


Diciembre de 2011

	منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة	联合国 粮食及 农业组织	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
---	--	--------------------	---	---	---	--

COMITÉ DE PESCA

SUBCOMITÉ DE ACUICULTURA

Sexta reunión

Ciudad del Cabo (Sudáfrica), 26-30 de marzo de 2012

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS GENÉTICAS EN EL FOMENTO Y LA GESTIÓN DE LA ACUICULTURA

INTRODUCCIÓN

1. Desde la antigüedad, la captura de peces, invertebrados (principalmente moluscos y crustáceos) y plantas acuáticas (fundamentalmente algas) en el medio natural ha proporcionado importantes fuentes de nutrientes a las poblaciones humanas de todo el mundo. Actualmente, la acuicultura y la pesca de captura emplean de forma directa a más de 180 millones de personas y sostienen los medios de vida de un 8 % de la población mundial; cada uno de estos sectores proporciona alrededor del 50 % del suministro de alimentos acuáticos de todo el mundo¹. Existen más de 31 000 especies de peces de escama, 85 000 especies de moluscos, 47 000 especies de crustáceos y 13 000 especies de algas; en las pesquerías naturales se tiene acceso a más de 5 000 especies y son aproximadamente 400 las utilizadas en la acuicultura. Los recursos genéticos acuáticos constituyen la base de la productividad y la sostenibilidad de la acuicultura y la pesca de captura a nivel mundial, así como de los servicios esenciales proporcionados por los ecosistemas acuáticos en aguas marinas, salobres y dulces.

2. La aplicación de los principios genéticos a las especies acuáticas empleadas en la acuicultura es un fenómeno relativamente reciente y, a diferencia de otros sectores de producción de alimentos, este sector aún no ha utilizado plenamente las tecnologías disponibles para aumentar la producción. De hecho, solo en las dos últimas décadas ha habido un reconocimiento general de la importante función que pueden desempeñar el mejoramiento genético y la aplicación de biotecnologías en el desarrollo de la acuicultura, así como de los muy significativos beneficios genéticos que se pueden conseguir a través de la adecuada aplicación de programas de mejoramiento genético bien estructurados a las especies acuáticas.

¹ FAO. 2010. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010. FAO, Roma. 197 págs.

Para minimizar los efectos de los métodos de trabajo de la FAO en el medio ambiente y contribuir a la neutralidad respecto del clima, se ha publicado un número limitado de ejemplares de este documento. Se ruega a los delegados y observadores que lleven a las reuniones sus copias y que no soliciten otras. La mayor parte de los documentos de reunión de la FAO está disponible en Internet, en el sitio www.fao.org

3. Este documento acompaña al documento de trabajo COFI:AQ/VI/2012/9 – *Recursos y tecnologías genéticas en el fomento de la acuicultura: oportunidades y desafíos* y resume las aplicaciones actuales y futuras de tecnologías genéticas a largo y corto plazo en la producción acuícola; en él se abordan brevemente otras aplicaciones destinadas a la caracterización y la ordenación de los recursos genéticos acuáticos así como la creciente importancia de estas para la rastreabilidad del pescado y los productos pesqueros.

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS GENÉTICAS EN LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

4. Las tecnologías genéticas se pueden emplear en la acuicultura con numerosos fines, aunque el principal sea potenciar la producción. Con la tecnología genética apropiada es más fácil obtener mejoras de la comerciabilidad, la resistencia a las enfermedades, la forma del cuerpo, el color, la aptitud para el cultivo y la conservación de los recursos naturales. Los programas de mejoramiento genético se pueden utilizar para proporcionar beneficios a corto o a largo plazo. Los beneficios a corto plazo suelen ser inmediatos (en dos generaciones) y, por norma general, no son acumulativos, a menos que se combinen con otros programas a largo plazo; sin embargo, los programas a largo plazo, como la cría selectiva, producen beneficios acumulativos en cada generación².

Estrategias de mejoramiento genético a largo plazo

5. La domesticación y el pleno potencial para la utilización de los recursos genéticos acuáticos solo se alcanzarán mediante programas de mejoramiento a largo plazo. El sector acuícola se encuentra muy por detrás de los sectores ganadero y agrícola en lo que respecta al desarrollo de especies domesticadas y mejoradas genéticamente.

Cría selectiva

6. El índice de crecimiento es la característica que se mejora con más frecuencia en los programas de cría selectiva; se han registrado incrementos de hasta un 20 % por generación. Otros rasgos han mostrado una variación genética aditiva y, por tanto, se consideran aptos para el mejoramiento. Actualmente es cada vez más frecuente la inclusión de rasgos como la resistencia a las enfermedades y al estrés, el momento de madurez y la calidad de la carne en los programas de cría selectiva. Se ha expandido la aplicación de programas de mejoramiento, se ha optimizado su diseño y se han iniciado nuevos programas. Algunas de las especies utilizadas recientemente en programas de mejoramiento son el bacalao del Atlántico, el salmón del Atlántico, la carpa, la dorada, la lubina estriada híbrida, la tilapia del lago Malawi, la lubina del Mediterráneo, la tilapia del Nilo, el besugo y la carpa rohu.

7. En lo que atañe a la resistencia a las enfermedades, la adopción del camarón patiblanco domesticado y mejorado genéticamente *Penaeus vannamei* produjo un fuerte aumento de la producción acuícola de camarón, pero también supuso riesgos graves de infecciones persistentes como, por ejemplo, las causadas por patógenos víricos que se pueden transmitir de los reproductores a las postlarvas. Debe respaldarse, con una bioseguridad sólida como consideración primordial, el uso de camarones domesticados exentos de patógenos específicos³.

8. Otro posible ámbito de aplicación de las técnicas de selección genética es la mejora de la utilización de piensos, lo que entraña determinar si se pueden seleccionar genéticamente peces carnívoros con una capacidad natural para utilizar las proteínas como fuente de energía principal⁴.

² Bartley D.M. 1998. Genetics and breeding in aquaculture: current status and trends, págs. 13-30. En D.M. Bartley y B. Basurco (eds.), *Genetics and Breeding of Mediterranean Aquaculture Species Cahiers OPTIONS* Vol. 34. 297 págs.

³ Hine, M. et al. 2011. Presentación de grupo de expertos III.3. Improving biosecurity: a necessity for aquaculture sustainability, págs. xx-xx. Resúmenes de trabajos, Conferencia Mundial de Acuicultura 2010, 22-25 de septiembre de 2010. FAO/Red de centros de acuicultura de Asia y el Pacífico/Departamento de Pesca de Tailandia. Phuket (Tailandia).

⁴ Rana, K.J. et al. 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. FAO Documento técnico de Pesca y Acuicultura n.º 541. Roma, FAO. 63 págs.

9. Los programas de cría selectiva clásicos seguirán siendo el motor principal del sector de la acuicultura de peces de escama⁵.

Ingeniería genética

10. Actualmente, la tecnología de la ingeniería genética ha comenzado a aplicarse en la producción de piensos para la acuicultura con el fin de ayudar a reducir la dependencia de la harina y el aceite de pescado y mejorar los ingredientes de piensos basados en plantas y animales terrestres. A modo de ejemplo^{6,7} cabe citar: 1) la levadura obtenida por ingeniería genética para la producción de importantes ingredientes para piensos, como la hormona del crecimiento de los peces y los pigmentos carotenoides ; 2) las técnicas aplicadas antes de la elaboración de material vegetal para reducir los efectos de los factores antinutricionales, 3) la obtención de plantas con un perfil de aminoácidos mejorado y menor número de factores antinutricionales y 4) la transformación de subproductos de baja calidad procedentes de animales terrestres en proteínas de alto valor.

11. La producción de pescado transgénico comenzó a mediados de los años 80 y la mayor parte de las investigaciones se ha centrado en la transferencia de genes de la hormona del crecimiento⁸. En varios casos, se ha registrado un aumento significativo del crecimiento. Hasta el momento no se ha aprobado la comercialización de pescado transgénico para consumo humano.

Estrategias de mejoramiento genético a corto plazo

12. Es posible que las técnicas de mejoramiento genético a corto plazo no requieran el mismo nivel de mantenimiento de registros y gestión que los proyectos a largo plazo; además, pueden producir beneficios significativos con tecnologías sencillas en un corto período de tiempo.

Hibridación y cruzamiento

13. El cruzamiento y la hibridación se pueden utilizar para combinar cualidades favorables de dos grupos genéticamente diferentes y para aprovechar el vigor híbrido (heterosis). La hibridación interespecífica ha permitido obtener peces con índices de crecimiento mejorados, una proporción de sexos manipulada, animales estériles, mejoras de la calidad de la carne, mayor resistencia a las enfermedades, mayor tolerancia a condiciones medioambientales extremas y alteraciones de otros rasgos⁹.

Manipulación de juegos de cromosomas

14. La manipulación de juegos de cromosomas (poliploidización) se ha llevado a cabo en numerosas especies acuáticas mediante la aplicación de choques térmicos y químicos en embriones en desarrollo. Los organismos triploides son útiles debido a que son estériles y, por tanto, pueden invertir más energía en el proceso de crecimiento que en el de maduración y reproducción. Aunque la manipulación de juegos de cromosomas no ha dado lugar a muchas aplicaciones comerciales en peces de escama, la utilización de organismos triploides se ha convertido en un componente importante de la industria del cultivo de ostras y puede tener un potencial similar en otros tipos de marisco. Por ejemplo, las ostras triploides del Pacífico han mostrado un aumento del crecimiento de entre el 14 % y

⁵ Hulata, G. 2009. Genetic improvement of finfish, págs. 55-86. En Burnell, G. y G. Allan (eds.). *New technologies in aquaculture*. CRC Press. 1191 págs.

⁶ Ukibe, K. et al. 2009. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for astaxanthin production and oxidative stress tolerance. *Applied and Environmental Microbiology* 75:7205-7211.

⁷ Rana, K.J. Wang et al. 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. *FAO Documento técnico de Pesca y Acuicultura* n.º 541. Roma, FAO. 63 págs.

⁸ Revisado por Kapuscinski, A., 2005. Current scientific understanding of the environmental biosafety of transgenic fish and shellfish. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 24(1), 309-322.

⁹ Bartley, D.M. et al. 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10: 325-337

el 159 % en comparación con los organismos diploides de control¹⁰. Al mismo tiempo, la esterilidad permite reducir el riesgo de cruce con especies nativas que pueden ser importantes en los programas de repoblación, como el uso de la carpa herbívora para controlar la vegetación, o abordar el impacto medioambiental de los peces que escapan de las explotaciones acuícolas.

Manipulación genética del sexo

15. La manipulación genética del sexo puede resultar beneficiosa en especies con dimorfismo sexual en rasgos importantes o cuando se desea reducir las posibilidades de reproducción. Las poblaciones monosexo de machos proporcionan beneficios comerciales considerables en algunas especies, especialmente en la tilapia debido a los problemas de maduración precoz y reproducción no deseada dentro del sistema de producción que presenta esta especie. Asimismo, en dichas condiciones las truchas y los salmones hembra crecen mejor y las hembras del esturión producen caviar. El sexo de los peces se puede manipular fácilmente mediante tratamientos hormonales, pero existe cierta preocupación sobre la posibilidad de que el uso de hormonas en la producción animal cause un aumento del uso de otras biotecnologías en aquellos países en desarrollo cuya producción se destina a los mercados de exportación.

Tecnologías emergentes

16. Se están comenzando a aplicar algunas tecnologías genéticas nuevas en especies acuáticas cultivadas. Las tecnologías genómicas incluyen tecnologías de marcadores de ADN, secuenciación de nueva generación, descubrimiento de genes, elaboración de mapas del genoma (que muestran las posiciones relativas de los genes en el cromosoma) y tecnologías de expresión génica que estudian el funcionamiento de los genes en los organismos. Estas tecnologías serán útiles para descubrir genes importantes que afecten a rasgos como la resistencia a las enfermedades, el índice de crecimiento y la determinación del sexo, lo que permitirá realizar una selección orientada de forma más precisa para mejorar el rendimiento de la acuicultura.

Otras aplicaciones

17. El empleo de tecnologías genéticas para caracterizar los recursos genéticos tiene diferentes aplicaciones en la acuicultura, que van de la identificación de recursos genéticos de gran valor para los programas de mejoramiento genético, la gestión de reservas de genitores cultivados y la discriminación entre especímenes naturales y cultivados al seguimiento de los efectos genéticos que producen en las poblaciones naturales los peces que escapan de explotaciones acuícolas¹¹.

18. El amplio espectro de aplicabilidad y la alta resolución de los marcadores genéticos pueden contribuir a incrementar el valor del pescado y los productos pesqueros en aplicaciones comerciales y posteriores a la captura. La rastreabilidad es un aspecto clave de los sistemas de certificación de la acuicultura¹². Los marcadores genéticos proporcionan medios extremadamente sensibles para la identificación de muestras de peces que no se pueden identificar por otros medios, como material congelado, filetes y especímenes en fases tempranas del ciclo vital, como huevos y larvas. Gracias al diagnóstico genético molecular de pescado y productos pesqueros se han identificado casos de etiquetado engañoso y fraude al consumidor y se ha contribuido a la condena de los responsables¹³.

¹⁰ Guo et al. 2009. Chromosome set manipulation in shellfish, págs. 165-194. En Burnell, G. y G. Allan (eds.). *New technologies in aquaculture*. CRC Press. 1191 págs.

¹¹ Lidder, et al. 2011. *Biotechnologies for the Management of Genetic Resources for Food and Agriculture*. CRGAA Documento de estudio básico n.º 52, FAO, 2011.

¹² FAO. 2011. *Directrices técnicas para la certificación en la acuicultura*, versión aprobada por el Comité de Pesca (COFI) en su 29.º período de sesiones en Roma (Italia). FAO, Roma.

¹³ Martinsohn, J. 2011. *Deterring Illegal Activities in the Fisheries Sector - Genetics, Genomics, Chemistry and Forensics to Fight IUU Fishing and in Support of Fish Product Traceability*. Centro Común de Investigación, Informe de referencia de la Comisión Europea.

19. Las tecnologías inmunodiagnósticas y moleculares se aplican ampliamente en el análisis y la detección de patógenos, la elucidación de la patogenicidad y el diagnóstico de enfermedades. Además, han desempeñado una importante función en la gestión sanitaria gracias a su elevada sensibilidad, especificidad y capacidad para obtener un diagnóstico rápido¹⁴.

20. La vinculación del uso de las tecnologías genéticas en la pesca y la acuicultura mejorará la eficiencia y la eficacia de dichas tecnologías. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que muchas de ellas requieren equipos especializados y personal altamente cualificado.

¹⁴ Hine, M., et al. 2011. Presentación de grupo de expertos III.3. Improving biosecurity: a necessity for aquaculture sustainability, págs. xx-xx. Resúmenes de trabajos, Conferencia Mundial de Acuicultura 2010, 22-25 de septiembre de 2010. FAO/Red de centros de acuicultura de Asia y el Pacífico/Departamento de Pesca de Tailandia. Phuket (Tailandia).