

moco. En el caso de los teleósteos, algunos probióticos promueven el nivel de esta enzima. Sucede similar en el caso de la peroxidasa, importante en la eliminación de patógenos, y la anti-proteasa.

Diversos estudios demuestran que la producción de citocinas, producidas por células del sistema inmunitario y las cuales contribuyen al crecimiento celular, diferenciación y mecanismos de defensa, puede ser modulada por ciertos probióticos. Por otra parte está demostrado que otros probióticos pueden aumentar la respuesta inflamatoria intestinal.

El efecto de los probióticos en la estimulación de respuestas inmunológicas sistémicas en muchas especies de pescado está bien documentado, mientras la inmunidad local del intestino no está estudiada a fondo. Esto se debe a la falta de herramientas adecuadas para el seguimiento del efecto de los probióticos en el intestino.

Por otra parte, la revisión considera los factores que afectan el potencial inmunomodulador de los probióticos. En el caso de los peces, el tipo de probióticos, la cinética de dosificación y el método de aplicación según la especie, son factores críticos en la regulación de la respuesta inmune.

En la industria acuícola, los probióticos utilizados en la dieta o bioencapsulados son considerados como alternativa a los antibióticos ya que contribuyen a mejorar de la resistencia natural y aumentar la supervivencia de las larvas. Sin embargo, hay estudios que muestran el efecto contrario de ciertos probióticos, por lo que es necesario un estudio previo sobre las diversas cepas de probióticos y el modo de acción antes de emplearlos.

El uso de probióticos se ha extendido en la industria acuícola especialmente por su potencial como sustituto de antibióticos y sustancias químicas. Es importante considerar

ciertas cepas de probióticos pertenecientes a las especies *Aeromonas*, *Pseudomonas* y *Vibrio* por su actividad en el intestino.

La revisión concluye la necesidad de más investigaciones, no solo para conocer las diferencias inter e intra-especie ante varios probióticos sino para evaluar además la seguridad de su uso. Por otra parte, aunque la mayoría de los probióticos ejercen un efecto inmunomodulador en los peces, es necesario generar más conocimiento sobre las interacciones entre los microbios del intestino, el epitelio intestinal y el sistema inmunitario del intestino. Esto contribuirá de forma decisiva en la definición de una estrategia tal que permita estimular el sistema inmunológico local y sistémico a través del uso de probióticos, prebióticos o simbióticos.

HERRAMIENTAS GENÉTICAS EN EL BACALAO DEL ATLÁNTICO

El uso de herramientas genéticas contribuye a la selección de progenitores que contribuyan al aumento de la productividad y valor comercial de la especie, bien por su rápido crecimiento o bien por su elevada resistencia a enfermedades. Estas herramientas generalmente se basan en marcadores genéticos. En el caso del Bacalao del Atlántico, la colección de marcadores utilizados, entre los que se consideran los polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción, microsatélites y polimorfismos de nucleótido simple, es limitada.

Un grupo de investigadores Canadienses ha identificado un conjunto de Polimorfismos de Nucleótido Simple (SNP, en sus siglas en inglés) que contribuirá a la mejora de la producción del Bacalao del Atlántico.

Las variaciones de secuencia expresada es el tipo más adecuado de polimorfismos de secuencia de ADN.

Son útiles para el genotipado de alto rendimiento, y proporcionan elevadas posibilidades para aplicaciones genéticas y de cultivo, desarrollo de mapas genéticos y evaluación de la variabilidad genética.

Antes de llevar a cabo el proyecto, se habían identificado un total de 318 SNPs en el Bacalao, de los cuales 174 se emplearon, junto con 33 microsatélites, en la elaboración su mapa genético.

Por otra parte, en el marco del proyecto "The cod genomics and Broodstock Development" (CGP), se había identificado un total de 158.877 variaciones de secuencia expresada, empleando un elevado número de individuos y de librerías de cADN.

Los investigadores tomaron como punto de partida las variaciones anteriores para la identificación de los Polimorfismos de Nucleótido Simple. Se estableció un criterio de selección que garantizase una calidad mínima de los SNPs para que pudiesen ser empleados en análisis posteriores. De esta forma, se identificaron un total de 4753 SNPs de los cuales, 3677 SNPs cumplían los requisitos de la plataforma Illumina GoldenGate de estudio de genotipado. Finalmente se seleccionaron 3072 SNPs, conformados en dos paneles, los cuales fueron testeados según la plataforma Illumina con individuos de diversas regiones de Canadá, Islandia, Irlanda y Noruega. En paralelo, progenitores y descendientes de dos familias de referencia fueron empleados en el genotipado.

El conocimiento generado ha permitido la elaboración de un mapa genético preliminar del bacalao, el cual contempla un total de 924 SNPs mapeados.

Los investigadores concluyen que esta colección de SNPs será de gran valor para el desarrollo de pruebas de diagnóstico para distinguir poblaciones de bacalao así como



para la producción de herramientas útiles para la industria acuícola.

Estos resultados permiten avanzar en la mejora genética del bacalao, dado que el mapa genético elaborado puede ser empleado en experiencias basadas en QTL.

RESISTENCIA AL ESTRÉS Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD

El estrés se basa en una situación de pérdida del equilibrio dinámico de los organismos debido a la acción de un estímulo intrínseco o extrínseco. El animal reacciona mediante una serie de cambios fisiológicos o en su comportamiento con el fin de compensar ese desequilibrio. Uno de las principales respuestas es la hiperactividad a lo que se une muchas alteraciones fisiológicas, como el paro de la actividad renal e intestinal y la hemoconcentración. Cuando cesa el factor causante del estrés, las actividades fisiológicas se recuperan aunque cuanto más tiempo perdure el efecto, mayores son los efectos dañinos.

La Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), ha estudiado la capacidad genética de estresar con el propósito de mejorar la productividad en cautividad.

La capacidad de los peces para estresarse es hereditaria, de ahí que el estudio se centrara en la identificación y selección de aquellos individuos que mejor se aclimatasen a la cautividad con el fin de obtener descendientes que se estresen menos.

Con el propósito de alcanzar el objetivo del estudio, introdujeron un microchip en la piel de los individuos. Este aparato facilitó la identificación y la medida del nivel de estrés en sangre.

A partir de estos datos, los científicos separaron los individuos que más se estresaban empleando aquellos que lo hacían menos para la reproducción en cautividad.

Esta selección mejora la productividad ya que la descendencia presentará un menor estrés, lo que repercute directamente en la mejora de la reproductividad y la resistencia a enfermedades, al encontrarse las defensas en mejor estado.

Por otra parte, este grupo de investigación está trabajando en el desarrollo de jaulas de cultivo y de viveros sumergidos para ser instalados a mayor profundidad y más lejos de la costa. Además, los mecanismos se podrán automatizar a través de satélite o bluetooth entre otros.

Canarias es la primera Comunidad Autónoma en producción acuícola de Lubina y la tercera productora de Dorada. Entre el 5% y el 8% de 10.000 toneladas de pescado es consumido en la comunidad autónoma, el resto es exportado a países Europeos.

Dada la importancia de esta Comunidad en la producción acuícola y su volumen de exportación, el reciente estudio les ayudará a dar respuesta a la creciente demanda.

PLATAFORMA MICROARRAY EN LA EXPRESIÓN DE LAS DEFORMACIONES MANDIBULARES

El cultivo de la dorada ha ido mejorando desde la década de los 80, aunque persisten algunos cuellos de botella, incluyendo los relacionados con las malformaciones craneales y esqueléticas. Las anomalías suponen un elevado coste en el cultivo de esta especie, al ser el aspecto un factor clave para la comercialización y ser necesaria una selección manual para descartar los individuos con deformaciones.

Expertos italianos, alemanes y portugueses han aunado sus esfuerzos en el desarrollo de una nueva plataforma de transcriptomas para la determinación de perfiles de

expresión en las deformidades mandibulares de la dorada.

El principal objetivo de las investigaciones llevadas a cabo fue analizar la expresión genética de genes relacionados con deformidades en la cabeza de individuos de dorada de 38 días y en la mandíbula de individuos de 58 días, utilizando una novedosa plataforma transcriptómica desarrollada por el grupo de investigación.

Las experiencias llevaron a la creación de una base de datos de 19.048 transcriptomas de la dorada. Sobre la mayoría de estos transcriptomas se aplicó el microarray desarrollado con el propósito de determinar la expresión genética de genes en individuos afectados por el prognatismo. El análisis estadístico proporcionó 242 transcriptomas significativamente sub-regulados en individuos con deformidades en comparación con peces normales. Observaron para estos individuos un enriquecimiento significativo de genes relacionados con el desarrollo y funcionamiento del sistema nervioso.

La plataforma microarray desarrollada para la Dorada presenta una elevada fiabilidad, flexibilidad y reproducibilidad. A pesar de las limitaciones en obtener información funcional en especies no-modelo, los expertos indican que se obtuvo suficiente información para identificar procesos biológicos. En el marco de estas experiencias se generó nuevo entendimiento sobre mecanismos putativos relacionados con la deformación mandibular, sugiriendo que el desarrollo del sistema nervioso puede jugar un papel importante en esta malformación.

Este avance contribuye al entendimiento de la especie y a la optimización del sistema de cultivo, evitando malformaciones que suponen un elevado coste para los productores.