



## La digestión anaerobia aplicada a sistemas de acuicultura con recirculación

Los sistemas acuícolas intensivos de recirculación (SAR) tratan de superar una serie de obstáculos de carácter económico y medioambiental, dando como resultado instalaciones de cultivo superintensivo, donde se produce una cantidad considerable de lodos residuales que es necesario tratar antes de su eliminación.

La digestión anaerobia es una técnica consistente en la degradación biológica de la materia orgánica por microorganismos bajo condiciones anaerobias, es decir, en ausencia de oxígeno. Si bien hace tiempo que se viene utilizando este tratamiento para la estabilización y reducción de residuos urbanos, industriales o agrícolas, su aplicación en el contexto de la acuicultura constituye una aproximación novedosa e interesante, ya que permite superar muchos de los problemas asociados a los métodos tradicionalmente empleados para la gestión de los residuos derivados de esta actividad. La aplicación de la digestión anaerobia permite reducir de modo muy significativo el volumen de lodos –hasta un 90%– y, en consecuencia, los costes asociados a su transporte y tratamiento externo. Por otra parte, la capacidad contaminante del residuo resultante es muy inferior a la obtenida a partir de otros métodos, por lo que el efluente que se genera es adecuado para su reutilización en el mismo sistema acuícola de recirculación. De este modo, además de limitar la necesidad de grandes volúmenes de agua, se puede lograr un ahorro de energía en términos de bombeo y calefacción.

Finalmente, en el proceso de digestión de lodos se genera gas metano que, según estimaciones de algunos autores, podría satisfacer entre el 2 y el 5% de la demanda energética de la instalación. De este modo, además de aprovechar una fuente alternativa de energía, se estaría reduciendo la contaminación atmosférica (efecto invernadero) y mitigando la producción de olores no deseados, asociados a la estabilización en estanques abiertos.

En la medida en que la aplicación de la digestión anaerobia a efluentes de la acuicultura es una línea de trabajo novedosa, todavía es preciso profundizar en su investigación para, además de optimizar los sistemas existentes, encontrar modos alternativos de reducir el volumen de lodos así como potenciar los beneficios de su tratamiento.

### SUMARIO

En portada: “La digestión anaerobia aplicada a sistemas de acuicultura con recirculación”.....	1
Nutrición, Biología, Fisiología y Patología.....	2
Ingeniería, Sistemas de Producción y Medio Ambiente.....	5
Biología.....	9

Nº PATENTE	SOLICITANTE	PAÍS	TÍTULO
WO2010082832	NOFIMA MARIN	Noruega	Improve texture quality fish fillet select salmon add individual mixture purification free bioactive amino acid diet.
WO2010068990	SHOALHAVEN STARCHES PTY LTD	Australia	Protein-rich material useful in aquaculture feed for providing complementary nutrition to animals such as halibut, eel, crustaceans and mollusks, prepared as composite material using wheat protein ingredient or lupin protein ingredient.
TW201000632	YANG SHERNG BIOTECHNOLOGY CO LTD	Taiwan	Peptide for promoting gonad maturity, mating, and spawning of crustaceans - which promotes gonad maturity, mating and spawning of the crustaceans.
KR20100048509	DONGBU HITEK CO LTD	Corea	Liquid composition for the exterior parasite relief of fishes and preventing gill monogenean disease, comprises praziquantel, tocopheryl derivative as antioxidant and organic solvent.
KR100937037B	DOOSAN ECOBIZNET CO LTD	Corea	Formulation for treating microbial infection in fish, contains vitamin B1, sodium dodecylsulfate, kaolin, sodium lignin sulfonate, diaryl dimethyl ammonium, organopolysiloxane, butylene glycol and glycerin fatty acid ester.
KR100952344B	CHOI G KIM G KIM J	Corea	Preparing flatfish feed useful for enhancing immunity, and preventing and treating microbial infection and dyspepsia, by heating livefood with seed culture, fermenting heated livefood mixture and preparing fermented feed into pellets.
CN101773209	ZHEJIANG KESHENG FEED CO LTD	China	Feed useful for promoting growth of shellfish, comprises protein feed, energy feed, mineral, vitamin and Bacillus preparation.
CN101756063	HONG F	China	Feed additive useful for improving growth environment of breeding fish and shrimp, comprises zeolite, shell powder, calcium hydrophosphate, rhizoma Smilacis glabrae, honeysuckle and Radix stemonae.
CN101731167	CHINA SEAFOOD TECHNOLOGY ACAD HUANGHAI S	China	Individual marking method for selective breeding of turbot, involves putting fish in seawater pool and in medical bathing with florfenicol for specific hours for three days, where concentration of florfenicol is specific parts per million.

## EXPLORACIÓN Y APRENDIZAJE PARA ALIMENTACIÓN A DEMANDA

En etología, la asociación entre una determinada acción y su resultado se conoce como condicionamiento operante; la probabilidad de que una acción espontánea sea repetida por un individuo, aumenta si es recompensada y disminuye si no lo es. En el caso de los peces, esta capacidad resulta interesante para

la implementación de dispositivos dispensadores de alimento a demanda, mediante una cuerda o pulsador, accionado por el propio pez. Cuando la acción se ha recompensado el número de veces suficiente, el pez aprende la relación, aumentando la frecuencia del comportamiento recompensado.

En el medio ambiente muchas especies llevan a cabo una búsqueda activa de alimento, discerniendo aquello que puede ser parte de

su dieta. Esta cualidad es la base para conseguir resultados mediante la aplicación de este sistema de aprendizaje.

Un grupo de investigadores del Instituto de Investigación Marina de Bergen (Noruega) ha publicado recientemente los resultados de un estudio en el que identifican el tiempo que lleva establecer la diferencia entre comportamiento recompensado y no recompensado, en el caso del bacalao. Se trata del primer



estudio publicado sobre el condicionamiento operante aplicado a esta especie, un depredador generalista y curioso que explora sus alrededores, aunque existen estudios previos que han demostrado que posee aptitudes para el aprendizaje pavloviano.

Tanto en el procedimiento recompensado como en el que no, la tasa de actividad desencadenante fue mayor durante el primer día, siendo este patrón especialmente claro en el procedimiento sin recompensa. La diferencia en la frecuencia de ambos procedimientos muestra que los peces recompensados han obtenido otra motivación, además del comportamiento exploratorio derivado de la curiosidad, es decir, han empezado a asociar el desencadenante con la recompensa de la comida. Los resultados son coherentes con otros trabajos anteriores realizados con trucha arco iris.

Solamente es posible demostrar que el bacalao ha aprendido y estimar el tiempo necesario para ello mediante la comparación con grupos de control sin recompensa. El tiempo estimado para el aprendizaje operante en este estudio ha sido de 3 horas, con una tasa de actividad desencadenante relativamente estable desde el primer día, y considerablemente inferior a la reportada en otros estudios de alimentación a demanda.

## INFLUENCIA DEL CICLO LUNAR EN EL LENGUADO

Los factores medioambientales periódicos influyen notoriamente en los ciclos vitales de los seres vivos; la luz es un importante elemento a la hora de marcar los biorritmos.

Un grupo de investigadores españoles y portugueses han llevado a cabo un estudio sobre la influencia del ciclo lunar sobre la secreción

de la hormona melatonina en la glándula pineal del lenguado (*Solea senegalensis*), cuyos resultados se han publicado recientemente.

El trabajo constó de dos partes, testando por una parte la producción de melatonina bajo condiciones de iluminación natural al aire libre e iluminación artificial en interior; y estudiando por otra el efecto de la luz lunar sobre la vitelogenesis y las hormonas sexuales de individuos maduros durante la época de reproducción.

Durante la primera parte del experimento, coincidiendo con la luna llena, la concentración de melatonina en plasma alcanzó su punto máximo por la noche en los tanques cubiertos (es decir, privados de iluminación nocturna), tanto en los grupos al aire libre ( $133,2 \pm 12,8$  pg/mL) y el interior ( $190,6 \pm 41,5$  pg/mL). Sin embargo, para los peces en los tanques abiertos expuestos aproximadamente a 0,3 lux de iluminación, la concentración de melatonina se redujo significativamente, acercándose a valores generados por una intensidad de luz media ( $79,6 \pm 7,1$  y  $81,8 \pm 14,0$  pg/mL, para los grupos al aire libre e interior, respectivamente).

En la luna nueva, se observó un patrón similar en el grupo de interior: los peces en tanques cubiertos mostraron mayores concentraciones de melatonina que los que habitaban los tanques abiertos, expuestos a una iluminación ínfima.

Con respecto al segundo experimento, las concentraciones de hormonas sexuales resultaron significativamente más altas bajo la influencia de la luna llena que en la luna nueva. En el caso de las hembras, tanto el estradiol como la testosterona se redujeron significativamente de luna llena a nueva, mientras

que no se observaron cambios importantes en la vitelogenina entre ambas fases lunares. En los machos, en cambio, la concentración de 11-cetotestosterona fue de  $14,3 \pm 2,1$  ng/ml durante la luna llena y de  $4,7 \pm 0,7$  ng/ml en la luna nueva.

A la vista de los resultados obtenidos, parece existir una alta sensibilidad de este lenguado frente a la luz lunar, lo cual podría ser utilizado como sincronizador potencial del ciclo reproductor.

## EFFECTOS DEL OZONO SOBRE EL RODABALLO

La producción de rodaballo ha experimentado un auge en los últimos años, gracias a su elevada tasa de conversión, tolerancia al estrés, moderados requerimientos de estabulación y baja susceptibilidad frente a enfermedades. Sin embargo, las altas densidades de cultivo y concentraciones de nutrientes favorecen la proliferación de patógenos, por lo que las infecciones, tanto virales como bacterianas, continúan siendo una de las barreras a superar para optimizar los cultivos.

El ozono es un poderoso agente oxidante, utilizado para la desinfección y la mejora de la calidad del agua en las instalaciones de acuicultura. Sin embargo, puede atacar a las membranas biológicas de los organismos cultivados, causando alteraciones fisiológicas. Un equipo de investigadores alemanes se ha propuesto estudiar los efectos fisiológicos e histológicos sobre los juveniles de rodaballo (*Psetta maxima*) y evaluar los posibles efectos tóxicos de los radicales oxidantes (OPO) derivados de la ozonización del agua marina.

Para determinar los efectos adversos de estas OPO los juveniles fueron expuestos a concentraciones

subletales, en tres niveles diferentes, 0,06, 0,10 y 0,15 mg/l, durante un máximo de 21 días. Los peces fueron muestreados a partir del día 1, 7 y 21 de exposición para cubrir períodos a corto, medio y largo plazo. Tras esto, se analizaron las branquias en busca de alteraciones morfológicas, y se cuantificaron la hemoglobina y el hematocrito para evaluar la pérdida de funcionalidad de la absorción branquial. La concentración de cortisol en plasma se ha medido como marcador fisiológico del estrés.

La histología del tejido branquial reveló importantes alteraciones histopatológicas con el aumento de la concentración OPO y el incremento del tiempo de exposición. Sin embargo, las concentraciones de hemoglobina sólo se incrementaron durante la exposición a corto plazo y a mayor concentración de OPO. Los valores de hematocrito no mostraron diferencias entre los ejemplares expuestos a OPO y el grupo de control. En concentraciones altas de OPO el cortisol plasmático se elevó significativamente a las 24 h.

Los resultados demuestran que las concentraciones subletales de OPO de 0,10 y 0,15 mg/l causan alteraciones histológicas y fisiológicas en los juveniles de rodaballo, lo que determina que los oxidantes derivados del ozono son un factor de estrés importante en sistemas de recirculación con este tipo de

depuración del agua. En las concentraciones de OPO a 0,06 mg/l, sólo se muestran leves alteraciones, lo que sugiere que concentraciones de  $\leq 0,06$  mg/l serían las ideales para el cultivo de juveniles de esta especie.

### CRECIMIENTO DE LA GENTOLLA EN CULTIVO

El género de la centolla comprende cuatro especies, dos de las cuales, *M. brachydactyla* y *Maja squinado*, tienen un gran valor comercial.

La primera de ellas se encuentra en el Atlántico este, mientras que la segunda se distribuye por el Mediterráneo, donde está considerada en peligro y raramente es capturada, por lo que su cultivo podría constituir una herramienta interesante para el planteamiento de programas de repoblación eficaces.

La información disponible de partida para iniciar un cultivo controlado de esta especie es reducida, por lo que un grupo de investigadores catalanes pertenecientes al IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries) ha estudiado la supervivencia, el crecimiento y el desarrollo de las etapas de post-larvianas de individuos procedentes del Mediterráneo, con el fin de conocer algunos factores clave para la implantación de un posible cultivo a gran escala.

Se capturaron ocho ejemplares (seis hembras y dos machos) para la

obtención de las larvas en el laboratorio. Éstas, después de 15 a 17 días de mantenimiento de forma artificial, fueron instaladas en cajas de metalato individuales conectadas a un sistema recirculación semi-abierto (con un 20% de renovación), a una temperatura de 20°C, y alimento *ad libitum*. La fase experimental tuvo una duración de aproximadamente 154 días, hasta que el tamaño de las larvas excedía la capacidad del sistema instalado (fase C8).

Los resultados obtenidos muestran una supervivencia de los juveniles próxima al 6% desde la fase C1 hasta la C8. Los valores de incremento de la longitud del cefalotórax fueron similares en todas las fases, entre el 21 y 35%, y la duración entre mudas trascurrió desde los 9 días, en las primeras fases, hasta los 51 días en las finales, aumentando de forma pronunciada desde la etapa C5.

Por otra parte, los autores concluyen que es posible distinguir entre machos y hembras desde el estado C4, basándose en el dimorfismo sexual de los pleópodos y en la presencia de gonoporos.

Finalmente, la tasa de crecimiento resultó ser menor en comparación con la especie presente en el Atlántico, *Maja brachydactyla*, así como la tasa de supervivencia de asentamiento de las larvas, que en este caso no excedió el 20% y en *M. brachydactyla* alcanza valores cercanos al 50%.

Nº PATENTE	SOLICITANTE	PAÍS	TÍTULO
US7785479	HOSFORD M H	Estados Unidos	Undesired solids separating and removing method for e.g. landscaping industry, involves stopping introduction of compressed air into tank, and purging air in top of tank and resuming flow of liquid stream from aquaculture system.
KR20100086784	GYEONG M K TAE A H	Corea	Dissolved oxygen and room temperature control apparatus for fish farm, has cold and warm water tub supplying cold and hot water for controlling water temperature of specific portion, and air supply part supplying oxygen to specific portion.
INCHE201001645	MANOJV R VASUDEVAN N	India	Method for treatment and recirculation of aquaculture wastewater.
WO2010087713	AKVA GROUP ASA	Noruega	Fish-farming net pen, has buoyancy part provided at upper portion of net wall of net bag, shape-stabilizing part connected to lower portion of net bag, and suspension part transmitting suspension forces to buoyancy part.
TW540575U	JING S LI D LIN Y	Taiwan	An equipment for water purification used in the recirculating aquaculture includes sedimentation pond that can collect solids, a surface flow ecological reaction pond and a subaurface flow ecological reaction pond.
FR2941238		Francia	Use of a transparent composition made of methacrylic polymer for the of installations for the culture of photosensitive organisms comprising microorganisms, microalgae, photosynthetic bacteria and plankton.
ES1072223U	PINEIRO AGUIN A M	España	Mussel farming tray, has two side guides arranged parallel to each other, rope fixed between two pulleys that are mounted on platform that is mounted on machine, and multiple rails arranged on set of strings.
JP2010172238	GH KANSAI BUNRI SOGO GAKUEN KANSAI AUTOME KIKI KK SHIGA-KEN	Japón	Exterminating parasites, preferably external parasites, by supplying water into fish tank by making ozone gas into microbubble, allowing fish to swim, contacting bubble with gills and body surface of fish and exterminating parasites.
CN201491600U	FRESH WATER FISHERIES RES CENT CHINESE	China	Device for sucking e.g. tiny substances in water, has air conduit connected with decompressor and collecting bottle, and power lever sleeved on pin shaft of handle, where end of lever is connected with piston rod.
CN101773089	BEIJING FISHERIES RES INST	China	Portable fish egg incubator, has incubation bucket whose bottom is provided with double-layer structure, where inner upper layer of bottom of double-layer bucket is uniformly arranged with small round holes.
CN101766139	UNIV SHANGHAI MARITIME	China	Experimental apparatus for researching fish behavior, has water power supplier, and reef composition that is composed of multiple single reefs arranged in same plane or on same straight line.
CN101743933	ZHANG L	China	Octopus variabilis egg taking device, has star-shaped clapboard and round board, which are fixed by screw, and rectangle hole formed between clapboard and round board and provided as egg taking nest.

## CONTROL AUTOMÁTICO DEL CULTIVO DE ROTÍFEROS

La producción de alimentos que respondan a las necesidades de las especies cultivadas en cada una de las etapas de crecimiento, es uno de los factores limitantes en la acuicultura. En muchas ocasiones, durante el desarrollo larvario se requiere de alimento vivo lo que puede resultar un cuello de botella para la producción.

Un grupo de investigadores noruegos ha desarrollado un sistema automático para controlar el crecimiento y la densidad de rotíferos, microinvertebrados cultivados para alimentar a especies comerciales.

La clave para el óptimo control del cultivo y densidad de los rotíferos, es comprender la dinámica del sistema de producción. El grupo de investigación consideró un modelo matemático del sistema basado en los principales factores que intervienen en el ratio de crecimiento de los rotíferos; concentración y calidad del alimento, de la temperatura y salinidad del agua, del ratio de huevos y la estructura de edad de la población de rotíferos.

La densidad de rotíferos se controla mediante un contador automático, evitándose así los errores asociados a la práctica manual. Por otra parte, para predecir la tasa de crecimiento en las siguientes 24 horas y, con ello, la cantidad de alimento necesaria, se tiene en cuenta el número de huevos por hembra.

Con el objetivo de garantizar el rápido crecimiento de la densidad de los rotíferos, optimizando los

ratios de alimento evitando sobrealimentaciones y periodos de hambre, los investigadores hicieron uso de un controlador basado en el modelo matemático del sistema de cultivo definido anteriormente.

Los resultados derivados de las experiencias llevadas a cabo por los investigadores muestran una mejora en la eficiencia del proceso de cultivo de rotíferos gracias al control automático.

Entre las ventajas del uso de controladores, cabe destacar la facilidad de escalado evitando sacrificar la estabilidad del sistema, y el ahorro económico al mantener la densidad en los niveles requeridos, evitando alimentación innecesaria y una producción de rotíferos por encima de lo necesario. A estas ventajas se une su fácil manejo y la retroalimentación que asegura la reacción anticipada ante situaciones que no conlleven una consecución de los objetivos.

Aunque los resultados obtenidos indican que es necesario ajustar el algoritmo empleado por el controlador, el sistema automático contribuye a la mejora del cultivo de rotíferos. Esto podría disminuir el cuello de botella asociado al cultivo de alimento vivo para el desarrollo larvario de especies comerciales.

## CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA ONLINE

La calidad del agua juega un papel importante en la gestión de los sistemas acuícolas intensivos. Mantener los parámetros medioambientales en condiciones óptimas puede aumentar los ratios de crecimiento,

afectar a la dieta y reducir la aparición de enfermedades a gran escala.

La Universidad Agrícola de China ha desarrollado un sistema online para controlar la calidad del agua de sistemas acuícolas intensivos.

Los sistemas integrados actuales para el control remoto de la calidad del agua y los sistemas de gestión basados en modelos predictivos disponibles, no responden a las necesidades actuales, no están conectados a ningún sistema de control online ni son capaces de transmitir información de forma instantánea.

El sistema desarrollado por la universidad china se basa en una red de detección inalámbrica que permite la transmisión de datos en tiempo real, facilitando el conocimiento tanto el estado como los cambios producidos en el área de cultivo. Esta red se integra con modelos predictivos que facilitan la identificación de tendencias dinámicas de la calidad del agua en diversos puntos del sistema de cultivo.

Toda la información detectada puede ser recopilada y analizada en cualquier momento a través de Internet.

Los científicos llevaron a cabo pruebas con dos prototipos de la herramienta desarrollada en un sistema de recirculación en Shandong. Las experiencias se centraron en el control de la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto (OD) y la salinidad durante aproximadamente dos años.

Tras observar que más del 95.2% de los datos fueron recopilados correctamente, los investigadores concluyen que el sistema puede monitorizar el OD, pH, salinidad y



temperatura en tiempo real y de forma continua. Por otra parte, demostraron que los modelos predictivos son capaces de predecir la concentración de oxígeno que habrá media hora más tarde, información que puede ser empleada en alertas tempranas.

Los investigadores notaron que son necesarias futuras investigaciones que hagan frente a ciertas incidencias detectadas como las elevadas fluctuaciones del oxígeno disuelto, aspecto a tener en cuenta en la gestión de alertas.

Aunque sería necesario recopilar datos del medio de cultivo de otras especies para ampliar el rango de aplicación del sistema, podría convertirse en herramienta esencial para monitorizar el estado de las granjas de cultivo y evitar cualquier situación desfavorable.

## MEJORA DE LA NITRIFICACIÓN CON PRODUCTOS NITRIFICANTES COMERCIALES

La acumulación de nitrógeno amoniacal en el agua de cultivo, como resultado de las excreciones animales o la descomposición de sólidos orgánicos, es tóxica para las especies cultivadas. En este sentido, en los sistemas de recirculación la nitrificación es esencial para garantizar la supervivencia.

En el proceso de nitrificación se emplean biofiltros basados en la acción de bacterias nitrificantes. Cuando el biofiltro es nuevo o es sometido a condiciones de estrés, el proceso de nitrificación se ve truncado.

Un grupo de investigación estadounidense ha comprobado cómo la adición de bacterias nitrificantes comerciales a sistemas de recirculación mejora la eficacia de los biofiltros.

El fallo de los sistemas de nitrificación puede resultar en elevados niveles de amoníaco y nitritos, lo que puede afectar a la salud de los individuos llegando a causar su muerte.

En muchas ocasiones, cuando se incorporan biofiltros nuevos se espera a la colonización natural de bacterias nitrificantes. Esta práctica es un tanto arriesgada ya que alcanzar una población de bacterias viable requiere de un tiempo relativamente largo.

Con el propósito de comprobar el efecto de introducir bacterias nitrificantes comerciales en el sistema de nitrificación, se consideraron seis sistemas experimentales a escala piloto para la validación científica (estos permiten réplicas y control de las variables), y tres sistemas a escala industrial con el objeto de comprobar el concepto.

El producto bacteriano elegido por los científicos consistía en bacterias oxidantes del amoníaco (*Nitrosoma eutropha*) y oxidantes de los nitritos (*Nitrobacter winogradskyi*).

En lo referente a las experiencias llevadas a cabo a escala piloto, se emplearon tanques de 150 litros con biofiltros no activados. Se consideraron tres sistemas de control y tres sistemas suplementados con la solución bacteriana seleccionada; se suplementaron con 15 ppm diariamente durante la primera semana y, hasta el día 28, con 45 ppm semanalmente.

Se consideraron además tres sistemas a escala industrial, con un volumen de 20.800 litros y un suplemento de solución bacteriana de 48 ppm.

Los resultados de las experiencias a escala piloto demostraron que la adición de la solución bacteriana comercial al iniciar los biofiltros contribuye a mejorar la eficiencia de la nitrificación; se observó una reducción del contenido de amoníaco y nitratos. Por otra parte, demostraron que la inclusión de las soluciones bacterianas en sistemas a escala industrial también mejora la eficacia de los procesos de nitrificación.

Los investigadores concluyen que el uso de productos nitrificantes comerciales pueden ser empleados en la inoculación de biofiltros nuevos o defectuosos para garantizar la eficiencia de los procesos de nitrificación.

## SISTEMA DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS DISMINUYE LA DESCARGA DE FÓSFORO

Uno de los mayores impactos medioambientales de la acuicultura es la descarga de efluentes con diversos nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Sistemas de separación física, como filtros mecánicos o lechos filtrantes, son empleados para eliminar sólidos de las aguas residuales antes de ser recirculadas. En el caso de estanques pequeños, estas soluciones no resultan rentables al ser caras y requerir de bastante dedicación.

Un grupo de investigación francés y canadiense ha trabajado en el desarrollo de un sistema de retención de sedimentos capaz de eliminar el fósforo de las aguas acuícolas residuales.

El objetivo del estudio llevado a cabo era determinar la viabilidad del sistema para recoger y eliminar sedimentos y, en particular, comprobar la eficiencia para eliminar fósforo derivado de la práctica acuícola y presente en los efluentes se forma de partículas (alimentos no consumidos, heces o cuerpos muertos).

El sistema de retención de sedimentos desarrollado consistía en una pirámide truncada invertida de  $1\text{m}^3$  y  $60^\circ$  de inclinación. El sistema fue

diseñado para situarse en la base del estanque, justo en el centro y debajo del aireador de superficie.

Con el propósito de comprobar la eficacia del sistema, se consideró un estanque de cultivo de truchas de  $340\text{m}^3$  y con un régimen alimentario que contenían un 1% de fósforo en base húmeda. Durante un total de 10 semanas, se midieron y caracterizaron semanalmente los sedimentos al tiempo que se controló la producción, el suplemento de alimentos, las precipitaciones y la captura de peces.

A pesar de su pequeña superficie, el sistema de retención de sedimentos demostró una buena capacidad para colectar el fósforo en partículas. La media diaria registrada fue de 12

gramos de fósforo, lo que representaba aproximadamente el 47% del fósforo en partícula no asimilado por los individuos. Por otra parte, los investigadores notaron que durante el proceso de captura se incrementaban los sedimentos recolectados, alrededor del doble de la medida semanal.

De los resultados obtenidos, se desprende la necesidad de emplear estrategias de gestión eficientes tal que minimicen la producción de fósforo durante el cultivo y, especialmente, durante la captura. A la vista de la eficacia demostrada por el sistema de retención de sedimentos, podría resultar una alternativa para la gestión de residuos en estanques pequeños.



Nº PATENTE	SOLICITANTE	PAÍS	TÍTULO
US2010178655	FLUIDIGM CORP	Estados Unidos	Genotyping a single cell comprises pre-amplifying an amplified genome to produce a pre-amplification reaction mixture comprising amplicons specific for target nucleic acids and amplifying and detecting the amplicons.
TW444533U	JAU N	Taiwan	Device for automatically processing chromosome of oosperm of shellfish.
US2010223679	UNIV WASHINGTON IN ST LOUIS	Estados Unidos	Identifying gene and genetic mutation of cellular regeneration, by subjecting progeny of transgenic fish to cellular ablation and identifying mutations by identifying mutant progeny with alteration in cellular regeneration competency.
US2010212039	ACAD SINICA	Estados Unidos	Genetically modified fish, has genome comprising fusion transgene operably linked to fish gonad-specific promoter that is selected from group comprising fish ovary-specific promoter and fish testis-specific promoter.
CN101775403	UNIV JINAN	China	New full-length cDNA sequence of microcystin degrading enzyme MlrA from Sphingomonas, useful for optimizing culture in water and as feed additive of cultured fish.
CN101748118	INST OCEANOLOGY CHINESE ACAD SCI	China	Extracting prawn intestinal microorganism DNA comprises grinding intestinal tract of prawn, centrifuging, adding cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) extraction solution, adding isopropanol, and adding ethanol.
CN101748131	UNIV SUN YAT-SET	China	New recombinant fish growth hormone gene, useful for preparing growth or propagation regulator for fish

## “AGUADVANTAGE SALMON”, ESPECIE MODIFICADA GENÉTICAMENTE

La práctica acuícola es considerada como una herramienta para reducir la sobre-explotación de los recursos marinos y dar respuesta a la creciente demanda. La biotecnología contribuye al conocimiento de las especies y a la mejora de la producción, lo que ha permitido que cada vez sean más las especies criadas en cautividad.

La empresa biotecnológica AquaBounty Technologies comenzó el desarrollo del salmón transgénico “AguAdvantage Salmon” en 1989. El producto desarrollado combina

artificialmente genes de la hormona del crecimiento de la variedad de salmón Chinook y promotores de la proteína anticongelante de una especie de la familia de los zoarcidos. Estas modificaciones favorecen la producción continuada de la hormona del crecimiento durante todo el año, haciendo que el salmón modificado crezca dos veces más rápido que los salmones silvestres.

Los individuos silvestres necesitan alrededor de tres años para alcanzar el tamaño comercial mientras que los modificados genéticamente requieren de 18 meses aproximadamente.

La empresa indica que el salmón modificado que han desarrollado es seguro y que mantiene el mismo

olor, sabor y textura que el salmón convencional.

La Administración de Alimentos y Fármacos de Estados Unidos (FDA en sus siglas en inglés) está evaluando la aprobación de este producto para el consumo humano.

Hasta el momento, los estudios y datos sobre la calidad y seguridad alimentaria del salmón modificado son más bien escasos. En lo referente a los estudios presentados por la empresa sobre el cambio en la morfología del animal, se desarrollaron con 12 individuos. En el caso de las experiencias para identificar posibles alergias, se emplearon 6 peces fértiles modificados y 6 peces estériles. Los ensayos sobre la salud

de los peces se llevaron a cabo con 120 individuos, número insignificante si se compara con la cantidad comercializada de este producto. De esta forma, la FDA no tiene información suficiente sobre los efectos secundarios ni posibles alergias derivadas del consumo de este producto.

Por otra parte, existe cierta preocupación por el posible escape de los individuos modificados genéticamente. Estudios previos demuestran que el escape de especies cultivadas puede llegar a causar la extinción de las especies salvajes. En este sentido, AguaBounty indica que, de ser aprobada la producción, tan solo criarían hembras estériles para evitar cualquier impacto sobre la especie salvaje en caso de producirse un escape. Adicionalmente, la empresa señala que la producción se llevaría a cabo en sistemas de recirculación instalados en tierra.

Otro aspecto a considerar antes de la aprobación por parte de la FDA es la información del consumidor; el tipo de etiquetado que debería acompañar a este tipo de producto tal que ofrezca información suficiente al consumidor sobre el tipo de producto que se dispone a comprar.

La FDA ha decidido posponer la aprobación de producción del salmón transgénico para consumo humano dada la escasez de datos relativos a la calidad y seguridad alimentaria de este producto. Ha resuelto solicitar estudios adicionales con el fin de aclarar algunos aspectos que no se han resuelto del todo. Por el momento, no se ha marcado una fecha para la resolución.

De ser aprobado, el "AquAdvantage salmon" sería el primer animal modificado genéticamente en llegar a la mesa de los consumidores, aunque tardaría tres años desde la aprobación.

## PCR MULTIPLEX EN DIFERENCIACIÓN GENÉTICA Y ASIGNACIÓN DE PROGENITORES

La lubina es una de las especies acuícolas más importantes en Europa, sobre todo en los países Mediterráneos. Muchas herramientas genéticas desarrolladas hasta el momento han contribuido a evaluar la estructura de las poblaciones tanto salvajes como cultivadas y a valorar las interacciones genéticas entre ellos.

En la actualidad existe gran interés por estudios genéticos poblacionales que contribuyan a mejorar los programas de selección y reproducción lo que precisa de herramientas de etiquetado genético más robustas y económicas.

El departamento de genética de la Universidad de Málaga han desarrollado una técnica de PCR multiplex adaptada a los sistemas de detección automática de ADN, considerando los microsatélites actuales de la lubina.

Los investigadores consideraron inicialmente 12 loci en base a la función desempeñada en estudios previos sobre poblaciones, parentesco familiar y seguimiento del pedigrí.

Tras varias experiencias, consideraron un total de 10 loci de la lubina con elevada variabilidad alélica y elevado Índice de Contenido Polimórfico (PIC) para desarrollar la herramienta Dplex10.

Con el propósito de comprobar la viabilidad de la herramienta en la genética poblacional, consideraron 48 muestras de lubina adulta salvaje de la costa atlántica y otras 58 muestras de la costa mediterránea. Por otra parte, cruzaron 6 hembras y 30 machos en cautividad con el objeto de evaluar el seguimiento del pedigrí.

Las experiencias llevadas a cabo con la herramienta desarrollada, Dplex10, demuestran su capacidad para realizar diferenciaciones genéticas de lubina salvaje además de su efectividad en la asignación de progenitores en poblaciones criadas en cautividad.

Este desarrollo contribuirá al conocimiento de la lubina y con ello a la mejora de los procesos de cultivo. Además, la herramienta genética podría ser empleada para resolver problemas biológicos de esta especie tan importante comercialmente.

## MÉTODO DE SIMULACIÓN DE LOCI GENÉTICO

Cada vez es más extensa la selección artificial en programas sistemáticos de cría. Estas técnicas permiten mejorar los rasgos o características más importantes, desde el punto de vista comercial, de cada una de las especies.

Sin embargo, poco se conoce sobre el impacto que esta selección tiene sobre la variación genética.

Investigadores de la empresa Nofima y Agua Gen han desarrollado una herramienta de simulación que permite evaluar la diferenciación genética en poblaciones cultivadas en granja y poblaciones salvajes.

En el estudio se plantearon dos modelos, uno para observar loci con alta tasa de diferenciación genética en poblaciones obtenidas por reproducción selectiva y en poblaciones salvajes; el segundo modelo se centró en analizar los loci con baja tasa de diferenciación genética en poblaciones derivadas de reproducción selectiva unidireccional.

Las experiencias se llevaron a cabo con 10 poblaciones cultivadas, todas



ellas sujetas al mismo programa de reproducción, y 10 poblaciones salvajes.

Entre los factores considerados para estudiar el poder de detección de loci atípicos, los que mayor influencia presentaron fueron el tamaño efectivo de la población, el número de generaciones desde el comienzo de la selección y el coeficiente de selección que actúa sobre el locus.

La herramienta podría ser aplicada a la mayoría de las especies domesticadas ya que se pueden conseguir con elevada precisión datos como el tamaño efectivo de la población, el número de generaciones desde que se inició la selección y la diferenciación inicial.

La identificación de los loci en reproducción artificial sería de gran valor; ya que estos loci podrían ser empleados para controlar el mantenimiento de variaciones genéticas en las poblaciones sometidas a reproducción y además, para monitorizar los posibles cambios genéticos en poblaciones salvajes en caso de producirse un escape y una interacción entre individuos salvajes y cultivados.

## PRIMER MAPA DEL GENOMA DE LA OSTRAS

Desde el punto de vista económico, la industria de cría de ostras supone unos ingresos de 3,5 mil millones de dólares al año en Estados Unidos y, en China, la producción de ostras supone un cuarto de la acuicultura. Por otra parte, se sabe que existen más de 100 variedades de este molusco alrededor de los continentes, exceptuando las zonas polares.

Sin embargo, la industria acuícola se encuentra con un hándicap y es que aunque las tasas de fecundidad son elevadas, las crías son muy vulnerables y mueren poco tiempo después de su nacimiento.

Tras dos años de investigaciones, un grupo de científicos chinos ha establecido el primer mapa completo del genoma de las ostras. Las experiencias, enmarcadas dentro del proyecto "Oyster Genome Sequence Map", han dado como resultado el primer mapa para los mariscos y la vida marina.

El mapa manifiesta la gran diversidad genética de esta especie ya que se compone de 800 millones de

pares de bases de ADN, cerca de 20.000 genes.

Los investigadores indican que el conocimiento generado hará posible criar ostras con una velocidad de crecimiento mayor y con una tasa de supervivencia más elevada, lo que repercutirá en un beneficio económico directo.

Por otra parte, el mapa de secuenciación del genoma permitirá mejorar algunas características que dificultan la producción y transformación de las ostras. Entre ellas, los investigadores destacan la necesidad de buscar el gen responsable de la capacidad de adherirse a diversas superficies, como a los buques o tuberías, haciendo que puedan crecer de forma independiente; por otra parte, el gen responsable de la super-viscosidad la cual dificulta las aplicaciones industriales.

Los resultados alcanzados suponen un gran avance para el sector acuícola y abre nuevas posibilidades para la producción de esta especie tan preciada. Investigaciones futuras van a orientarse al estudio de genes individuales con el propósito de mejorar la producción de las ostras.

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:

