

Avances en la reproducción y mejora genética del lenguado

Gayo, P., Manchado, M.

IFAPA Centro El Toruño, Junta de Andalucía

El lenguado senegalés sigue siendo una de las especies más importantes para la diversificación de la acuicultura en España por su valor económico, la generación de empleo especializado e impacto social y por tratarse de un modelo productivo de alto valor añadido que demanda tecnologías avanzadas desde las fases de criadero hasta el engorde en sistemas de recirculación (RAS).

La producción de lenguado ha encontrado en España su nicho de negocio tanto a nivel nacional como europeo que se ha consolidado gracias a los desarrollos científico-técnicos, la alta calidad del producto final y una oferta bien balanceada que ha compensado la reducción de capturas salvajes contribuyendo de esta manera a la sostenibilidad de la producción y a la protección del medio ambiente.

Es bien conocido la contribución la I+D en el desarrollo del cultivo de esta especie y el papel que ha jugado numerosos equipos de investigación de España y Portugal en el impulso de esta acuicultura. Comprender la fisiología y comportamiento nutricional y reproductivo de esta especie, así como la elaboración protocolos específicos para la alimentación y nutrición, cultivo larvario, control de enfermedades, reproducción y mejora genética han sido muy importantes para poder consolidar la producción.

Además, actualmente se está trabajando desde IFAPA en crear nuevos modelos de negocio que integran esta crianza en RAS con cultivos multitrofos (Sistemas IMRAS) y crear así una cadena de valor bien estructurada orientada a la promoción de una economía circular azul.

Aunque los avances en el cultivo han sido significativos, los criaderos de lenguado requieren el abordaje de nuevos retos tecnológicos relacionados con el control de la reproducción y la calidad de los alevines tanto en capacidad de creci-

miento como calidad morfológica y que a su vez están estrechamente asociados al manejo genético y a los protocolos de reprogramación epigenética cuya implantación en los criaderos representa un importante reto para su productividad y competitividad

El reto de la reproducción controlada

Uno de los principales retos al cual se enfrenta la acuicultura del lenguado senegalés es la dificultad para generar alevines a partir animales criados en cautividad. Mientras los animales salvajes se reproducen sistemáticamente y las puestas se pueden inducir mediante control térmico de forma repetitiva a lo largo de varios años, los animales procedentes de instalaciones de acuicultura apenas producen puestas fecundadas.

Los machos no siempre desarrollan la compleja conducta del cortejo que se requiere para la sincronización en la liberación de los gametos de macho y hembra, y aunque hay algunos casos de éxito de producción de larvas, estos animales no se reproducen de forma consistente sin que aún se comprenda correctamente los mecanismos de reconocimiento que determina este éxito reproductivo.

Como alternativa a esta dificultad reproductiva y ante la necesidad de producir larvas de forma sistemática y controlada, hay varios grupos de investigación



trabajando en protocolos de fertilización *in vitro*. Las técnicas de criopreservación de esperma o de conservación en fresco mediante el uso de conservantes que neutralizan la orina contaminante en el momento de toma de las muestras han supuesto importantes avances para estos procedimientos dado el bajo volumen de producción de esperma de lenguado (10-80 µl) y su dificultad para manejarlo correctamente.

Sin embargo, aún existe una importante área de trabajo para el desarrollo de terapias hormonales que incrementen la espermatogénesis y el volumen de esperma. Estudios previos han demostrado que los inhibidores de dopamina y las gonadotropinas específicas de lenguado pueden aumentar la calidad y cantidad de esperma.

En un proyecto reciente que desarrolla IFAPA (BestBrood) se está investigando además, el papel de los termoperiodos y el uso de terapias hormonales basadas en diferentes inhibidores de la dopamina para inducir la espermiación y mejorar la calidad espermática. Resultados previos están demostrando la importancia de las oscilaciones térmicas para activar la producción de esperma de forma consistente y que va a ser muy importante para disponer de suficiente número de machos fluyentes durante todo el año.

Por otro lado, el lenguado parece sensible sólo a algunos inhibidores de la dopamina y que modulan la respuesta testicular a la gonadolibarina para la favorecer la espermatogénesis y mejorar la calidad del esperma. Estos estudios proporcionarán nuevas aproximaciones basadas en control ambiental y hormonal y complementarán las ya existentes para mejorar la producción de esperma que es clave para la implementación de una fertilización artificial rentable en los programas de selección del lenguado senegalés.

El manejo genético de los criaderos es una prioridad

La selección de reproductores en base a la calidad genética de sus descendientes es clave para el funcionamiento de los criaderos. A pesar de las dificultades existentes en la reproducción de esta especie, IFAPA está aplicando un modelo similar a la dorada basado en puestas masales seguido de evaluación BLUP y que está permitiendo avanzar en la selección

de caracteres de crecimiento y de calidad morfológica.

Es bien conocido que el lenguado presenta una alta incidencia de malformaciones, así como una alta dispersión de tallas en los cultivos intensivos dado su forma de vida y conducta social. Estudios realizados por IFAPA han demostrado que varios caracteres de crecimiento a la entrada al engorde y al sacrificio tienen valores de heredabilidad altos.

De igual forma, algunos caracteres de calidad morfológica tal como la elipsidad también poseen una alta determinación genética con una alta correlación negativa con el peso. Esta información es muy importante ya que confirma que la selección genética puede mejorar el crecimiento controlando a su vez una redondez excesiva de los peces entre generaciones y que es clave para el valor comercial del pez.

Además, IFAPA desarrolla actualmente una tesis doctoral para evaluar morfotipos más complejos que integren el contorno corporal. El uso de elípticos de Fourier y el análisis de imagen está proporcionando nuevos caracteres que permitirán a los productores controlar la morfología global del pez de forma más precisa. Además, se están identificando marcadores de expresión para la identificación de marcadores que permitan una selección más precisa de reproductores.

En este sentido hay que reseñar las importantes herramientas genéticas avanzadas disponibles en esta especie para la asignación de pedigrí, así como para la identificación marcadores QTLs. Así, ya se han descrito 2 marcadores asociados al crecimiento ligados a genes cuya función principal está relacionada con la provisión de energía celular y la modificación epigenética así como una región ligada al sexo en el LG18 de lenguado. Este hallazgo es muy novedoso y abre la vía a su aplicación para generar poblaciones monosexo en lenguado.

Además, están en curso nuevos estudios para identificar marcadores musculares en familias de alto y bajo crecimiento. Los primeros resultados en músculo indican grandes cambios en las rutas aminoácidas para la provisión de energía, así como genes involucrados en las señales de apetito y el balance energético.



La regulación endocrina, las señales ambientales y la reprogramación muscular también juegan un papel clave para definir trayectorias musculares entre machos y hembras. La integración de las diferentes técnicas es esencial para un mejor conocimiento de los factores genéticos y el avance de los programas de selección.

La plasticidad larvaria puede beneficiar la producción en criaderos

La alta plasticidad del sistema músculo-esquelético, inmune y de determinación sexual de los estadios tempranos es uno de los aspectos más importantes que puede beneficiar la producción en criadero. Existen distintos factores ambientales y nutricionales que aplicados en fases tempranas de desarrollo son capaces de modificar la programación genética de los lenguados de forma permanente y provocar efectos a largo plazo sobre el crecimiento la diferenciación sexual y respuesta a patógenos.

La regulación epigenética o impronta genética representa otra estrategia muy innovadora complementaria a la estrategia clásica de selección y que en lenguado debe tenerse en cuenta durante la producción en criaderos. La impronta se beneficia de la plasticidad de los primeros estadios de desarrollo de los peces para influir en su diferenciación sexual o desarrollo muscular y mejorar así los índices de crecimiento.

Las temperaturas de incubación durante la fase de embrión o durante el cultivo lar-

vario tiene un efecto duradero en la composición de fibras y desarrollo muscular modificando el crecimiento de juveniles de lenguado. De igual forma, los extractos de algas ricos en sustancias bioactivas e inmunostimulantes como los beta-glucanos aplicados en larvas también actúan como moduladores de su plasticidad modificando no sólo las trayectorias de crecimiento en juveniles sino activando lo que se conoce como "memoria inmunológica" reforzando la capacidad de defensa de los peces durante su cultivo.

Además, las oscilaciones térmicas durante el cultivo larvario modifican la diferenciación sexual produciendo poblaciones con distinta proporción de machos y hembras. Como en esta especie las hembras son más grandes que los machos, un sesgo hacia hembras va a mejorar los índices de crecimiento de las poblaciones.

Los protocolos de modulación de la plasticidad larvaria es un campo aún en desarrollo que requiere estudios más completos sobre sus efectos durante el desarrollo embrionario ligado a la fase de desarrollo y durante períodos más largos para establecer de forma más precisa su posible beneficio industrial

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por los proyectos RTA2017-00054-C03-01 financiados por MCIU/AEI/FEDER, UE y proyecto Bestbrood PCI2020-111994, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR.

Bibliografía

[1] González-López *et al.*, Aquaculture 516 (2020) 734649; [2] Cabrita *et al.*, J. App. Ichthyol. 26 (2010) 623-635; [3] Guzman *et al.*, Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol 158(2) (2011) 235-45; [4] Chauvigne *et al.*, PloS one 12(3) (2017) e0174387; [5] Guerrero-Cozar *et al.*, Animals (Basel) 11(5) (2021); [6] Guerrero-Cozar *et al.*, Aquaculture 539 (2021) 736665; [7] Guerrero-Cozar *et al.*, Sci Rep 11(1) (2021) 13460; [8] Carballo *et al.*, Aquaculture 495 (2018) 222-231.; [9] Carballo *et al.*, Fish Shellfish Immunol 106 (2020) 263-272; [10] Blanco-Vives *et al.*, J Exp Zool A Ecol Genet Physiol 315(3) (2011) 162-9. ■