se clasificaron en 4 clases de tamaño entre 0.3 y 2.5 g.

Los ensayos en la segunda Hatchery se implementaron nuevamente con incubación directa de huevos en los tanques de cría de larvas. De acuerdo con el protocolo estándar de la Hatchery. Los huevos después del transporte se incubaron y transfirieron solo después de abrir la boca a los tanques de cría larvarios, un procedimiento que resultó ser letal para las larvas. Durante el período de 2017, la Hatchery



recibió 4 lotes de huevos de 1.0, 1.2, 0.65 y 0.5Ms. La temperatura se fijó en 24,5 a 25,0 °C. el cultivo de larvas se realizó siguiendo el protocolo estándar y la alimentación se basó en rotíferos enriquecidos, instar I y nauplios de Artemia enriquecidos en instar II seguidos de dietas artificiales. Las condiciones de luz en algunos de los tanques se modificaron para aumentar la intensidad de la luz en la superficie de los tanques a > 1000 lux, lo que resultó en una supervivencia significativamente mayor. Después de 20 dph, los peces fueron seleccionados y agrupados por tamaños, mejorando así significativamente el rendimiento de las larvas y, en particular, su tasa de supervivencia. La Hatchery finalmente transfirió a viveros 48.300 juveniles de 25-50 g.

Recomendaciones Generales

Sistema de cultivo

El sistema de cría de larvas basado en un tanque grande y una baja densidad inicial de larvas mejora el rendimiento de crecimiento y la supervivencia de seriola.

Densidad de siembra

Las densidades de huevos superiores a 25 huevos l-1 afectan negativamente los resultados durante la cría de larvas de seriola.

Condiciones de luz

Fase fotográfica de 24 L: 00 D de 1 a 20 dph y 18 L: 06 D entre 21 y 30 dph, intensidades de luz de 800, 1200, 1000 y 500 lux a 3, 6, 12 y 20 dph, respectivamente.

Calidad del agua

Una renovación del agua de mar filtrada (5 µm) a una tasa creciente que varía desde 15-40% día-1 a 1 dph, 30-40% a 10 dph, 100-120% a 20 dph y 200-240% a 30 dph asegura una buena calidad del ambiente de cultivo y mantiene las condiciones físicas básicas durante la crianza de larvas.

El oxígeno disuelto osciló entre 4.9 y 8.2 mg l-1, preferiblemente superior a 6.0 mg l-1, la salinidad entre 35 y 40 psu, el pH entre 7.8 y 8.5, y la temperatura varió de 22 a 27°C, preferiblemente entre 23.5 y 25.0°C.

Alimentación

Los protocolos de alimentación utilizados deben coordinarse con las condiciones de cultivo y el desarrollo larvario. La larva tiene que ser capaz de ver, ingerir y digerir los alimentos, y por lo tanto necesita el desarrollo coordinado de la visión y el sistema digestivo. El cultivo de larvas desarrollado en condiciones que permitan un crecimiento más rápido debe considerar el momento de inicio y la duración de los períodos de alimentación con los diferentes elementos. En general, parece una buena secuencia la adición de microalgas vivas a 150-300 x 10³ células ml-1 de 1 dph, rotíferos enriquecidos (*Brachionus plicatilis*) dos veces al día, de 3 a 25 dph, a densidades entre 3 y 10 rot ml-1, Los nauplios de Artemia AF a 12 dph, durante 5-7 días y Artemia EG enriquecido 1 día a 14-18 dph, y la dieta de destete (200-800 µm) a partir de 18 dph.

Además, las emulsiones enriquecidas de presas suplementadas con fosfolípidos (PL), carotenoides, ácido araquidónico (AA) y moduladores inmunes como el aceite de Echiium y el aceite de comino negro mejoran el cultivo de larvas de seriola.



Manejo

Durante el cultivo larvario y especialmente después de 20dph, hay una gran variabilidad en todos los sistemas de cría probados hoy en día. Se desconocen las razones de esta variabilidad, pero ya se está realizando un estudio (HCMR, Proyecto Nacional) que puede identificar los mecanismos biológicos causales. Esta alta variabilidad se enfrenta hasta ahora con la clasificación temprana de los grupos criados en las clases de tamaño apropiadas. Aplicando los métodos y equipos estándar disponibles en todos las Hatcherías, el procedimiento de clasificación, aunque con pérdidas, resulta en una supervivencia significativamente mayor en comparación con los grupos no clasificados. Los grupos no clasificados entre 20 y 30 dph presentan una mortalidad de más del 90%, mientras que para los grupos clasificados se limita a un 10%. Durante la clasificación, el transporte de los individuos también es clave. Los individuos de menos de 15 mm no toleran la malla y la transferencia debe realizarse con cuidado. Evitar la exposición al aire. Después de alcanzar 20 mm en TL, los individuos pueden ser transferidos con normalidad. El manejo con individuos más grandes (> 0.5-1 gr) es más fácil, aunque en algunos casos, puede mejorarse el proceso con una anestesia suave.

Manejo del Engorde

Desarrollo de Métodos de cultivo en Viveros

Nikos Papandroulakis, Aleka Tsalafouta, Morgane Henry and Panayiotis Anastasiadis, HCMR, Greía; Antonis Ploumis y Tassos Raftopoulos ARGO, Grecia

El cultivo en viveros es importante para la aplicación industrial, pero parece ser un reto. Se han realizado varios ensayos a escala industrial para definir las condiciones de crianza y desarrollar metodologías y prácticas apropiadas.

Un grupo de 12,000 individuos se transfirió a viveros con un peso promedio de 10 g en septiembre de 2016. Dos grupos se transfirieron a dos viveros circulares con una red de diferente profundidad (2,800 y 1600 m³) para estudiar el efecto de la densidad de población durante el cultivo. La alimentación se realizó con alimentadores automáticos o manualmente, durante la presencia del personal en la instalación. Durante el primer mes en los viveros, los grupos mostraron una alta tasa de crecimiento que alcanzó un peso medio de 218 ± 56 g y 205 ± 65 g en el vivero más profundo y poco profundo, respectivamente. Sin embargo, se observó una mortalidad significativa del 25% y el 34% de los grupos, respectivamente. Además, la alta variabilidad presentada dentro de los grupos no permitió la aplicación de prácticas apropiadas de manejo, especialmente a las relacionadas con el tamaño del alimento. Después de la clasificación, se creó un grupo de 5,000 individuos con un peso medio de 460 ± 20 g y un segundo grupo de 3,500 individuos de peso promedio de 263 ± 19 g. El desempeño de los grupos "grande" y "pequeño" se monitorizó en términos de crecimiento, eficiencia de alimentación y supervivencia, así como para patologías y especialmente para brotes de parasitismo. Se desarrollaron metodologías de tratamiento.

En el transcurso del ensayo de 2016 se produjeron varias incidencias que causaron mortalidades significativas. La mortalidad, asociada con la presencia de parásitos branquiales (*Z. seriolae*), resultó en aproximadamente un 25% de bajas para el grupo con los individuos más grandes, mientras que fue significativamente menor (aproximadamente 6,5%) para el grupo con peces más pequeños. El incidente se contrarrestó con baños repetidos con peróxido de hidrógeno que eliminaron de manera eficiente los parásitos. Se desarrolló una metodología eficiente para la aplicación del baño de peróxido que se repitió cuando fue necesario, es decir, en el caso de que se observaran calentamientos durante el muestreo.

El cultivo continuó hasta junio de 2017 cuando quedaron en los viveros 4.900 individuos con un peso medio de 914 ± 150 g y 3.090 con un peso medio de 631 ± 120 g. En la Figura 34 se muestra el rendimiento de crecimiento de los dos grupos.

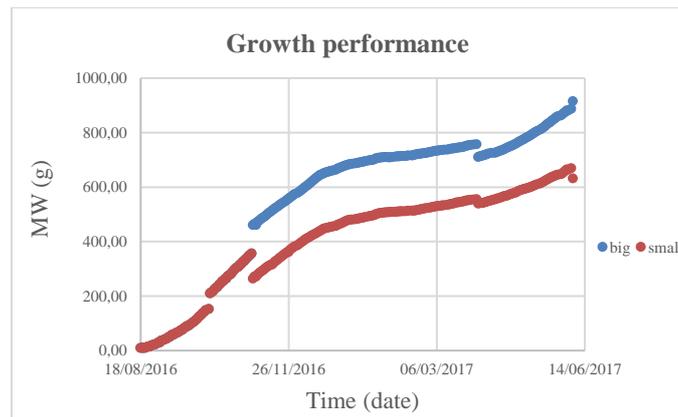


Figura 34. Evaluación del crecimiento observado en el periodo experimental.

Durante el ensayo, la tasa de crecimiento fue de 2.07 g d⁻¹ para el grupo pequeño y de 2.86 g d⁻¹ para el grupo grande. Antes de clasificar los grupos tenían un crecimiento similar de 5g d⁻¹ y el FCR estimado fue de 1.2. Tras la clasificación y hasta el final del ensayo, los dos grupos presentaron un rendimiento de crecimiento similar con una tasa lineal de 1.42 g d⁻¹ y el FCR estimado fue de 2.03 y 1.86 para los individuos pequeños y grandes, respectivamente.

El ensayo se repitió en 2017 con 26.500 individuos transferidos a dos viveros rectangulares de 10x10x8 m en grupos de 12.000 individuos con un peso promedio 23g y 14,500 de 15.5g. Los grupos fueron alimentados manualmente, 3 veces al día, con dietas comerciales.

Una incidencia significativa de parasitismo ocurrió con *Z. seriolae* durante noviembre, lo que resultó en la pérdida de más del 50% de un grupo. El segundo grupo fue tratado con éxito con peróxido de hidrógeno siguiendo los procedimientos obtenidos durante el primer ensayo. Desde entonces, ambos grupos han desarrollado una gran heterogeneidad en la clasificación por tamaño. En la siguiente Fig. 35 se presenta la distribución de tamaños antes de la clasificación.

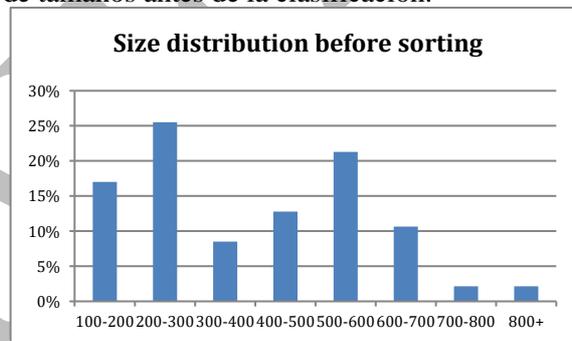


Figura 2. Distribución por tamaños

En enero de 2018, se formaron dos grupos de 4,700 cada uno con un peso medio de 406 ± 40 g y 607 ± 23 g. Fueron transferidos a dos viveros con una densidad similar (2.2 Kg m⁻³) y su evolución fue monitorizada hasta julio de 2018. Durante el primer curso del ensayo (hasta la clasificación), los individuos presentaron un crecimiento lineal de 3.45 g d⁻¹ y el FCR medio fue de 1.47. Al final del ensayo, en los viveros quedaron 4.870 individuos con un peso medio de 597 ± 191 g y 4.500 con un peso medio de 955 ± 189 g. En la Fig. 36 se muestra la evaluación del crecimiento de los dos grupos.

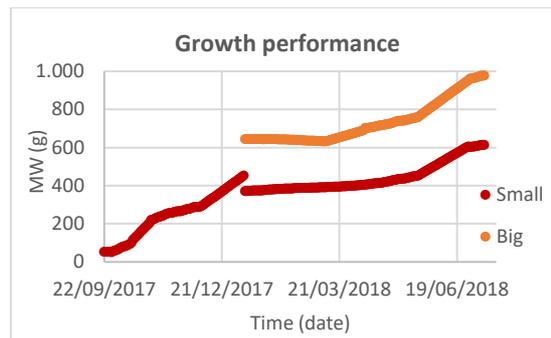


Figura 36. Crecimiento observado en el periodo experimental.

Durante la segunda parte del ensayo, la tasa de crecimiento fue de 1.25 g d⁻¹ para el grupo pequeño y 1.83 g d⁻¹ para el grande y el FCR estimado fue de 2.46 y 2.35, respectivamente. Durante ambos ensayos, los peces aceptan sin problemas el pienso comercial con la composición apropiada, con proteínas de origen de pescado. No hubo ningún problema durante las prácticas de manejo estándar de limpieza / cambio de red y aunque la densidad de población no fue alta, un valor de apx 5 kg m⁻³, se considera aceptable para un pez pelágico.

La principal dificultad fue dada por los parásitos específicos de la especie que afectan significativamente al cultivo. Si bien el tratamiento del parásito con peróxido está bien establecido y confirmado, la aplicación no es fácil y se deben desarrollar metodologías apropiadas, especialmente para los viveros grandes. La especie también se enfrenta a infecciones bacterianas y, en el caso de Grecia, se notificaron incidencias con *V. harvey* que causaron mortalidades significativas (datos no publicados de HCMR).

Este estudio proporciona una primera estimación del estado innato inmune de seriola, mantenido en entornos comerciales, es decir, con las condiciones estresantes y las infecciones patógenas que a menudo los acompañan. Se produjo una infección parasitaria al comienzo del ensayo antes de la primera toma de muestras, y los peces se clasificaron por tamaño. El aumento duradero de las actividades de lisozima y mieloperoxidasa (Fig. 37) en peces pequeños en comparación con peces grandes podría deberse al tamaño del pez o también a una reacción a esta infección.

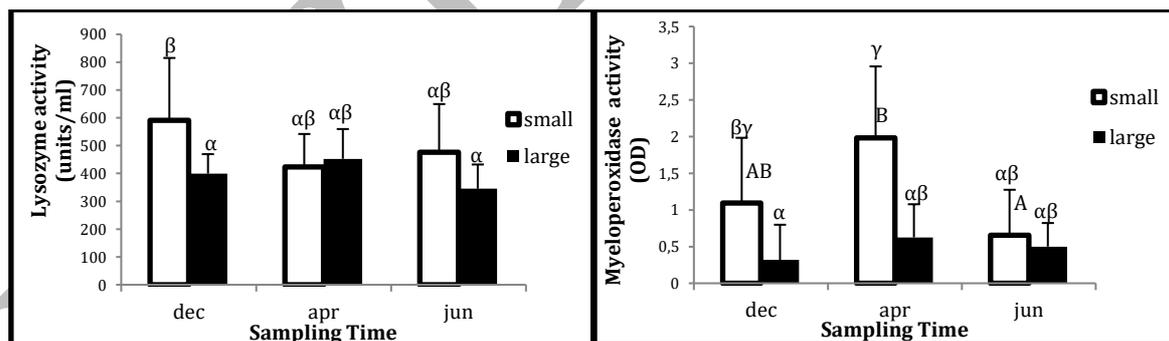


Figura 37. Actividad antibacteriana de la lisozima sérica y actividad de la mieloperoxidasa seriola (250-500g) y (600g-1kg) en viveros marinos durante 0, 3 y 6 meses. Diferentes letras mayúsculas muestran diferencias significativas entre distintos periodos de muestreo (Método lineal general, $P < 0.05$). Letras griegas diferentes muestran diferencias significativas entre tamaños de peces en diferentes tiempos de muestreo (Kruskal Wallis, $P = 0.00005$, prueba de t de Tamhane). $n = 10$.

El presente estudio sugirió que la infección parasitaria de seriola podría tener un efecto a largo plazo en la salud de los peces y se debe tener cuidado para tratar rápidamente a los peces en tal caso, para minimizar los efectos adversos futuros a corto plazo, como la mortalidad, o a largo plazo como infecciones secundarias.



También se llevó a cabo otra prueba en vivero durante aproximadamente 1 año, en las condiciones climáticas y marinas de Canarias. Después del desove de seriola y el posterior cultivo de larvas a juveniles en los laboratorios del FCPCT, se transportaron peces de 52.92 a 23.86 g al puerto de Taliarte para su transferencia a la compañía CANEXMAR y el almacenamiento en sus viveros experimentales, según un protocolo acordado previamente. El esquema de transporte de peces desde el laboratorio hasta el mar se desarrolló de acuerdo con el siguiente protocolo: se preparó un lote con cajas de transporte de peces de 500 l; La densidad de los peces durante el transporte fue de alrededor de 20-22 kg / m³ y el nivel de oxígeno se mantuvo cerca de 6.5 utilizando una botella de oxígeno; Sincronización: recogida inicial y final de los tanques en el FPCT (11: 00-13: 00) y llegada al puerto (13:30), total 2:30 horas de manejo de peces.

Durante el crecimiento en los viveros, se acordó con la compañía un programa de muestreo para cada 90 días aproximadamente, aunque se determinó por el estado del mar y la corriente de agua: 1) Wt 3 lotes de peces en las jaulas y determinar el peso y tamaño medianos para determinar / ajustar la alimentación de los peces; 2) Lleve 15-20 peces a los laboratorios FCPCT para el muestreo individual de peces; 3) Peso; longitud; observaciones y fotos; 4) Observaciones de parásitos; 5) Eviscerar y volver a pescar el pescado; 6) Diseccionar los 2 filetes y el peso (1 por 1) y almacenar 1 filete entero para el análisis bioquímico; 7) Mantener el filete y el resto del pescado entero para el análisis de salud (Fig. 38)



Figura 38. Muestreos intermedios en viveros de CANEXMAR.

A lo largo del ensayo, los peces fueron alimentados con una comida diaria por la noche durante 30 minutos aproximadamente con una dieta comercial alta en proteínas. Las respuestas de los peces durante las comidas fueron normales y no se observaron mortalidades importantes a lo largo del ensayo. La vista general del mar y las condiciones actuales del agua se definieron como aquellas para los niveles medios de acuerdo con las escalas registradas diariamente por la empresa. El crecimiento de peces a lo largo del ensayo mostró un aumento lento durante el primer período con una mayor respuesta de pendiente después de abril (Fig. 39), lo que significa que los peces necesitan un período de aclimatación después de la siembra en el mar. Durante este periodo el vivero estaba mejor cubierto para evitar demasiada incidencia de luz y alimentación diaria ajustada y manejada adecuadamente. La temperatura del agua registrada también comenzó a aumentar después de abril. La Tabla 8 muestra el resumen de los resultados de cada pez muestreado en el FPCT en los diferentes muestreos a lo largo del ensayo.

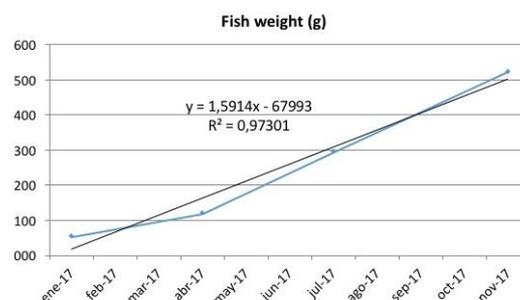


Figura 39. Peso del pez (g) a lo largo de todo el ensayo en vivero en CANEXMAR.

**Tabla 8.** Diferentes parámetros de medición a lo largo del ensayo en viveros experimentales en CANEXMAR.

Sampling	Temperature (°C)	weight (g)	Growth (g from the initial)	Growth (% initial)
Jan-17	18	52.91±23.86	-	-
April-17	19	119.00±25.44	66.09±25.44	124.91±48.08
July-17	21	293.70±57.35	240.79±57.35	455.10±108.40
Nov-17	23	521.82±103.73	468.91±103.73	886.24±196.05
Sampling	Total length (cm)	K	Evisc weight (g)	VSI
April-17	21.01±1.46	1.27±0.07	105.83±15.04	11.33±0.94
July-17	29.66±1.72	1.11±0.07	275.70±55.72	9.19±2.47
Nov-17	35.31±2.68	1.16±0.08	546.75±91.22	7.14±1.65
Sampling	Right fillet (g)	Left fillet (g)	Fillet (%)	HSI
April-17	26.33±6.09	25.94±4.74	55.77±3.75	1.82±0.41
July-17	48.92±11.01	56.20±14.73	65.80±3.00	1.11±0.42
Nov-17				1.55±0.35

Desarrollo de Métodos de Alimentación

Salvador Jerez, Daniel Montero, M. Virginia Martín y Alvaro Fernández Montero, IEO, España

Una estrategia de alimentación adecuada es de suma importancia para producir un tamaño de pescado de calidad en las operaciones de cultivo. Las estrategias de manejo de la alimentación incluyen el tamaño de la ración, la frecuencia de las comidas y la distribución temporal y espacial de la alimentación, entre otros. Entre las diferentes prácticas de manejo de alimento que se ha demostrado que maximizan el beneficio de la alimentación, la frecuencia de alimentación y el tamaño de la ración desempeñan un papel importante en la regulación del consumo de alimento, el crecimiento y el desperdicio de peces (Silva et al., 2007).

Se han implementado algunos estudios previos sobre el crecimiento de seriola y se han obtenido los resultados del rendimiento de crecimiento, la condición de los peces y la eficiencia de la alimentación. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han centrado en los efectos de la alimentación con diferentes dietas en el crecimiento, el impacto de la frecuencia de muestreo y solo unos pocos incluyeron la estrategia de alimentación, la frecuencia y la ración, en el rendimiento del crecimiento de los juveniles de seriola (Jerez, 2013).

Nuestro estudio tuvo como objetivo la optimización de la estrategia de alimentación de acuerdo con la variabilidad del apetito para 5g y 200 g de juveniles de seriola mediante la alteración de la tasa de distribución de alimento fija versus continua, permitiendo a los peces dictar el momento y el tamaño de su ración diaria para el rendimiento de crecimiento, conversión alimenticia, supervivencia, bienestar, condición y calidad juvenil.

Definición de patrón de alimentación para individuos de 10 g. Se realizó un experimento para definir la mejor dieta para los juveniles de seriola (juveniles en primeros estadios durante 120 días), combinando dos parámetros de la dieta: a) tasa de alimentación (% del peso corporal por día) y frecuencia de alimentación (nº de comidas por día en que se distribuye la tasa de alimentación definida). 600 peces de 12.01 ± 1.5 g se distribuyeron en 24 tanques (25 peces / tanque) y se alimentaron de las ocho dietas (por triplicado) durante 120 días: saciedad aparente 3 ingestas d-1 (S3) y aparente saciedad una vez al día (S1). 3.5% de la biomasa dividida en 3 tomas d-1 (3.5 / 3), 3.5% de la biomasa dividida en 4 tomas d-1 (3.5 / 4) y 3.5% de la biomasa en una ingesta única d-1 (1 ingestas / día). 2.5% de la biomasa dividida en 3 tomas d-1 (2.5 / 3), 2.5% de la biomasa dividida en 4 tomas d-1 (2.5 / 4) y 2.5% de la biomasa una vez al día (2.5 / 1).

Los animales fueron alimentados con una dieta comercial con alto contenido de proteínas (52% de proteína cruda, 20% de lípidos crudos). El oxígeno disuelto fue de $7,5 \pm 0,6$ y la temperatura fue de $2,1 \pm 1,4$ durante todo el período. Se calcularon la tasa de crecimiento específica y la relación de conversión de la alimentación (FCR), la relación de eficiencia de la proteína (PER) y el factor de condición (factor k).



Los peces alimentados hasta aparente saciedad con 3 ingestas d-1 presentaron un crecimiento significativamente mayor en comparación con los peces alimentados hasta aparente saciedad con 1 ingesta. Los animales alimentados con una biomasa del 2,5% fueron significativamente más pequeños que los alimentados con un tratamiento del 3,5% en cualquiera de las dietas. Además, los animales alimentados con una dieta de 3.5 / 3 y 3.5 / 4 mostraron un crecimiento (Fig. 40).

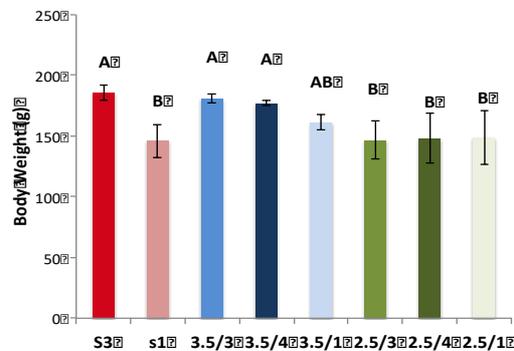


Figura 40. Peso final (g) para cada tratamiento al final del ensayo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos dietéticos ($P < 0.05$).

El factor K no se vio afectado por la dieta, lo que indica ausencia de deformidades y animales mal alimentados por la dieta evaluada, tan solo un menor aumento de peso causado por la dieta.



Figura 41. Juvenil de seriola tras de 120 bajo las diferentes dietas.

No se observó erosión de la aleta u otro signo externo de enfermedad o bajo bienestar en los peces experimentales, mostrando a todos ellos la forma y morfología típicas de los juveniles sanos de seriola (Fig. 41). El ratio de conversión de alimento (FCR), para peces alimentados hasta saciedad aparente, con 3 ingestas al día fue significativamente menor cuando se comparó con peces alimentados con saciedad aparente con 1 ingesta al día. Para aquellos animales alimentados con un régimen de 2.5%, fue significativamente más alto que aquellos alimentados con un tratamiento de 3.5% con cualquiera de las dietas probadas. Además, los animales alimentados con las dietas 3.5 / 3 y 3.5 / 4 mostraron un FCR similar al grupo alimentado hasta saciedad aparente. La proporción de proteína eficiente (PER) medida fue afectada por la dieta. Los peces alimentados hasta saciedad aparente con 3 ingestas/día presentaron significativamente mayor PER ($P < 0,05$) en comparación con los peces alimentados hasta saciedad aparente con 1 ingesta/día. Los peces alimentados con un régimen de alimentación de biomasa del 2,5% tuvieron PER significativamente más bajo ($P < 0,05$) que los alimentados con un tratamiento de 3,5% con cualquiera de dietas probadas. Además, los animales alimentados con una dieta de 3.5 / 3 y 3.5 / 4 mostraron un PER similar al grupo de saciedad aparente.

Definición de patrón de alimentación para individuos de 200 g. 1

80 juveniles ($262.1 \pm 55.5g$ y tamaño $23.0 \pm 1.7cm$) fueron divididos aleatoriamente en 12 grupos homogéneos de 15 peces cada uno. Los grupos se mantuvieron en tanques ($1m^3$ cilíndrico y $4m^3$ cuadrado), con un intercambio constante de agua y aireación durante el primer y último mes, respectivamente; en condiciones naturales de fotoperiodo, salinidad del agua (37.5 psu), temperatura ($18.8 \pm 0.4^\circ C$), una disminución de $19.4^\circ C$ a $18.1^\circ C$ a lo largo del experimento) y una saturación de oxígeno ($92.4 \pm 4.8\%$). Se alimentaron con un pienso comercial (52% de proteína cruda, 20% de grasa cruda).



Los peces fueron alimentados diariamente a voluntad. Los grupos de peces triplicados se alimentaron con una frecuencia de alimentación de 1 (a las 08:00 h), 2 (08:00 y 18:30 h), 3 (08:00, 13:30 y 18:30 h) y 7 (08:00, 10:00, 12:00, 13:30, 15:00, 17:00 y 18:30 h) comidas d-1. El alimento no ingerido se recuperó del fondo del tanque 30 minutos después de su administración para cuantificar la ingesta diaria de alimento (FI).

La Tasa de Crecimiento Específico (SGR) tendió a aumentar con el aumento de la frecuencia de alimentación en el día 60, mostrando una mayor SGR grupos de peces alimentados con 7 y 3 comidas por día en comparación con los grupos de peces alimentados con 1 comida por día (Fig. 42). No se observaron diferencias en el período 60-90, mientras que se obtuvo una menor SGR en peces alimentados con 1 comida por día, entre 60 y 90 días. En el período general (0-120 días), los peces alimentados con 1 comida por día mostraron una SGR significativamente más baja. Las otras tres estrategias de alimentación (2, 3 y 7 comidas por día) presentaron una SGR similar. Los resultados indicaron diferencias significativas entre los peces alimentados con diferentes estrategias de alimentación a los 120 días, principalmente en las regiones craneales y varias del cuerpo.

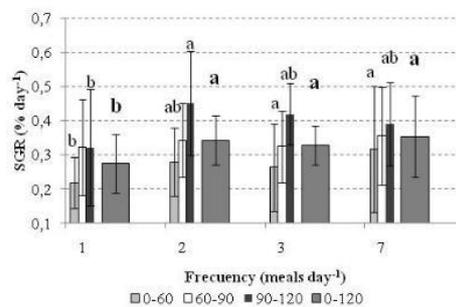


Figura 42. Tasa de crecimiento específico (SGR, % día⁻¹) en diferentes períodos y duración total de los peces alimentados a 1, 2, 3 y 7 comidas día⁻¹. Letra diferente indica diferencias significativas ($P < 0.05$).

Más del 53% de la variación se correlacionó con las medidas longitudinales y transversales del cuerpo, mientras que un porcentaje menor de la variabilidad se relacionó con las mediciones del pedúnculo y el ojo. El análisis demostró una separación significativa de los peces alimentados con 1 comida por día de otros grupos ($P < 0.05$).

Las enzimas antioxidantes se determinaron al principio (0 días) y al final (120 días) del ensayo en hígado, músculo, branquias y cerebro de peces alimentados con diferentes frecuencias de alimentación. Los resultados mostraron varias diferencias en las defensas antioxidantes en comparación con los grupos de frecuencias de alimentación para todos los tejidos analizados. Por lo tanto, la actividad de la catalasa en el hígado y branquias fue menor en el grupo de 1 toma diaria. También se observaron varias diferencias entre los grupos de alimentación en GPx y GST para todos los tejidos analizados. Los parámetros inmunológicos del suero de peces alimentados con diferentes frecuencias de alimentación a los 60, 90 y 120 días se muestran en la Fig.43. Las actividades bactericida y peroxidasa fueron significativamente menores en el grupo de 1 toma diaria después de 90 días, así como en la actividad de proteasa al final del ensayo (120 días).

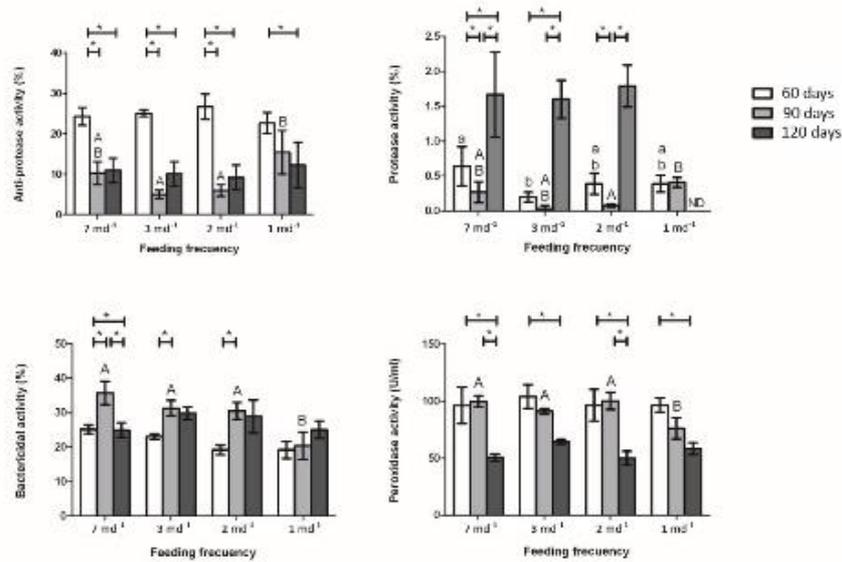


Figura 43. Efecto de las frecuencias de alimentación en antiproteasa (%), proteasa (%), bactericida (%) y peroxidasa. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las frecuencias de alimentación en el mismo punto de tiempo y los asteriscos indican diferencias estadísticamente significativas entre diferentes puntos de tiempo en la misma frecuencia de alimentación (ANOVA, prueba post-hoc LSD de Fisher $P \leq 0.05$).

Para juveniles de seriola de 200 g, los mejores resultados en el crecimiento y las tasas de conversión de alimento se obtuvieron cuando se alimentan con entre 2 a 7 tomas por día. La ausencia de cambios entre los parámetros hematológicos y bioquímicos sugiere que los juveniles de seriola podrían adaptarse a las diferentes frecuencias de alimentación en las condiciones de cultivo particulares. Sin embargo, los resultados de los parámetros inmunológicos revelan diferencias en el estado inmunológico entre los peces sometidos a diferentes frecuencias de alimentación que podrían influir en el estado de salud de los peces. Los hallazgos del presente estudio tienen un significado práctico para establecer una mayor práctica de cultivo de seriola.

Desarrollo adecuado del cultivo.

Nikos Papandroulakis, Patricia Pereira, Aleka Tsalafouta, Morgane Henry, Panayiotis Anastasiadis, Daniel Montero, Alvaro Fernandez Montero, Rafael Gines, Lidia Robaina, Antonio San Martín, Salvador Jerez, Virginia Martín, Covadonga Rodríguez, José Pérez

La definición de los rangos de temperatura apropiados para el cultivo de seriola es de gran importancia para seleccionar adecuadamente las áreas geográficas para la producción industrial. El estudio incluyó diferentes clases de tamaño de individuos. Un segundo parámetro estudiado fue la densidad de la población, nuevamente en dos clases con tamaño diferentes.

Tolerancia a la temperatura

Juveniles

Se repartieron 225 juveniles de seriola de 19.5 ± 4.1 g de peso corporal y 9.8 ± 0.7 cm de longitud corporal total en 9 tanques cilíndricos de 500 l (25 individuos por tanque). Los tres tratamientos de temperatura, 17, 22 y 26 °C, fueron analizados por triplicado. Los sistemas con tres tanques de una temperatura dada fueron controlados por un RAS. Los niveles de oxígeno fueron similares entre los diferentes tanques alrededor de 7.8 mg l⁻¹. Los peces fueron alimentados a la saciedad aparente tres veces al día durante 120 días con una dieta comercial con 52% de proteína cruda y 20% de lípidos crudos. Los peces mantenidos a 26°C mostraron un peso corporal significativamente mayor en comparación con los peces mantenidos a 22°C. Las diferencias entre estos dos grupos ya fueron significativas después de 60 días de prueba. Los peces mantenidos a 17°C mostraron el peso corporal final más bajo, mostrando diferencias con ambos grupos después de 30 días de prueba (Fig. 44).

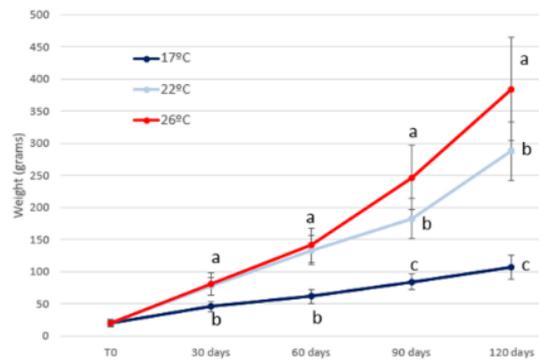


Figura 44. Tasa de crecimiento de alevines de seriola durante 120 días de prueba a las tres temperaturas diferentes

Se encontraron diferencias significativas entre los grupos en el tamaño y forma del centroide. El tamaño del centroide se correlacionó con la longitud del pez, lo que indica una forma de cambio vinculada al crecimiento del pez. El análisis de PCA mostró que el aumento de la temperatura condujo a una forma alargada del cuerpo del pez, especialmente de la cabeza, diferenciando claramente los especímenes criados a 17°C y 26°C. Los valores medios de la eficiencia de propulsión caudal (CPE) difirieron entre los grupos, observando una mayor propulsión de los peces con un aumento de la temperatura (Fig.45).

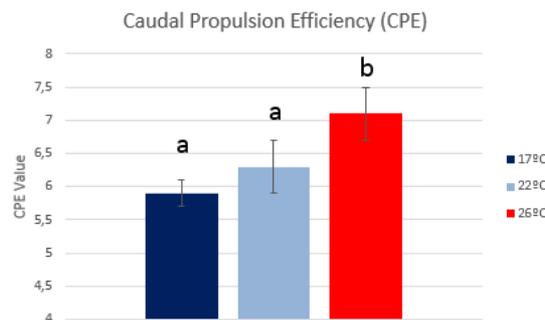


Figura 45. Valor de la eficiencia de propulsión caudal (CPE) de los tres tratamientos; relación entre la profundidad de la aleta caudal (CFd) y la profundidad mínima del pedúnculo caudal (CPd)

Los ejemplares criados a 26°C mostraron diferencias significativas de natación con los individuos criados a 17°C y 22°C; Mientras, que entre los individuos criados a 17°C y 22°C había semejanzas. Después de un mes de crecimiento, hubo diferencias significativas en FCR, siendo este parámetro más alto para peces mantenidos a 17°C en comparación con peces mantenidos a 26°C. Para el siguiente punto de muestreo, las diferencias entre los peces mantenidos a 17°, 22 y 26°C aumentaron, siendo significativamente mayores para los peces mantenidos a 17°C, en comparación con los peces mantenidos a 22°C y los peces mantenidos a 26°C respectivamente. Con respecto al FCR total para todo el período de crecimiento, el pescado mantenido a 26°C mostró el FCR más alto, siendo este valor por debajo de uno (Fig. 46).

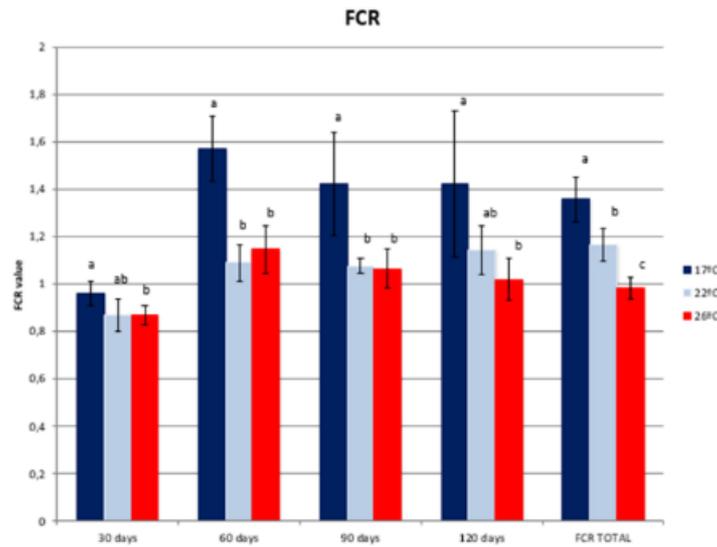


Figura 46. Valores de FCR en cada punto de muestreo para las tres temperaturas y el FCR total.

La cantidad de alimento consumido fue significativamente mayor en los peces mantenidos a 26°C en comparación con los peces mantenidos a 17°C y similares a los mantenidos a 22°C. No hubo diferencias significativas en la retención de proteínas o lípidos entre los grupos mantenidos a diferentes temperaturas. Sin embargo, la ganancia de proteína fue significativamente mayor en los peces mantenidos a 26°C en comparación con los mantenidos a 22°C, siendo la ganancia de proteínas y lípidos significativamente menor para aquellos peces mantenidos a 17°C.

Individuos de 350g

Se analizaron tres temperaturas del agua (16 ° C, 21 ° C y 26 ° C) en juveniles de seriola durante 98 días y se tomaron muestras de los parámetros de sangre y crecimiento tres veces a lo largo del período experimental. Un total de 108 juveniles de seriola (325.6 ± 24.2 g) se distribuyeron al azar entre 9 tanques circulares de 500L de interior ($n = 12$ por tanque) a una temperatura inicial de 15 ° C (ambiente). Durante la semana siguiente, la temperatura del agua de mar se ajustó gradualmente de ambiente a regímenes de temperatura: 16°C (Grupo A), 21°C (Grupo B) y 26°C (Grupo C). El experimento se realizó por triplicado, donde cada régimen de temperatura estaba compuesto por un sistema de agua recirculante semicerrado con filtración mecánica y biológica. Todos los grupos fueron alimentados manualmente con dieta comercial ad libitum dos veces al día (09.30 h y 12.30 h) y, además, se utilizó un simple alimentador automático de correas para distribuir los alimentos entre aproximadamente las 14.00 h y las 20.00 h, cuando las luces se apagaron. A partir de 325.6 ± 24.2 g de peso corporal en todos los grupos, los individuos alcanzaron 395.1 ± 67.7 g, 483.7 ± 64.3 g y 441.7 ± 95.6 g para los grupos A, B y C, respectivamente.

El mejor crecimiento se observó en los peces criados a 21 ° C, donde los individuos engordaron un promedio de 161.5 g durante los 98 días del experimento. Aunque se observó cierta variabilidad intragrupo baja, no hubo diferencias significativas entre las repeticiones. Para los juveniles más grandes como los utilizados en este estudio, 26 ° C fue una condición que mostró una alta inestabilidad, con la tasa de supervivencia más baja observada ($75 \pm 14,4\%$) y un período de aclimatación aparentemente más largo. Sin embargo, los individuos en este tratamiento parecían mostrar un crecimiento compensatorio durante el último mes de experimentos. Además, el mayor coeficiente de variación registrado para los valores de peso corporal de 26 ° C ($21.7 \pm 0.7\%$) indicó una mayor heterogeneidad de tamaño en este grupo.



Se observaron cambios significativos en los parámetros medidos. Los niveles de cortisol, presentados en la Figura 3a, mostraron una alta variabilidad interindividual a lo largo del período experimental, lo que respalda la existencia de individuos con baja capacidad de respuesta al cortisol (LR) y alta (HR) (la temperatura no tuvo un efecto sobre el lactato, mientras que la glucosa en plasma se vio afectada y las concentraciones aumentaron con la temperatura y el tiempo de muestreo (Fig. 47F).

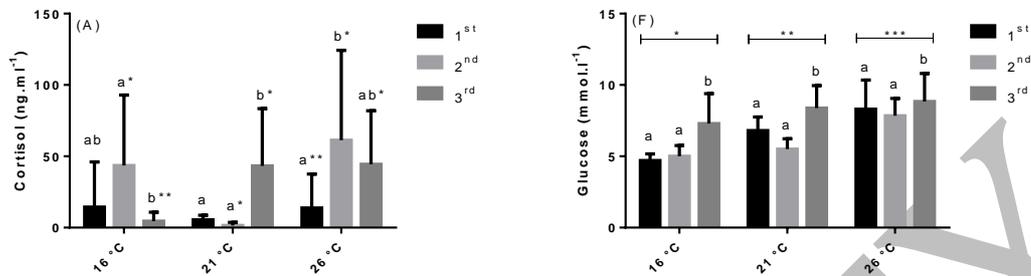


Figura 47. Cambios en las concentraciones plasmáticas de cortisol (A) y glucosa (F) entre y dentro de los grupos de tratamiento y los puntos de muestreo. Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre los puntos de muestreo dentro del mismo tratamiento de temperatura, mientras que los asteriscos indican diferencias significativas entre los grupos de tratamiento dentro del mismo punto de muestreo ($p < 0.05$).

El aumento observado en los valores de glucosa al aumentar la temperatura, especialmente en el último punto de muestreo, podría explicarse debido a una mayor ingesta de alimento en todos los grupos durante el último mes de experimentos. Con el fin de aclarar mejor las diferencias de temperatura observadas, las respuestas de los peces entre los pequeños y los de tamaño grande, se desarrollaron otros dos ensayos consecutivos con peces desde 200 g hasta 1000 g aproximadamente. También se estudiaron algunos otros parámetros específicos como el efecto de la temperatura y el tiempo de digestión en la digestión de proteínas durante el crecimiento.

Se utilizaron tanques de sistemas recirculados semicerrados (6 tanques, 10 m³ cada uno). En un primer ensayo, los grupos triplicados de 160 peces de 203.18 ± 20.70 g fueron sometidos a 23°C a 26°C durante 105 días, mientras que en el segundo ensayo, los peces de 450-550 g se aclimataron y se alimentaron a 20°C y 23°C (instalaciones FCPCT). En ambos casos, los peces se alimentaron manualmente hasta la saciedad aparente 2 veces al día (08:30 y 14:30), de lunes a sábado, con una dieta comercial alta en proteínas (51% de proteínas, 20% de lípidos). El efecto de la calidad de la dieta en la respuesta del crecimiento de los peces a temperaturas más altas también se controló durante la última parte del primer ensayo, ya que los peces cambiaron a una dieta comercial baja en proteínas (40% de proteínas, 20% de lípidos). En la Fig. 48 se muestra un resumen de los resultados de crecimiento de ambos ensayos.

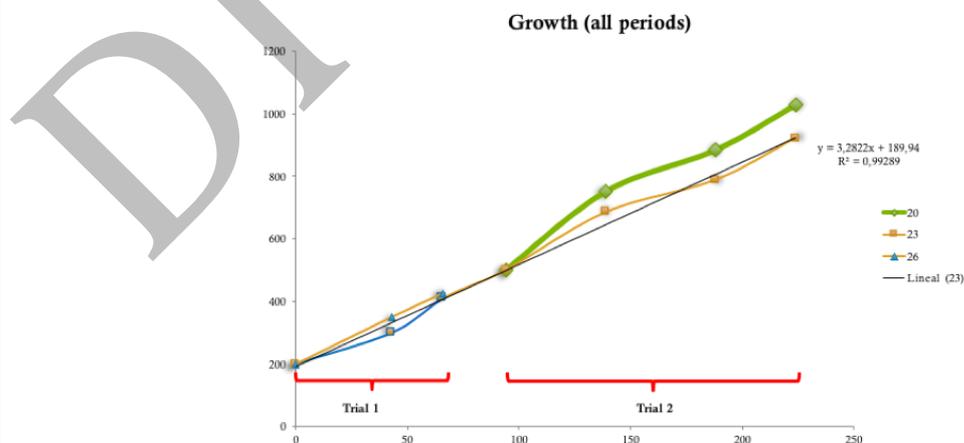


Figura 48. Curva de crecimiento para seriola, de alrededor de 200 g a 1000 g, cultivada a 20°C, 23°C y 26°C en los 2 ensayos consecutivos (eje X / Y = días de alimentación / peso del pez en g)



Las tasas de supervivencia fueron altas, alrededor del 95%, y no fueron influenciadas significativamente por la temperatura durante la duración de los ensayos. Para una ingesta de alimento similar (1.43% día⁻¹), se observó un crecimiento significativamente mayor en peso y longitud ($P < 0.05$) después de 43 días a la temperatura de 23 ° C ($346.48 \pm 44.99\text{g}$) con respecto a 26°C ($308.53 \pm 39.82\text{g}$). Se obtuvieron mejores SGR y FCR significativamente más bajos para 23 ° C (SGR = $1.24 \pm 0.15\%$ día⁻¹; FCR = 1.30 ± 0.21), con respecto a 26°C (SGR = $0.97 \pm 0.11\%$ día⁻¹; FCR = 1.94 ± 0.25). Se observó una estadística similar para los resultados de crecimiento cuando se redujo el nivel de proteína del 50% al 40% con un mayor consumo de alimento (1,60) para ambas temperaturas; una mejor respuesta de FCR en este caso para 26°C (1.39) respecto a 23°C (1.73) junto con PER significativamente más bajo en este último (1.23 mientras 1.47 para 26°C). La aparición de parásitos al final del primer ensayo se observó mayormente a 26°C. Con respecto a la composición de los peces a lo largo del primer ensayo, se observó que el contenido de lípidos aumentaba alrededor del 100% con respecto al pescado inicial; Se observó un contenido de lípidos significativamente más alto para los peces a 26°C, en el pescado entero y en el filete que coincidió con el VSI significativamente más alto para los peces a 26°C. También se demostró que la temperatura afecta a la composición de ácidos grasos de pescado entero promoviendo una menor cantidad de HUFA de ω -3 y-3 en peces de 26 ° C, y una relación n3 / n6 a favor de la temperatura más baja (23°C). Los ácidos grasos insaturados más bajos a 26°C podrían reflejar un aumento en la lipogénesis, mientras que los valores más altos en peces a 23°C pueden responder a una mayor demanda de fosfolípidos para la construcción de células con tasas de crecimiento más altas. Por otro lado, la medición del color en 3 partes diferentes en la piel y el filete de pescado mostró valores más altos a 26 ° C con respecto a 23 ° C para los valores de Chrome en ambos tejidos en cualquier parte muestreada, lo que podría significar que una temperatura más alta promueve que el pescado sea incoloro.

Para el segundo ensayo, no se observaron diferencias significativas para ambas temperaturas, aunque los peces a 20°C mostraron mejores respuestas de crecimiento con un menor consumo de alimento. Para peces de más de 500 g, el consumo de alimento bajó por debajo de 1, a aproximadamente 0,84 y 0,69 para 23°C y 20°C, respectivamente. Los valores de FCR observados fueron 1.36 (23°C) y 0.95 (20°C). Como conclusión, y sin que se observen efectos significativos en los 2 ensayos para la temperatura en la ingesta de alimento para peces, las temperaturas más bajas parecen promover, en general, mejores resultados en el tamaño mayor de seriola, siendo los resultados más pobres en general a 26°C (puede ser inferior). Temperatura óptima con un aumento de la rotación de proteínas, y similar y mejor en el rango de 20°C a 23°C, respectivamente.

El efecto de la temperatura y el tiempo total de reacción en la digestión de proteínas.

Para el análisis de la digestión, y para probar el efecto de la temperatura y el tiempo de reacción total en la hidrólisis de la proteína en el intestino y el estómago de seriola durante la fase de cultivo, las técnicas enzimáticas digestivas de rutina se adaptaron a las condiciones específicas de los peces para este último. Evaluar los efectos en los peces experimentales a prueba. Después de 105 días de alimentación, se tomaron muestras del estómago y el hígado de los peces de las diferentes temperaturas analizadas en un ensayo previo (17, 22, 26°C) a 0-4-8-12-18 y 24 horas después de una alimentación matutina, y posteriormente, fue analizado.

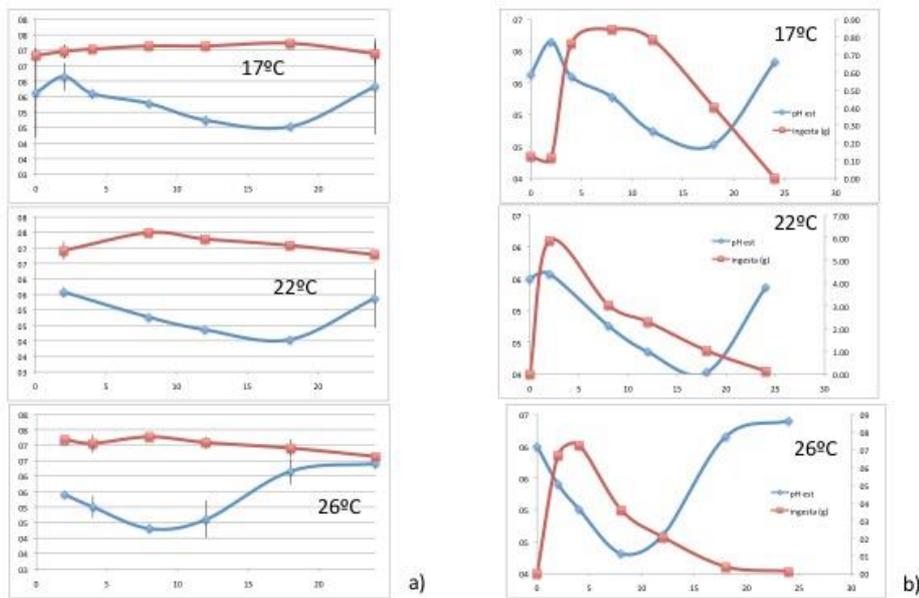


Figura 49. a) Valores de pH del intestino (rojo) y del estómago (azul) a las 3 temperaturas; b) pH estomacal (azul) versus evacuación gástrica.

Los resultados no mostraron un patrón de variación significativo posterior a la ingesta en el intestino, que tampoco se vio afectado por las temperaturas (Fig. 49). El pH del estómago se redujo a un máximo de 4.0. Se observó una lenta acidificación en todos los casos, siendo aproximadamente de 18 h en aquellos peces mantenidos a 17 y 22°C y mucho más rápidos (8 h) en aquellos mantenidos a 26°C, lo que se correspondería con una velocidad más alta para la evacuación gástrica en la última. En cualquier caso, el pH del estómago no llegó a menos de 4, no disminuye lo suficiente como para transformar cantidades significativas de pepsinógeno en pepsina, lo que denota una hidrólisis de proteína gástrica limitada en esta especie. Los valores de pH y evacuación gástrica estomacal aparecen en paralelo para los peces mantenidos a 22 y 26°C. Esta observación no fue mostrada para el grupo de 17°C. Como conclusión de estos resultados preliminares, el rango óptimo para la digestión de esta especie es entre 22°C y 26°C y el tiempo óptimo de reacción en el estómago varía entre 2 y 8 h después de la alimentación, lo que significa que la actividad enzimática en ese rango es máxima, mientras que en el intestino, el rango máximo de actividad es de 12 a 18 h. Todos estos resultados relacionados con la utilización de proteínas son de gran interés y necesitan ser estudiados mejor para promover un cultivo eficiente del seriola, sobre todo, en esta fase de crecimiento donde se necesita un alto volumen de alimento.

Densidad de siembra

Para lograr este objetivo, se realizaron ensayos de crianza a 3 densidades de siembra diferentes (9 grupos) con un tamaño individual de 5 g en tanques de 500 l durante 2015, y a 4 densidades de siembra diferentes (12 grupos) con un tamaño inicial de peces de 150 g en 4000 l tanques durante 2017, por un período de 4 meses.

Los resultados, para los grupos de 5 g, mostraron que en el día 30, la Tasa de Crecimiento Específico (SGR) disminuyó significativamente con el aumento de la densidad, pero no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de peces a diferentes densidades analizadas en los siguientes períodos. Sin embargo, la SGR en el período general (0-120 días) disminuyó a medida que aumentó la densidad de población. En el período general, los peces mantenidos a mayor densidad (HD) mostraron una menor SGR y dispersión (Fig. 50).

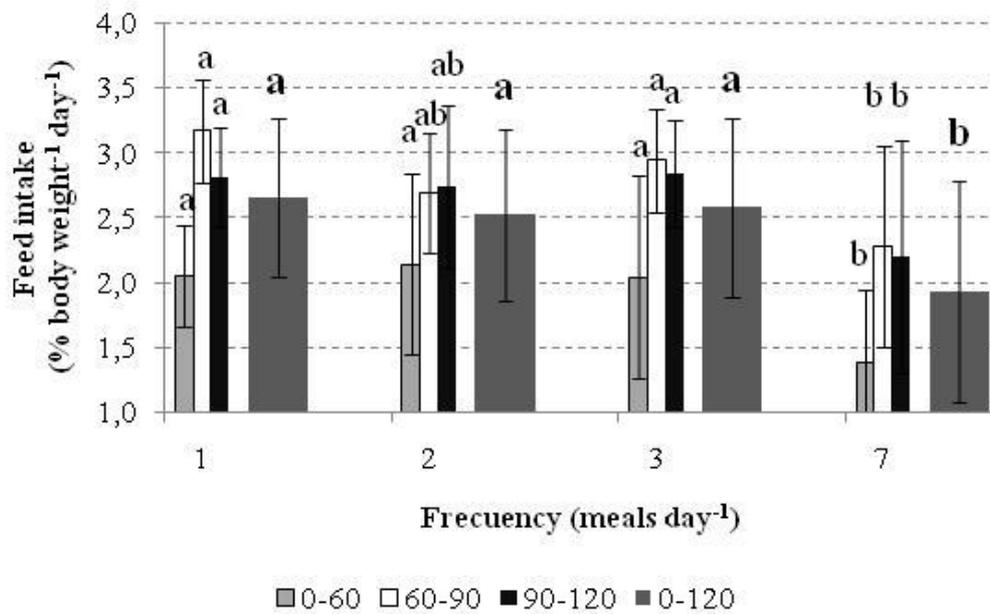


Figura 50. Tasa de crecimiento específica SGR (% d-1) en los diferentes períodos y la duración total (120 días) en densidad Baja (LD), Media (MD) y Alta (HD). Las letra diferente indican diferencias significativas entre diferentes densidades de población ($P < 0.05$).

La ingesta de alimento (% peso corporal día⁻¹) disminuyó significativamente durante el período experimental en toda la densidad de producción analizada (Fig. 51).

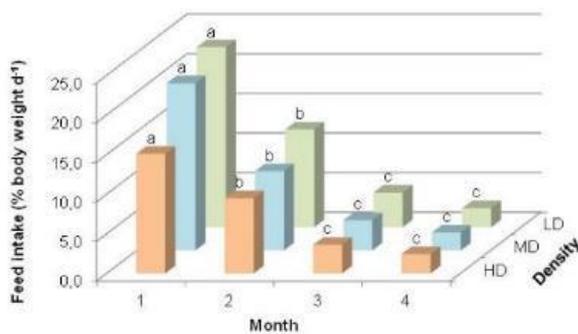


Figura 51. Ingesta de alimento (% de peso corporal d-1) en Alta (HD), Media (MD) y Baja densidad (LD) durante la prueba. Letras diferentes indican diferencias significativas entre períodos diferentes ($P < 0.05$).

Los resultados de ANOVA de dos vías mostraron que tanto el tiempo (mes) como la densidad de población influyeron en que la ingesta de alimento fuera significativamente menor en densidad alta que en densidad baja. Esta influencia fue mayor durante los dos primeros meses. El ensayo con los 150 g de individuos mostró que la tasa de crecimiento específica (SGR) de los peces almacenados en HD fue significativamente mayor en los períodos 30-60 y 60-90 días ($P < 0.05$). En el período 90-120, la tendencia cambió y la SGR disminuyó al aumentar la densidad de los peces. Por lo tanto, aunque la SGR tendió a aumentar con el aumento de la densidad de los peces, no se observaron diferencias significativas en el período general (0-120 días) (Fig. 52). Los resultados mostraron que la densidad de población puede afectar la tasa de crecimiento y la ingesta de alimento en los juveniles de seriola en



una forma aparentemente dependiente del tamaño del pez. Por ejemplo, para 5 g de pescado, inicialmente en stock a 0,5 kg m⁻³, que se tradujo en una densidad de población final de 7,4 kg m⁻³ después de 120 días, los peces mostraron una tasa de crecimiento e índice de condición específicos más bajos que los otros grupos. Algunas diferencias encontradas en ciertos parámetros inmunológicos también pueden reflejar una influencia negativa de las altas densidades de población en el estado de salud de los peces.

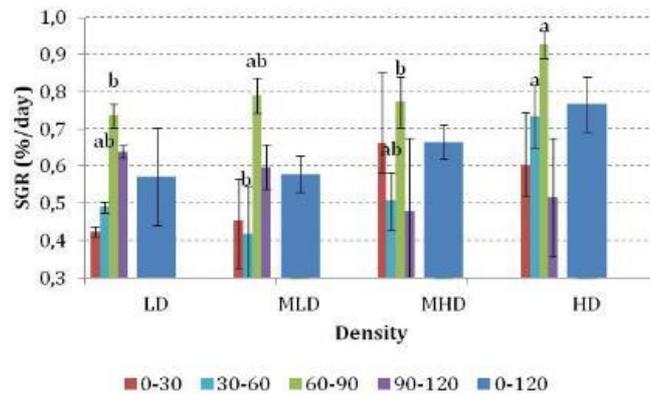


Figura 52. Tasa de crecimiento específico (SGR, % d⁻¹) en los diferentes períodos y prueba general (120 días) de peces en stock a diferentes densidades (kg m⁻³). Letra diferente indica diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.05).

Sin embargo, para 150 g de peces (densidad inicial de 3,2 kg m³ y densidad de población final de 6,8 kg m⁻³), estos efectos negativos en el crecimiento, así como en los parámetros hematológicos, bioquímicos e inmunológicos no se observaron en peces en alta densidad con respecto a otras densidades de población, y el período total (0-120 días).

Independientemente del tamaño inicial de los peces, el estrés oxidativo, específicamente, CAT, SOD, GST y TBARS medidos en músculo e hígado, no experimentó ningún cambio significativo. Dado que la disponibilidad de capacidad de movimiento de oxígeno y peces se ve afectada por el aumento de la densidad de la población, nuestros hallazgos apoyan la hipótesis de que, en las condiciones analizadas, los juveniles de mayor tamaño tienen mecanismos para hacer frente a la producción de ROS inducida por cambios metabólicos asociados a condiciones de alta densidad, y eso son capaces de adaptarse a las crecientes densidades de población sin mostrar un estado inmunosupresor que se observa típicamente en peces con estrés crónico. Los hallazgos del estudio actual tienen un significado práctico para establecer un mejor cultivo de seriola.



Salud de los Peces

Daniel Montero, Felix Acosta, Silvia Torrecillas, Alvaro Fernández Montero. (ULPGC), Pantelis Katharios, Maria Ioanna Tsertou, Maria Smyrli, Costandina Kokari (HCMR)

Claves del Sistema Inmune

Dado que se prevé que la cultura de seriola crezca dramáticamente en un futuro muy cercano, el manejo de la enfermedad se basará en la modulación del sistema inmunológico mediante el desarrollo y uso de vacunas, pero también mediante el uso de inmunoestimulantes. Por lo tanto, el conocimiento de la función del sistema inmunológico ha sido reconocido como un vacío extremadamente importante que debe ser cubierto por el proyecto DIVERSIFY.

A través de una serie de estudios, se ha secuenciado un panel de genes inmunes de la seriola para permitir el estudio futuro de las respuestas inmunitarias de la mucosa en esta especie. Los ensayos de qPCR se han optimizado para cada gen. Los estudios *in vivo* e *in vitro* que utilizan estimulación con PAMP han demostrado que la expresión de estos genes puede ser modulada por tales estimulantes, por lo que estas moléculas son buenos marcadores de los efectos de los tratamientos (por ejemplo, dietéticos u otros) para aumentar la resistencia a la enfermedad. La lista de los genes respectivos incluye IL-1 β , IL-8, IL10, IL-17A / F, IL-17D, IL-22, TNF α , Mx, IFN1, IFN γ , iNOS, IgM, IgT, RAG2. Además, la lista contiene los genes de mantenimiento EF-1a, β -actina y los péptidos antimicrobianos piscidina, defencina y hepcidina.

Efecto del cultivo en la mucosa de defensa de seriola

Los peces, que están en contacto constante con el agua, están continuamente expuestos a diversos patógenos, incluidos los parásitos. Se sabe que las superficies mucosas de los peces en las branquias, la piel y el intestino son la primera línea de defensa contra los microorganismos patógenos (Fig.53). En el proyecto DIVERSIFY, se estudió el efecto de varios factores estresantes que son comunes en la acuicultura intensiva, como la alta densidad de población y las manipulaciones intensas con respecto a la respuesta inmune innata de los peces.

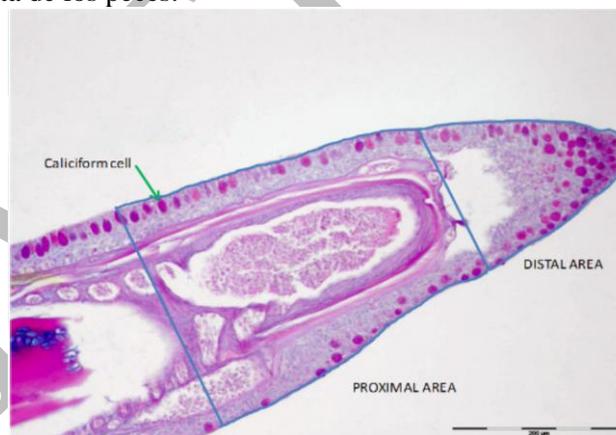


Figura 53. Sección histológica de las branquias de seriola que muestra la distribución de las células secretoras de mucus.

Se demostró que la alta densidad de carga y el estrés por manejo, afectan adversamente la respuesta inmune innata de la seriola expresado en la mucosidad de los peces. Esto se demostró claramente con respecto a la actividad de la lisozima, que es una enzima antimicrobiana principal de la mucosa de los peces. La actividad bactericida de la lisozima también se encontró que era mayor cuando los peces se criaron a 26 ° C en comparación con 22 y 16 ° C. A través de este trabajo en el proyecto DIVERSIFY, se evaluaron los valores transcripcionales basales de los principales genes implicados en la defensa de la mucosa de seriola y se realizó un mapa de la distribución fisiológica de las células del mucus en la piel de los peces mediante histología. Este trabajo demostró el potencial inmune del mucus de la piel de la seriola y mostró que, en relación con otras especies, las superficies mucosas incluyen un repertorio



completo de defensas antimicrobianas. Además, se demostró que estas defensas pueden variar con ciertas condiciones ambientales y que eran especialmente sensibles a las condiciones estresantes asociadas con la acuicultura.

Enfermedad de epitheliocystis

Esta es una enfermedad infecciosa, caracterizada por múltiples quistes en las branquias que se ha demostrado que causan problemas significativos y mortalidad, si se presenta en las etapas tempranas de la vida de los peces, o durante la transición de las Hatcheries al cultivo de engorde en viveros. A pesar del hecho de que la enfermedad es una de las primeras descritas en peces en general, poco se sabe sobre los agentes causales y la vía de infección. Hasta hace poco, se pensaba que la enfermedad era causada exclusivamente por la clamidia; sin embargo, estudios recientes han ampliado el rango de los tipos de bacterias que pueden causar la enfermedad, incluidos representantes de las proteobacterias β y γ . En el proyecto DIVERSIFY, hemos desarrollado y evaluado herramientas moleculares para el diagnóstico temprano de la enfermedad. Las herramientas incluyen sondas de PCR moleculares para todos los principales agentes causantes de epitheliocystis, como la clamidia, *Endozoicomonas* spp. y *Ichthyocystis* spp. Se contactó con una encuesta a nivel nacional en Grecia para recopilar datos y muestras sobre los brotes de epitheliocystis en las principales especies de peces de piscifactoría que incluyen la lubina europea, la dorada y, por supuesto, la seriola. Se demostró que al menos en Grecia, el principal agente patógeno que causa epitheliocystis pertenece al género *Ca* recientemente descrito, *Ichthyocystis*. En la acuicultura de lubina y dorada, las especies patógenas son *Ca. Ichthyocystis sparus* o *Ca. Ichthyocystis hellenicum*, mientras que en seriola, el agente infeccioso es una especie relacionada pero diferente y posiblemente una novedosa del mismo género. La enfermedad se ha observado en los primeros meses de los peces en los viveros, siguiendo el mismo patrón que en otras especies criadas. Puede causar una mortalidad que puede llegar al 4-5%, sin embargo, puede contribuir a una mortalidad significativamente mayor si coexiste con otros patógenos como los vibrios y los parásitos monógenos. La enfermedad causa una respuesta inflamatoria granulomatosa masiva en los tejidos branquiales, que es única en esta especie, lo que resulta en un deterioro significativo de la capacidad respiratoria (Fig. 54). Aunque, hay informes anecdóticos de que los antibióticos pueden usarse como tratamiento, las lesiones epitheliocísticas generalmente se resuelven sin intervención si el huésped no está inmunodeprimido en un par de semanas. Por lo tanto, es muy recomendable que los peces sean monitoreados durante la crianza y especialmente durante los primeros tres o cuatro meses en los viveros marinos. Si se observa epitheliocystis, se debe tener cuidado, reducir el estrés y prevenir en otras enfermedades que puedan coinfectar al huésped.

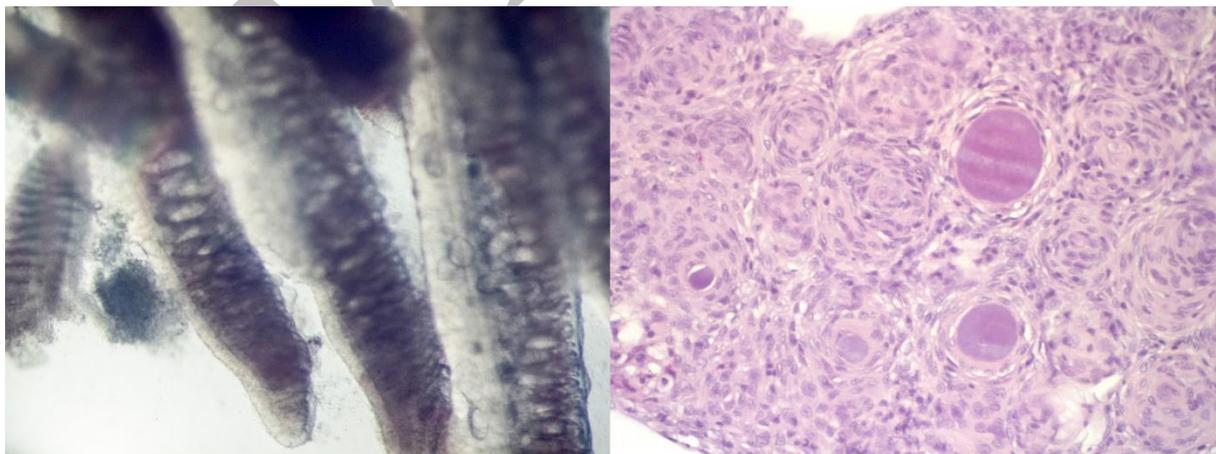


Figura 54. Izquierda: preparación en fresco de branquias afectadas por epitheliocystis que muestra múltiples quistes en las branquias. Derecha: sección histológica de las mismas branquias que muestra una respuesta hiperplásica masiva, inclusiones bacterianas e inflamación granulomatosa (cuadro histológico realizado por el Dr. Maja Rueten, Pathovet AG)



Vibriosis

La seriola es susceptible a la vibriosis, siendo *Vibrio harveyi* la principal especie. La enfermedad presenta los signos típicos de una septicemia bacteriana con hemorragias en la piel, principalmente en la cola, el ano y detrás del opérculo (Fig.55). Las úlceras de la piel se ven a menudo en las etapas progresivas de la enfermedad. El inicio de la infección coincide con los cambios en la temperatura del agua, principalmente cuando la temperatura es superior a 23 ° C. Las pérdidas pueden alcanzar el 40% si la enfermedad no se trata a tiempo. Dado que esta es una infección bacteriana, los antibióticos pueden ser valiosos, sin embargo, *Vibrio harveyi* puede desarrollar resistencia a los antibióticos rápidamente, por lo tanto, es extremadamente importante seleccionar el antibiótico apropiado según el antibiograma.



Figura 3. Juvenil de seriola infectado por *V. harveyi*

Infecciones parasitarias

Las enfermedades parasitarias más significativas en la seriola de acuicultura son las causadas por los monogénicos *Zeuxapta seriolae* y *Neobenedenia girallae*, la primera que infecta las branquias causando anemia severa y la segunda la piel que causa ulceración y promueve infecciones bacterianas secundarias (Fig.56). Ambos parásitos pueden provocar grandes pérdidas si no se tratan.



Figura 56. Izquierda: branquias anémicas de seriola debido a una infección masiva por la platija branquial, *Zeuxapta seriolae* (flecha). Derecha: *Neobenedenia girallae* en la piel de seriola.

Zeuxapta seriolae se puede encontrar durante todo el año, sin embargo, se vuelve extremadamente problemático en los meses de verano. Esto se debe a que la propagación del parásito depende de la temperatura y en temperaturas superiores a 22 ° C, puede completar su ciclo de vida dentro de los 20-25 días. Los tratamientos de baño con peróxido de hidrógeno han mostrado un gran potencial para reducir el impacto de la infestación y controlar el parásito. Una dosis tan baja como 75 ppm de peróxido de hidrógeno para un baño de 30 minutos puede ser efectiva. Sin embargo, el peróxido de hidrógeno puede ser altamente tóxico para los peces y su toxicidad aumenta con la temperatura del agua. Por lo tanto, esta intervención debe ser aplicada con gran cautela y bajo supervisión veterinaria. El parásito se



puede controlar solo con tratamientos repetidos con un intervalo de dos semanas para romper el ciclo de vida. Sin embargo, si hay presencia de *Seriola* salvaje cerca del área de cultivo, es muy posible que el pez cultivado vuelva a infectarse muy rápido. Por lo tanto, es altamente recomendable monitorear la salud de las branquias mensualmente. El factor más importante para el manejo adecuado de la enfermedad es evitar la superposición de clase anual, y si esto no es posible, tratar todas las poblaciones simultáneamente para eliminar todos los posibles reservorios de reinfección. Los huevos monogenios forman masas enredadas que se adhieren fácilmente a las redes sucias, por lo que la limpieza de las redes ayudará significativamente al control de la enfermedad. Además, se están probando diversos ingredientes naturales como posibles tratamientos antiparasitarios.

Con respecto a *Neobenedenia girellae*, se han producido resultados prometedores por la administración de oligosacáridos mananos (MOS y cMOS) como inmunoestimulantes en la dieta de los peces. Estos ingredientes han demostrado mejorar la producción de mucus, que es una primera línea de defensa contra parásitos externos y promueve la respuesta inmune innata de los peces. La administración de cMOS en peces sanos dio como resultado una carga parasitaria significativamente menor en comparación con los peces de control después de la prueba con *Neobenedenia girellae*. El cMOS no solo evitó la unión del parásito, sino que también redujo el crecimiento y desarrollo de los parásitos concomitantes con el aumento de las respuestas inmunitarias. La movilización de las defensas de los peces al mucus de la piel se ha descrito como un efecto de los probióticos y podría afectar el desarrollo correcto de los parásitos cuando intentan superar las primeras barreras físicas y químicas del huésped.

Otros parásitos que se han observado incluyen el golpe de sangre, *Paradeontacylix sp.* y el copépodo *Pennella sp.*, sin embargo, su importancia como patógenos es probablemente inferior a la de *Zeuxapta seriolae* y *Neobenedenia girralae*.



Mercado, Percepción del Consumidor, Nuevos Productos y Modelo de Negocio.

Gemma Tacke, Wageningen University and Research, The Netherlands

La investigación socioeconómica en DIVERSIFY incluye un enfoque de desarrollo de mercado aplicado, aclaraciones sobre la percepción de los productos de la acuicultura, evaluación de la demanda del mercado, preferencias de los consumidores, desarrollo de nuevos productos (Fig. 57), valor agregado y desarrollo del mercado. Los estudios se han llevado a cabo en los cinco mercados pesqueros más grandes de Europa: Francia, Alemania, Italia, España y el Reino Unido.

Análisis de Mercado

Machiel Reinders, Wageningen University and Research, The Netherlands

El análisis de mercado demostró que a los comerciales importantes (los minoristas por ejemplo) en los cinco países les resulta muy difícil posicionar a las 6 nuevas especies (por ejemplo, seriola) en relación con las especies actuales en el mercado. Las especies como la seriola a veces, se conocen como producto de pesca extractiva pero menos como productos de acuicultura. Sin embargo, los mayoristas no posicionan fácilmente este pescado en relación con otras especies de peces. Aunque hay diferencias, las especies relacionadas con el atún podrían verse fácilmente como las más cercanas y, en algunos casos, como un competidor directo más barato.

Los comerciales están abiertos a recibir nuevas especies en las siguientes condiciones:

- El producto debe ser criado de forma sostenible,
- El producto debe estar disponible como producto fresco (especialmente en el sur de Europa)
- El producto debe ser fácil de preparar y / o estar listo para comer (Alemania y Reino Unido) y
- El producto debe tener un precio competitivo.

Desarrollo de Nuevos Productos

Marija Banovic, MAPP Centre, Department of Management, Aarhus University, Dinamarca; Rocío Robles, Ctaqua, España.

La co-creación con los consumidores identificó ideas de productos muy prometedoras para nuevos productos de pescado por país investigado. También se identificaron los impulsores y las barreras más importantes para la elección de las nuevas ideas de productos y las recomendaciones para el desarrollo de nuevos productos de especies de peces seleccionadas.

Doce ideas de productos se han evaluado para determinar la viabilidad técnica y la vida útil de producción, tres de ellas de seriola (Fig. 17): tartar de pescado con salsa de soja adicional; filete de pescado fresco para hacer a la plancha y filete fresco con diferentes condimentos saludables y adobos. El filete a la parrilla de seriola fue el producto con la puntuación más alta (valor de aceptabilidad promedio) en la prueba de gusto general en condiciones ciegas y totalmente informadas.





Figura 57. Nuevos productos de seriola desarrollados en Diversify: tartar de pescado con salsa de soja adicional (arriba a la izquierda); filete de pescado fresco para hacer a la plancha (arriba a la derecha) y filete fresco con diferentes condimentos saludables y adobos (abajo).

Caracterización sensorial de nuevas especies de peces y aceptación por parte del consumidor del desarrollo de nuevos productos.

Luis Guerrero, IRTA, España

Las nuevas especies de peces deben introducirse adecuadamente para crear una diversificación en el mercado actual. Los parámetros sensoriales, de composición, de textura instrumental y las propiedades somáticas de DIVERSIFY en cinco especies de peces emergentes se examinaron con fines de caracterización. En cuanto a los parámetros de composición, el contenido de grasa fue uno de los aspectos discriminatorios más relevantes entre las especies, mientras que la dureza fue una de las más diferenciadoras cuando se trató de textura.

Se describió mayormente a la seriola con sabor amargo, lucioperca se describió como un pescado blanco quebradizo, pastoso y un salmonete gris se caracterizó por un sabor amargo. La firmeza sensorial era claramente distintiva para los pecios de naufragio, mientras que la escasa se relacionaba con la textura jugosa. Las especies en este estudio exhibieron una amplia gama de características fisicoquímicas y sensoriales que muestran su potencial para ser explotadas aún más al diseñar nuevos productos.

En una prueba de aceptación del consumidor, se demostró la influencia de tener la información del producto por adelantado en el grado de aceptación del consumidor (Fig. 58). Esta prueba define que la seriola necesita una aclaración adicional para los consumidores antes de introducir los productos en el mercado.

En el caso de seriola, se presenta como un filete natural, un filete sazonado y un sarro de pescado confeccionado con salsa de soja adicional. Los productos de seriola se percibieron como que tenían intensidades igualmente altas con otros productos procesados en varios atributos. Específicamente, se percibió que el bistec tenía entre el aroma verde más alto, sabor a patata y sardina, adherencia de los dientes y textura fibrosa y masticable secundaria. Esto implica que los productos tienen una calificación positiva e interesante.

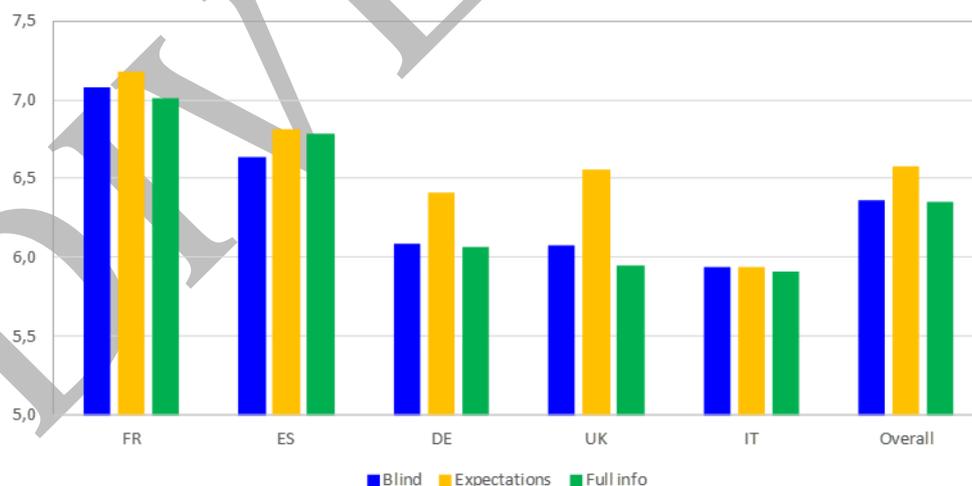


Figura 58. Resultados de las pruebas de aceptación de los consumidores para los nuevos productos desarrollados realizados en 5 países europeos. Los consumidores no fueron informados sobre el producto (barra azul), después, al conocer el producto que se iba a probar, se les preguntó sobre sus expectativas (barra naranja) y finalmente tuvieron la información completa antes de probar el producto (barra verde).



Selected References

- Andaloro, F., Pipitone, C., 1997. Food and feeding habits of the amberjack, *Seriola dumerili*, in the Central Mediterranean Sea during the spawning season. *Cah. Biol. Mar.* 38: 91-96.
- Crespo, S., Grau, A., Padrós, F., 1994. The intensive culture of 0+ amberjack in the western Mediterranean is compromised by disease problems. *Aquaculture International* 2: 1-4.
- Cummings, N.J., Turner, S.C., McClellan, D.B., Legault, C.M., 1999. Atlantic greater amberjack abundance indices from commercial handline and recreational charter, private, and headboat fisheries through fishing year 1997. *National Oceanic and Atmospheric Sciences*, 77 pp.
- Fernández-Palacios, H., Schuchardt, D., Roo, J., Hernández-Cruz, C.M., Izquierdo, M., 2015. Multiple GnRHa injections to induce successful spawning of wild caught greater amberjack (*Seriola dumerili*) matured in captivity. *Aquaculture Research* 46, 1748-1759.
- García-Gómez, A., 2000. Recent advances in nutritional aspects of *Seriola dumerili*, in: Basurco, B. (Ed.), *Cahiers Options Méditerranéennes*, vol. 47: Mediterranean Marine Aquaculture Finfish Species Diversification. C.I.H.E.A.M., Zaragoza, Spain, pp. *Seriola*, amberjack, growth, nutrition.
- Grau, A., Crespo, S., Riera, F., Pou, S., Sarasquete, M.C., 1996. Oogenesis in the amberjack *Seriola dumerili* Risso, 1810. A histological, histochemical and ultrastructural study of oocyte development. *Scientia Marina* 60, 391-406.
- Jerez, S., Samper, M., Santamaría, F.J., Villamados, 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.
- Kozul, V., Skaaramuca, B., Kraljevic, M., Dulcic, J., Glamuzina, B., 2001. Age, growth and mortality of the Mediterranean amberjack *Seriola dumerili* (Risso 1810) from the south-eastern Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 17, 134-141.
- Mylonas, C.C., Zohar, Y., 2001. Use of GnRHa-delivery systems for the control of reproduction in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10, 463-491.
- Mylonas, C.C., Papandroulakis, N., Smboukis, A., Papadaki, M., Divanach, P., 2004. Induction of spawning of cultured greater amberjack (*Seriola dumerili*) using GnRHa implants. *Aquaculture* 237, 141-154.
- Nakada, M., 2000. Yellowtail and related species culture, in: Stickney, R.R. (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture*. Wiley, London, pp. 1007-1036.
- Papandroulakis, N., Mylonas, C.C., Maingot, E., Divanach, P., 2005. First results of greater amberjack (*Seriola dumerili*) larval rearing in mesocosm. *Aquaculture* 250, 155-161.
- Rodríguez-Barreto, D., Jerez, S., Cejas, J.R., Martín, M.V., Acosta, N.G., Bolaños, A., Lorenzo, A., 2012. Comparative study of lipid and fatty acid composition in different tissues of wild and cultured female broodstock of greater amberjack (*Seriola dumerili*). *Aquaculture* 360-361, 1-9.
- Zupa, P., Fauvel, C., Mylonas, C.C., Pousis, C., Santamaría, C.A., Papadaki, M., Fakriadis, I., V., C., 2017. Rearing in captivity affects spermatogenesis and sperm quality in greater amberjack, *Seriola dumerili* (Risso, 1810). *Journal of Animal Science* 95, 4085-4100.
- Zupa R., Rodríguez, C., Mylonas, C., Rosenfeld, H., Fakriadis, I., Papadaki, M., Pérez, J.A., Pousis, Ch. Basilone, G., Corriero A. 2017b. Comparative Study of Reproductive Development in Wild and Captive-Reared Greater Amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810). *PLOS ONE*, January, 1-28.

Directora de diseminación: Dr Rocio Robles, CT AQUA, r.robles@ctaqua.es

Coordinador del proyecto: Dr Constantinos C Mylonas, HCMR, mylonas@hcmr.gr



Co-funded by the Seventh
Framework Programme
of the European Union



Este proyecto de 5 años (2013-2018) ha recibido fondos del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea para investigación, desarrollo tecnológico y demostración (KBBE-2013-07, etapa única, GA 603121, DIVERSIFY). El consorcio incluye a 38 socios de 12 países europeos, entre ellos 9 pymes, 2 grandes empresas, 5 asociaciones profesionales y 1 ONG de consumidores, y está coordinado por el Centro Helénico de Investigación Marina de Grecia. Se puede obtener más información en el sitio del proyecto en "www.diversifyfish.eu".