



## Perspectivas de futuro en el diagnóstico y resistencia a enfermedades

Uno de los aspectos críticos en la producción acuícola, tanto desde el punto de vista económico como del bienestar animal, reside en mantener una elevada tasa de supervivencia. El amplio rango de patógenos infecciosos que pueden afectar a las instalaciones y zonas de cultivo suponen una amenaza para la actividad, por lo que la implementación de un programa efectivo de gestión sanitaria que incluya prácticas de cría y gestión objetivas y bien organizadas, medidas efectivas de higiene y bioseguridad y estrategias para mejorar la resistencia a enfermedades, resulta fundamental para frenar la propagación, llevar a cabo un control adecuado de las enfermedades y favorecer el desarrollo de una actividad rentable y sostenible. El seguimiento de las enfermedades mediante vigilancia constante y diagnóstico rápido constituye la clave para emprender las acciones oportunas, antes de que éstas supongan un problema significativo para el acuicultor.

El desarrollo reciente de nuevos métodos de diagnóstico en acuicultura procede en gran medida de la adaptación de técnicas utilizadas en medicina clínica y veterinaria que, en cualquier caso, no cabe esperar que reemplacen a los tradicionales mientras no se demuestre que aportan ventajas claramente identificables.

En particular, las herramientas de biotecnología abren interesantes posibilidades de mejora en términos de exactitud, sensibilidad y especificidad de las pruebas ya que los métodos tradicionales tienden en general a ser costosos, intensivos en trabajo, lentos y pueden no llegar a un diagnóstico definitivo, incluso complementados con técnicas histológicas. Por otra parte, la introducción de estos nuevos métodos se enfrenta a una serie de retos, entre los que cabría destacar los siguientes:

- establecer cuáles son adecuados para su uso en los distintos ámbitos de la acuicultura
- asegurar que tienen la exactitud apropiada y la sensibilidad y especificidad requeridas.
- valorar la complejidad técnica del test y el tiempo necesario para el ensayo

### SUMARIO

En portada: "Perspectivas de futuro en el diagnóstico y resistencia a enfermedades" .....	1
Nutrición, Biología, Fisiología y Patología.....	3
Ingeniería, Sistemas de Producción y Medio Ambiente.....	6
Biotecnología.....	9

- garantizar un coste asequible y la disponibilidad de los elementos necesarios para llevarlo a cabo (kits, reactivos....)
- todos ellos tendrán necesariamente que superar un proceso de validación, antes de ser utilizados para el diagnóstico y recomendadas por la OIE.

Estos tests podrían tener un valor incalculable para diagnósticos rápidos y fiables aplicados en programas regulares de chequeo y para monitorizar el estado sanitario de los cultivos.

Por otra parte, está demostrado que la resistencia a enfermedades específicas que afectan a especies en acuicultura presenta a menudo un carácter hereditario moderado o alto, lo que impulsa el desarrollo de programas de selección de estirpes resistentes como

estrategia frente a enfermedades. La eficiencia de estos programas está muy influida por los criterios de evaluación de resistencia e indicadores clásicos como la mera supervivencia pueden ser insuficientes. No obstante, dado el enorme potencial que ofrece la aplicación de herramientas genéticas y genómicas, y el hecho de que la información que éstas manejan comienza a obtenerse a gran escala y a un coste asequible, se desarrollarán programas de selección cada vez más eficaces y eficientes.

En este contexto, y dada la intensidad con la que se trabaja sobre estos aspectos en la actualidad, la vigilancia tecnológica puede constituir una herramienta de gran utilidad para dar a conocer al sector las perspectivas y posibilidades de implantación a corto o medio plazo de estos procedimientos y estrategias.

Nº PATENTE	SOLICITANTE	PAÍS	TÍTULO
WO2010IB53203	SCUOLA INT SUPERIORE DI STUDI AVANZATI	Estados Unidos	Use of a humic substance for the treatment of prion contaminated area or product, e.g. soil, slaughter-house, food product, meat, animal organ.
NO20090003435	HEROY SERVICEBAT AS	Noruega	Device for removing parasites from salmon fish in fish farm.
US20100814880	DU PONT DE NEMOURS&CO E I	Estados Unidos	New high eicosapentaenoic acid oil, used in food or feed, a pharmaceutical product, an infant formula, a dietary supplement, an animal feed, and a microbial biomass.
WO2010CA01126	OCEAN HARVEST TECHNOLOGY CANADA INC	Estados Unidos	Use of additive comprising Ulva Lactuca, in feed for fish and other marine animals e.g. salmon and shrimp.
WO2010NO00239	NUTRECO INT BV	Noruega	Feed block for feeding large fish e.g. tuna, comprises feed particles, binding agent consisting of cold water soluble starch/cold water soluble, vegetable protein, and liquid such as water, where starch consists of modified potato starch.
WO2010AU00752	COMMONWEALTH SCI&IND RES ORG MAT MALTA ADVANCED TECHNOLOGIES LTD	Estados Unidos	Determining susceptibility of a subject to virus for selecting animals with decreased susceptibility to virus, involves contacting tissue sample from subject with virus; incubating sample for viral replication; and detecting virus in sample.
KR20090063169	DAEBONG LS LTD	Corea del Sur	Feed pellet useful for culturing and breeding fish, comprises feed coated with emulsion prepared using fat and oil, emulsifier and enzyme.

## REEMPLAZO DE ALIMENTO VIVO EN LARVAS DE CENTOLLA

Las presas vivas, principalmente rotíferos y Artemia, constituyen un elemento principal para la alimentación de las larvas de peces y crustáceos. Esto conlleva problemas relacionados con el coste de producción y mantenimiento del recurso, además de enriquecerlos, por su bajo contenido nutricional. Gran parte del esfuerzo investigador en acuicultura se ha canalizado con el fin de obtener compuestos dietéticos que sustituyan al alimento vivo, al menos en parte del ciclo larval. En el caso concreto de la centolla, que posee un alto valor de mercado, esta problemática se agudiza y actualmente se trabaja para encontrar soluciones satisfactorias.

Investigadores catalanes del IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries) llevaron cabo experimentos preliminares para sentar las bases para la sustitución del alimento vivo por una dieta artificial para la centolla. Se testaron cuatro niveles de sustitución del alimento vivo (25, 50, 75 y 100%) durante el desarrollo larvario (zoea I, zoea II y megalopa). La sustitución de hasta un 50% no tuvo ningún efecto significativo sobre la tasa de crecimiento y la supervivencia de las larvas durante cualquiera de las etapas de desarrollo. Por el contrario, el reemplazo al 100% este tipo de alimento (artemia enriquecida) dio como resultado una disminución en el peso seco de las larvas, sugiriendo una mala asimilación de las proteínas y los lípidos proporcionados de forma artificial. Por otro lado, la supervivencia de

las larvas alimentadas de esta manera no pareció verse afectada, ya que resultó ser superior que en el control. La actividad de las enzimas digestivas (proteasas y amilasas) de las larvas estuvo probablemente influenciada por la dieta artificial y cambios ontogénicos de las larvas.

En cualquier caso, es necesario continuar el desarrollo de esta línea de investigación para mejorar la digestibilidad de las dietas artificiales y establecer los requisitos de lípidos de las larvas de esta y otras especies de interés.

## TOLERANCIA DEL PULPO

El amoníaco y los nitritos son los parámetros más importantes que permiten determinar la calidad del agua. En instalaciones de acuicultura, cualquier cambio leve en la calidad del agua puede influir significativamente en la tasa de mortalidad, sobre todo durante las primeras etapas de desarrollo. En el caso de los cefalópodos esta circunstancia resulta de gran relevancia, ya que son muy vulnerables a cambios ambientales, los pulpos en particular se ven especialmente afectados por la excreción de amonio.

Un trabajo llevado a cabo por investigadores de Plymouth, Canarias y Tarragona, ha desarrollado un estudio que determinó la toxicidad del amoníaco y nitritos en paralarvas de pulpo, analizando sus efectos en la supervivencia, alimentación y control de los cromatóforos.

Para ello se testaron diferentes concentraciones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_2$  y se determinó la concentración letal media durante 24 horas, que se estableció en 10,7 ppm para el  $\text{NH}_3$  y 19,9 ppm de  $\text{NO}_2$ .

En base a estos resultados, se eligieron varias concentraciones para probar el efecto de estos contaminantes ambientales en la alimentación y la actividad de los cromatóforos. Estos rangos se establecieron entre 2,5 y 20 ppm para alimentación, 10 y 30 ppm para la actividad cromatóforos. Se observó una disminución significativa en el consumo de nauplios de Artemia por parte de las paralarvas al incrementarse la concentración de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_2$ .

Del mismo modo, la actividad de los cromatóforos también se vio afectada por la concentración de estos contaminantes, con una disminución de la respuesta ante incrementos en la concentración de amonio y nitrito.

## NIVELES DE MERCURIO Y TEMPERATURA EN TÚNIDOS PROCEDENTES DE ACUICULTURA.

Los peligros asociados con la contaminación y el envenenamiento por mercurio han sido descritos ampliamente y la emisión de esta sustancia a menudo se valora como un problema acuciante a nivel global. La mayor parte del mercurio ingerido por las personas se debe al consumo de pescado, siendo los niveles detectados en túnidos y pez espada considerablemente superiores a los hallados en otras especies. Esto se explica porque son depredadores que se encuentran en los niveles superiores de la cadena alimentaria y bioacumulan concentraciones altas de mercurio.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estipula como el máximo de ingesta de mercurio

por semana de 1,6 µg por kg de peso, por lo que la reducción de los niveles de este metal en el pescado de consumo se considera prioritario. La producción de atún en la acuicultura se ha incrementado en los últimos años, lo que permite un mayor control sobre los niveles de mercurio en su carne. A este respecto, parece que el atún cultivado presenta una concentración de este metal como consecuencia de su alimentación a base de peces de pequeño tamaño, algo que no ocurre en estado salvaje. Existe también confirmación de fluctuaciones estacionales en la concentración de mercurio, relacionadas previsiblemente con la temperatura. Además, la capacidad de eliminación del metal también podría estar influenciada por esta variable.

En este contexto general, un equipo de investigadores japoneses pertenecientes a la Universidad de Kinki, han concentrado sus esfuerzos en producir atún rojo del Pacífico con un menor nivel de mercurio en músculo, con el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria, analizando los niveles durante el experimento realizado, a una temperatura del agua entre los 21 y 29°C. El peso corporal de los atunes aumentó 1,5 veces más que lo registrado en estudios previos, a pesar de existir menor intensidad de alimentación. La concentración

promedio de mercurio en músculo resultó ser de 0.353mg kg<sup>-1</sup>, permaneciendo casi constante e independiente del crecimiento. A diferencia de estudios anteriores, no se observó estacionalidad en este caso. A la vista de estos resultados, se considera que la temperatura del agua tiene un efecto moderador de las fluctuaciones estacionales de la concentración de mercurio en el músculo de atún rojo cultivado.

### CÓMO MINIMIZAR EL USO DE ANTIBIÓTICOS Y ANTIPARASITARIOS EN LA ACUICULTURA

El uso de antibióticos y antiparasitarios en la acuicultura noruega ha disminuido drásticamente desde 1987, pasando de las 48 toneladas consumidas anualmente a apenas 1 tonelada empleada a día de hoy. Esta evolución ha sido analizada recientemente por un grupo de investigadores del país. Entre los factores que están contribuyendo a esta disminución cabe señalar:

- a) la iniciativa de la industria y el gobierno aprobada a principios de 1990 para facilitar la vacunación contra la furunculosis clásica,
- b) el desarrollo de vacunas de alta calidad por la industria farmacéutica,

- c) la continuación de las estrategias de vacunación para el control de enfermedades
- d) el establecimiento de sistemas alternativos, y
- e) la zonificación y establecimiento de lugares de producción marina para minimizar la propagación horizontal de las infecciones.

Como resumen de la experiencia noruega cabe destacar que la intención tanto de la industria como de la administración ha sido actuar sobre la prevención de las enfermedades, reduciendo de esta manera la necesidad de fármacos antibacterianos. Este descenso disminuye a su vez la probabilidad que se desarrollen resistencias antibacterianas que puedan afectar más directamente. Aunque los aspectos medioambientales se han tenido en cuenta, el enfoque de control de enfermedades ha sido claramente la fuerza motriz para la minimización de la utilización de estas sustancias.

La situación actual en Noruega y en Escocia se puede considerar satisfactoria en este sentido. El incremento de la diversidad de los fármacos antibacterianos y antiparasitarios para los peces debe ser abordado como una cuestión estratégica para el desarrollo de la acuicultura, teniendo como referencia los problemas asociados a la resistencia a los medicamentos.

Nº PATENTE	SOLICITANTE	PAÍS	TÍTULO
GB20090012707	C-DRAGON LTD	Reino Unido	Open ocean integrated farming complex for growing e.g. juvenile fish, has overtopping wave energy converter device supplying power to bioreactor to produce micro algae by continuous plant cell suspension culture fermentation process.
RU20080117679	LAKE RIVER FISHING RES INST	Rusia	Fish farm water system includes ground insulated water tanks, water-distribution pipelines between the tanks to fish pools and back, pumps, and also aeration and water treatment plants.
GB20090012705	C-DRAGON LTD	Reino Unido	Open ocean fish farm system for use in e.g. oil rig, as anchoring point and fixed location for building un-caged fish farms in deep water, has bioreactor generating energy to pump air down to pipe device that releases bubble screen.
GB20090012701	ALGOIL LTD	Reino Unido	Structure and system combining solar desalination for providing cold water or slush ice comprises greenhouse, seawater evaporators, condenser unit with heat recovery, a secondary evaporator circuit using recovered heat.
WO2010US40965	UNIV MARYLAND BALTIMORE COUNTY	Estados Unidos	At least partial reduction of phosphate products in closed estuarine/marine recirculating aquaculture system by denitrifying brackish or salt water of system, in presence of media substrate to form denitrifying biofilm and phosphate salts.
WO2010US38627	LIVEFUELS INC	Estados Unidos	Producing biofuel e.g. biodiesel, gasoline and kerosene, involves collecting planktivorous fishes that feed on zooplankton and microalgae, harvesting microalgae, extracting lipid from zooplankton, and processing lipid.
US20100841694	CALINSKI M D	Estados Unidos	Multi-tier marine nursery habitat for growing e.g. juvenile crabs, has floatation elements secured above top tier panel for buoyantly supporting habitat in water with top tier panel below surface of water.
CH20090000971	FANKHAUSER T HUFSCHMID P MEIER T NIEDERHAUSER T WASSERFALLEN C	República Checa	Method for classifying alive fishes to monitor growth of fishes in fish farms, involves identifying fishes based on characteristic identity features, measuring fishes based on identity and classifying fishes based on measured values.

## ACUICULTURA Y TURISMO EN ESCOCIA

La acuicultura constituye una actividad de gran relevancia a lo largo y ancho de todo el litoral europeo. En el caso concreto de Escocia es importante para su desarrollo rural, en particular, en la costa oeste y sus islas. Por otra parte, el turismo es también una fuente de recursos de gran relevancia para la economía de esta zona, y depende en gran medida del mantenimiento del entorno en un estado de conservación óptimo. Por este motivo, un grupo de investigadores británicos se plantearon la necesidad de conocer la relación real que existe entre acuicultura y turismo. Con este fin se realizaron entrevistas personales a los turistas y entrevistas telefónicas a las empresas relacionadas con los negocios del turismo y de la acuicultura en tres lugares: Hébridas Exteriores, Shetland, y Mull y Oban.

Un gran porcentaje de los encuestados (87% de las 120 personas encuestadas) estaban familiarizados previamente con las instalaciones relacionadas con la acuicultura, aunque la mitad de ellos no habían reparado en ellas de forma directa. Se pidió además a los entrevistados que valorasen el efecto de las instalaciones de acuicultura existentes en la zona en relación a varios aspectos: sobre el paisaje, el entorno natural, las actividades recreativas y su voluntad de volver a visitar la zona en el futuro. Las respuestas fueron valoradas sobre la siguiente escala: muy negativa, algo negativo, no afectará o neutro, ligeramente positivo, fuertemente

positivo, no sabe/no contesta. Los resultados obtenidos revelan que, para la mayoría de los encuestados, la densidad actual de instalaciones de acuicultura no tiene efecto sobre su percepción del entorno. También se les ha consultado sobre la posibilidad de un mayor desarrollo o expansión de la acuicultura, ante lo cual manifestaron opiniones mayoritariamente neutrales, excepto en relación al impacto sobre el paisaje y el entorno natural, aspecto sobre el que aproximadamente la mitad de las respuestas fueron negativas.

Como conclusión de esta investigación se evidencia que ni los niveles actuales ni potenciales desarrollos futuros de la acuicultura en la zona de estudio parece que vayan a afectar significativamente a la disposición de los visitantes a volver o sobre las actividades de ocio que allí se desarrollan.

## EL EFECTO DEL COLOR SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LA SEPIA

La sepia (*Sepia officinalis*) se perfila como un buen candidato para ser una de las primeras especies de cefalópodos para el desarrollo de la acuicultura a escala comercial. Si bien uno de los principales cuellos de botella para estas especies es la alimentación, existen otros factores como el sistema de cultivo o el color de los tanques, que inciden de manera decisiva en los resultados obtenidos. La elección del color adecuado podría, por ejemplo, contribuir a evitar choques con las paredes de los tanques. En el caso de los peces ya se utiliza este

aspecto para la optimización del crecimiento y supervivencia. Por tanto, la cuestión que surge es la siguiente: el color negro es más favorable al asemejarse a condiciones de nocturnidad, o por el contrario, el amarillo es el óptimo al simular un entorno arenoso natural.

En este sentido un grupo de investigadores de la Universidad de Algarve, el IFAPA y el IEO estudiaron los efectos de los diferentes colores de los tanques (blanco, amarillo arena y negro) sobre el crecimiento, la mortalidad y la producción de biomasa, neonatos y juveniles, de sepia.

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias en el crecimiento de los neonatos respecto a los diferentes colores utilizados, al detectarse una gran variabilidad en los tanques blancos y de color arena. Sin embargo, en términos de mortalidad y biomasa, los resultados han sido más favorables en los tanques de color negro. En el caso de los juveniles, el uso de los colores en los tanques produjo diferentes resultados en cuanto al crecimiento, pero no se registraron diferencias en la mortalidad.

En términos generales, los tanques forrados de color negro han ofrecido los mejores resultados en términos de crecimiento y biomasa. Los resultados obtenidos en este estudio aconsejan el uso de negro (o color oscuro) en los tanques de cría y en las primeras etapas de juveniles para reducir las perturbaciones asociadas con el crecimiento, la mortalidad y la producción de biomasa.

## **INFLUENCIA DE LA FORMA DEL TANQUE Y FLUJOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES**

Uno de los principales retos de la acuicultura moderna es el uso eficiente de los recursos utilizados, principalmente el agua y el espacio disponible. Para alcanzar este objetivo, las unidades de producción acuícola se diseñan de modo que sea posible utilizar un volumen mínimo de agua y sea posible mantenerla en las mejores condiciones para garantizar el crecimiento y el bienestar de los peces, manteniendo al mínimo el consumo de recursos.

Un grupo de investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña se ha propuesto conocer el efecto de la hidrodinámica sobre la distribución de los peces en los tanques, para lo cual han realizado pruebas con dos configuraciones diferentes de tanques de cultivo: una rectangular, con tres saltos de agua, y otra circular. El patrón de flujo de cada tanque se caracterizó mediante técnicas de medición de partículas y la distribución espacial de los peces se determinó utilizando técnicas de análisis de imagen sobre las secuencias grabadas y georreferenciadas, con la ventaja de ser un método no intrusivo. El tanque se dividió en celdas

teóricas, calculando el porcentaje del tiempo que los peces pasaban en cada una de ellas, haciendo tres réplicas. También se midió la velocidad media del agua en cada celda. Por otra parte, se definió un coeficiente de uniformidad en la distribución de los peces para evaluar su homogeneidad en el volumen total del tanque.

El tanque rectangular mostró un fuerte gradiente en el patrón de distribución de los peces y una baja uniformidad en todo el tanque. El circular mostró un gradiente más uniforme en el patrón de distribución, lo que indica un mejor uso del volumen del tanque.

## **ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE LA ENDOGAMIA EN LA CRÍA DE PECES**

En las últimas décadas, la cría selectiva ha sido utilizada para mejorar el rendimiento en la acuicultura. El objetivo principal de estos programas de cría consiste en maximizar los beneficios de un determinado rasgo genético. En la mayoría de las especies de peces, la alta capacidad reproductiva facilita este tipo de selección, pero como contrapartida tiene el riesgo de introducir la posibilidad de que muy pocas familias dominen las contribuciones genéticas a la

siguiente generación y por lo tanto la reserva de genes futura, incrementando la tasa de endogamia.

El objetivo de un grupo de investigadores noruegos y británicos en un trabajo cuyos resultados se han publicado recientemente ha sido el desarrollo y prueba de diferentes métodos para controlar la endogamia en los planes de cría de peces donde existe una limitación en el número de familias de hermanos que se pueden gestionar. Para ello han llevado a cabo un estudio de simulación mediante un modelo genético para comparar el rendimiento de cuatro métodos diferentes de control de la endogamia mediante el método de la Contribución Óptima (CO), maximizando de esta manera el nivel genético de la siguiente generación, junto con un método comúnmente utilizado en la actualidad para controlar la consanguinidad en las poblaciones de peces.

La ganancia genética obtenida con los métodos de CO fue hasta un 13% más que en el método comúnmente utilizado. Los resultados muestran que, aunque los métodos convencionales de control de la consanguinidad pueden ser útiles en muchas situaciones, los procedimientos de CO resultan muy beneficiosos y son fáciles de implementar, por lo que deberían ser aplicados en programas de reproducción en la acuicultura.

Nº PATENTE	SOLICITANTE	PAÍS	TÍTULO
WO2010NO00316	SINTEF FISKERI OG HAVBRUK AS KJOELAAS STANSEKNIVER AS KJOLAS STANSEKNIVER AS	Noruega	System for automatic bleeding of living anaesthetized fish in aquaculture industry, has detection unit determining bleeding point for living anaesthetized fish, and bleeding mechanism automatically bleeding/stabbing anaesthetized fish.
US20090582579	HOLLIMAN F M	Estados Unidos	Fish anesthetizing apparatus for inducing potential field across body of laboratory fish, has programmable power supply and electrodes that create potential field inducing altered state in laboratory fish.
WO2010US46403	UNIV BOSTON	Estados Unidos	Detecting double-stranded biomolecule e.g. DNA involves contacting with known probe that hybridizes to biomolecule region forming probe-biomolecule complex of large cross-sectional surface area and produces contrast in signal amplitude.
WO2010EP60325	DSM IP ASSETS BV		Use of at least two natural active substances e.g. alpha-pinene, cinnamaldehyde, dihydroeugenol, eugenol, meta-cresol and terpinolene in a feed composition for improving feed conversion ratio and/or daily weight gain in aquatic animals-
WO2010NL50439	RIJKSUNIV LEIDEN ZF SCREENS	Estados Unidos	Screening chemical compound in embryo system involves introducing replicating entity in yolk of biosystems e.g. living embryos of aquatic chordate, exposing set of biosystem to compound, developing biosystem and determining response.
US20100815946	IBIS BIOSCIENCES INC	Estados Unidos	Isolating DNA or RNA from a sample by agitating a sample with zirconia/yttria beads.

## PRODUCCIÓN DE HERMAFRODITAS EN EL BACALAO

La acuicultura del bacalao se enfrenta a problemas importantes relacionados con la madurez sexual o pubertad precoces, antes de que los peces alcancen el tamaño comercial. Casi el 100% de las hembras y los machos alcanzan la madurez sexual a la edad de dos años y aproximadamente el 30% de los machos maduran precozmente después de un año. La madurez sexual precoz provoca la pérdida de peso y calidad de la carne, tanto en machos como en hembras, lo que se traduce en pérdidas económicas. Por otra parte, el bacalao de piscifactoría puede potencialmente tener un impacto genético sobre las poblaciones de bacalao salvaje al liberar óvulos fecundados el medio ambiente.

La creación de poblaciones formadas únicamente por hembras resolvería este problema, ya que se evitarían las puestas de huevos fertilizados. Si además se combina con triploidía, se aportaría también una solución para otros problemas asociados a la maduración, ya que normalmente las hembras triploides no desarrollan gónadas grandes y no sufren por tanto pérdidas de peso significativas y tampoco desovan.

Las poblaciones constituidas únicamente por hembras se forman a partir de esperma obtenido de hembras previamente masculinizadas. Estos neo-machos son fenotípicamente machos con testículos y esperma, aunque genéticamente continúan siendo

hembras y en su cruce con hembras normales solo producirían hembras (XX).

Investigadores noruegos del Instituto de Investigaciones Marinas han desarrollado recientemente un estudio con objeto de determinar la ventana de tiempo de la diferenciación sexual en el bacalao del Atlántico a fin de identificar los esteroides para producir hermafroditas y utilizar posteriormente los espermatozoides de los peces de sexo invertido para producir poblaciones todo-hembra.

Para ello se seleccionaron 3 hermafroditas y 1 control y se utilizó el esperma para fertilizar los huevos de las hembras normales, con el fin de producir tres poblaciones todo-hembras y un control. El sexo de la generación F1 se determinó a los 10 meses de edad revelando 100% hembras, mientras que en la descendencia del control se obtuvieron un 54,2% hembras y un 45,8% machos. Estos resultados proporcionan una clara evidencia de la posibilidad de producción de una población compuesta en su totalidad por hembras.

## INMUNOLOGÍA EN PECES

En los últimos años se han producido grandes avances en el conocimiento del sistema inmunológico de los peces. Actualmente se conocen familias de moléculas inmunológicas nuevas, que en algunos casos están codificadas por genes completamente nuevos. Los peces poseen una capacidad de respuesta inmune adaptativa, que puede ser aprovechable por la industria de la acuicultura. Sin embargo, todavía existen muchas

enfermedades de peces conocidas hoy en día para las que no existen vacunas eficaces y el uso de vacunas de poca eficacia puede provocar una reducción de la rentabilidad. Gran cantidad de las enfermedades en peces causadas por virus o bacterias no tiene una vacuna. En el caso de los parásitos, muy pocas se han desarrollado con éxito hasta el momento, por lo que parece poco probable poder contar con una solución satisfactoria a corto plazo. Parte del problema puede radicar en la manera en que se suministra la vacuna, o porque provoca una respuesta inmune desacertada.

Gracias a la genética, y más concretamente a la secuenciación, la evaluación a posteriori de las vacunas experimentales podrá determinar si es posible inducir una respuesta inmune adecuada, y esto proveerá información para favorecer el desarrollo de aquellas vacunas más eficaces. También es posible que la inclusión de moléculas inmuno-reguladoras en vacunas para peces tenga valor en la conducción de la respuesta inmune hacia una dirección concreta.

Por tanto, gracias a la secuenciación genómica, las expectativas de futuro son muy prometedoras en términos de identificación de nuevas moléculas inmunológicas. Parece muy probable que algunos de estos avances relacionados con la inmunología en peces vayan a tener un impacto relevante en el desarrollo una nueva generación de vacunas contra enfermedades para las que existen pocos tratamientos en la actualidad.



## HIBRIDACIÓN ENTRE ALMEJA FINA Y JAPÓNICA

La introducción de especies foráneas en los ecosistemas marinos es un método común para aumentar la productividad y la generación de ingresos en la acuicultura. Un ejemplo de ello es el aumento en la producción de almejas de la familia Veneridae en Europa a raíz de la introducción de la almeja japónica *Ruditapes philippinarum*. Esta especie, nativa de la costa del Pacífico asiático, fue introducida en Europa durante los años 1970 y 1980 y su reproducción a lo largo de la costa europea dio lugar a una rápida propagación y al establecimiento de las poblaciones naturales.

La similitud morfológica entre *Ruditapes philippinarum* y *R. decussatus* y la presencia de ambas especies en los mismas áreas marisqueras hacen que sea muy difícil a veces a la identificación de los ejemplares, ya que pueden presentar características intermedias. Para resolver este problema, se ha comenzado a aplicar marcadores moleculares para identificarlas y determinar si algunos de los ejemplares que muestran características intermedias podrían ser híbridos interespecíficos, como ocurre en algunos otros bivalvos.

Un grupo de investigadores de la Universidad de Vigo se ha planteado el desarrollo de un método

rápido y fácil de identificación de ambas especies, además de proporcionar pruebas citológicas de hibridación entre ellas. El reconocimiento genético de ambas especies se ha conseguido gracias a tres marcadores nucleares (ITS1, ITS2 y ADNr 5S) que se amplifican mediante PCR, y se corren sobre un gel de agarosa, lo que permite gestionar gran número de muestras a un bajo coste y en un corto período de tiempo.

La aplicación de estos métodos para el estudio en 328 ejemplares obtenidos en los mismos bancos marisqueros demuestran claramente la existencia de hibridación entre almeja fina y japónica, ya que algunos de los individuos morfológicamente identificados como almeja fina mostraron marcadores específicos para ambas especies. La naturaleza híbrida de los ejemplares fue confirmada también gracias a la localización cromosómica de las secuencias.

## BACALAO Y EXPRESIÓN GÉNICA

El bacalao (*Gadus morhua*) es una de las especies de mayor interés para la acuicultura en la actualidad. Sin embargo, la alimentación continúa siendo un punto crítico en la rentabilidad de su producción. Se trata de una especie que requiere dietas con un alto valor proteico, si bien se han registrado

resultados positivos ante dietas con un 50-75% en contenido de proteína vegetal.

Se ha realizado una prueba de alimentación sobre un grupo de bacalao del Atlántico, a los que se les suministraron cinco dietas diferentes, aplicando una sustitución progresiva de la harina de pescado por proteínas vegetales hasta el reemplazo total. El crecimiento fue elevado hasta alcanzar un 75% de proteína vegetal. La dieta vegetariana con el 100% de proteínas vegetales desembocó en una reducción significativa del apetito, la conversión alimenticia, y el crecimiento.

Con el fin de conocer si la transcripción de los genes que regulan las rutas metabólicas podría verse alterada por utilización de una dieta rica en proteínas vegetales, originando un "estrés metabólico", un grupo de investigadores del Instituto Nacional de Investigación en Alimentos Marinos y Nutrición de Noruega ha extraído ARN mensajero de células del hígado a individuos tratados con las diferentes dietas. Se observó que, con pocas excepciones, la inclusión en la dieta del bacalao de proteínas vegetales no afecta a la expresión génica relacionada con el estrés celular, la biosíntesis de proteínas, o el volumen de energía cuando los peces son alimentados con un máximo del 75% de proteína de origen vegetal.

Este trabajo es una iniciativa de la Secretaría General del Mar y se enmarca dentro del Plan Estratégico de Innovación Tecnológica que el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino ha elaborado para el sector pesquero.



Con la colaboración de:

