



## Biotecnología aplicada a la acuicultura

### Una antigua práctica

La producción de peces en estanques es una práctica antigua. Se cree que probablemente fue desarrollada por los primeros agricultores como otra herramienta para la producción primaria de alimentos. Las referencias más antiguas sobre esta práctica datan de hace aproximadamente 4000 años, en China, y de 3500 años, en la Mesopotamia. En la China antigua, durante la dinastía de Han Oriental (25 a 250 d.C.) fue documentada la producción combinada de arroz y de peces.

La acuicultura está mucho más relacionada a la agricultura y a la ganadería que a la pesca, pues implica la cría y el manejo de los recursos acuáticos vivos en un medio ambiente restringido.

A diferencia de la pesca y de la caza, en donde se colectan animales a partir de recursos de acceso común o libre, la acuicultura implica la existencia de derechos de tenencia y de propiedad de dichos recursos. La posesión de los medios de producción y los derechos de propiedad sobre la producción son tan importantes para el éxito de la acuicultura, como la tenencia de la tierra lo es para la agricultura.

En la actualidad, la acuicultura implica algo más que la cría de peces en estanques. La FAO –Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación– define la acuicultura como *la explotación de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas*. El término “explotación” implica cierta forma de intervención en el proceso de cría con la finalidad de mejorar la producción, y presupone que las personas o asociaciones que la realizan son propietarios de la población bajo cultivo.

La acuicultura industrializada moderna es una actividad con un fuerte componente científico-técnico y se encuentra asociada a diversas disciplinas tales como la biología, la ingeniería y la economía. Las ramas de la biología más directamente implicadas en la producción acuícola son la fisiología, la etología, la genética, la ecología, la patología y la biotecnología.

### Técnicas modernas en acuicultura

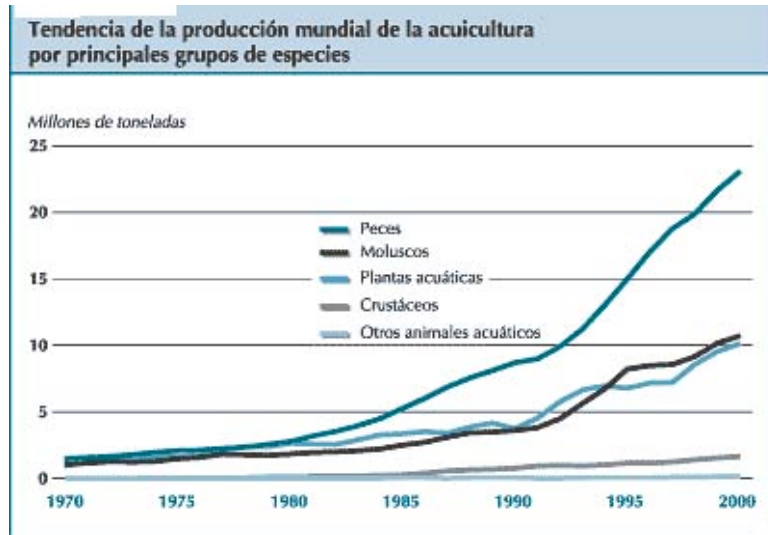
En 2000, la producción total notificada de la acuicultura (incluidas plantas acuáticas) fue de 45,7 millones de toneladas en peso. Según los informes, China produjo el 71 por ciento del volumen total y el 49,8 por ciento del valor total de la acuicultura. Más de la mitad de la producción total mundial de la acuicultura en 2000 consistió en peces propiamente dichos, y continúa hasta la fecha el aumento de la producción de los principales grupos de especies sin que se registre ningún descenso aparente (ver

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



millones de toneladas.

mapa). La producción mundial de plantas acuáticas ascendió a 10,1



Estadísticas de la FAO del año 2000 indicaban que la producción de alimentos provenientes del medio acuático era cercana a 137 millones de toneladas métricas, de las cuales casi el 31% provenían de actividades de cultivo. La FAO también proyectó que, para satisfacer las necesidades de la población humana del 2025, la producción total debería aumentar a 165 millones de toneladas métricas. Este aumento significativo no puede provenir de las capturas de especies silvestres sin causar serios daños a los ecosistemas marinos, lagos y ríos. En consecuencia, el aumento en la producción de alimentos de origen acuático debe necesariamente provenir de un aumento en la eficiencia en la producción de estas especies cultivadas.

Para satisfacer las necesidades futuras, es necesario expandir la capacidad productiva a un amplio rango de recursos acuáticos incluyendo algas, peces, moluscos y crustáceos. Esto sólo se puede lograr a través de amplios esfuerzos en investigación en acuicultura en el ámbito mundial, basados en un sólido conocimiento de la biología reproductiva, del crecimiento y de la genética de las especies cultivadas.

Entre las áreas de investigación en desarrollo se encuentran: la maduración de reproductores, manejo de gametos, manipulaciones cromosómicas, control del sexo, incubación y desarrollo larvario, desarrollo embrionario y metamorfosis, nutrición, crecimiento, salud, genética, bancos de genes y transgénesis (obtención de organismos genéticamente modificados).

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



- Inducción de maduración

La mayoría de las especies acuáticas

no maduran normalmente en condiciones de cautiverio, especialmente cuando las variables ambientales que determinan el desarrollo de gonadas y la maduración de gametos están alteradas. En ciertas circunstancias es necesario acelerar o retrasar la maduración, a fin de sincronizar la producción de

gametos de machos y hembras, de adelantar o desfasar el desarrollo embrionario y la producción de juveniles, o facilitar la hibridización o cruzamiento de especies distintas que difieren en sus períodos de maduración.

Para inducir la maduración sexual, se utilizan varias técnicas, desde el uso de preparaciones conteniendo gonadotropinas (hormonas), hasta el uso de compuestos que estimulan la síntesis y liberación de gonadotropina propias de los peces. Las investigaciones sobre los mecanismos fisiológicos que regulan la maduración y los métodos farmacológicos usados en condiciones artificiales, permiten desarrollar y sintetizar compuestos bioactivos análogos a hormonas de mamíferos o peces, que son efectivos en peces teleósteos. A medida que avanza el conocimiento de los aspectos endocrinológicos que regulan la reproducción de organismos acuáticos, se perfeccionarán los métodos para promover la maduración de especies en cautiverio, incluyendo peces y moluscos, y el desarrollo de estrategias reproductivas en crustáceos.

- Control del sexo

En varias especies de peces y en algunos crustáceos, los animales de un sexo poseen mejores características productivas que aquellos del otro sexo. Estas características pueden incluir crecimiento más acelerado o maduración tardía.

Por ejemplo, los machos de los salmónidos maduran en promedio un año antes que las hembras. Los cambios secundarios causados por la maduración reducen el valor de mercado y obligan al productor a cosechar el producto antes de que haya logrado su crecimiento potencial completo. En algunos casos, como en el cultivo de tilapias, el cultivo monosexo, preferentemente machos, permite impedir la reproducción precoz durante la fase de crecimiento. La aplicación de técnicas de control de sexo también es necesaria para el aislamiento reproductivo de organismos genéticamente modificados, OGMs, impidiendo así interacciones con especies silvestres.

El control del sexo en organismos acuáticos cultivados se logra usando métodos endocrinos o manipulación de cromosomas.

Los métodos endocrinos implican el uso de compuestos androgénicos o estrogénicos durante las primeras etapas de desarrollo, que permiten obtener peces de un determinado sexo, sobrepasando la determinación sexual genética (la que viene

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N°

determinada por los cromosomas sexuales). En ciertas especies es también posible usar esteroides sexuales para la inversión sexual de peces, que pueden producir gametos monosexo (carentes de cromosomas que determinan el sexo opuesto). Por ejemplo, en Chile se usan neo-machos (machos que producen espermatozoides con cromosomas que determinan la formación de hembras solamente), para la producción de poblaciones hembra en truchas y en salmón del Atlántico.

En muchos casos se emplean sondas (porción pequeña de ADN de simple cadena que permite “detectar” un gen o segmento de ADN de interés (ver Cuaderno N° 67) para la

detección de ciertas secuencias que identifican al cromosoma Y (determinante de masculinidad). Esta técnica facilita la selección de peces según sus características sexuales genéticas (genotipo), independientemente de su sexo funcional o fenotipo. Las técnicas de manipulación de juegos de cromosomas suelen ser usadas en combinación con métodos endocrinos. La inducción de hembras triploides (con tres juegos o sets completos de cromosomas) permite generar individuos estériles. Salmones y truchas triploides de sexo femenino solamente, han sido generados también en Chile con el objeto de optimizar características productivas y eliminar maduración precoz que tiene lugar en los machos.

- Genética molecular y diagnóstico

Los avances desarrollados en los últimos años, especialmente luego de la implementación de la técnica de “Reacción en Cadena de la Polimerasa” o PCR (Ver Cuaderno N° 67), han permitido perfeccionar los estudios en áreas de genética y reproducción, agentes patógenos y evaluación del estado sanitario de los peces. Por ejemplo, se han desarrollado técnicas que permiten la detección de salmones escapados de jaulas de cultivo viviendo en el ambiente natural, a fin de evaluar posibles impactos ambientales. Por otra parte, un ensayo basado en PCR con el cual se estudian secuencias nucleotídicas correspondientes al cromosoma Y, permite la rápida detección del sexo genético en varias especies de salmónidos. Además, los organismos acuáticos cultivados pueden ser afectados por una variedad de patógenos incluyendo virus, bacterias y parásitos. La detección temprana de estas patologías puede ser difícil mientras los síntomas de la enfermedad no son evidentes. Sin embargo, técnicas moleculares y pruebas basadas en ADN permiten detectar las secuencias específicas de ciertos patógenos e identificar estas secuencias foráneas en el ADN de los organismos huéspedes (peces) expuestos a infección.

**"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.**



Las técnicas moleculares permiten también detectar la expresión de genes que codifican enzimas involucradas con la excreción de compuestos orgánicos nocivos que pueden provenir de fuentes naturales o industriales (compuestos aromáticos policlorados, PCBs, compuestos aromáticos polinucleados, PAHs, y dioxinas). De esta manera, si se determina la expresión de estos genes, significa que los organismos acuáticos han sido expuestos a contaminación ambiental.

- Organismos genéticamente modificados

La modificación genética de especies acuáticas puede incrementar la cantidad y la calidad de los productos de la acuicultura.

Se han identificado varios genes de interés que pueden transferirse a distintas especies. Por ejemplo, entre los genes que se han identificado figuran los que producen:

- *hormonas de crecimiento* para incrementar el crecimiento y la eficiencia
  
- la *proteína anticongelante* para incrementar la tolerancia al frío y el crecimiento
- la *lisozima* para elevar la resistencia a las enfermedades
- las *hormonas prolactinas* que influyen en la incubación, regulación osmótica, comportamiento y metabolismo general.

Algunos genes pueden crear una «pérdida de función». Por ejemplo, pueden bloquear la emisión de gonadotropina, retrasando o reduciendo así la reproducción. Estudios experimentales sobre organismos transgénicos demostraron que pueden mejorarse las tasas de crecimiento y otras características comercialmente importantes, como la resistencia a enfermedades y la tolerancia al medio ambiente. En el ámbito mundial, se están desarrollando más de una docena de peces transgénicos y otros más se hallan en las fases iniciales de desarrollo o se están utilizando en investigaciones básicas sobre actuación, fisiología y desarrollo de los genes. Sin embargo, aún ninguno de estos eventos se encuentra en etapa de comercialización. Estos eventos se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 1: Algunos organismos acuáticos transgénicos en estudio para su uso en acuicultura**

(Nota: PAC = gen de proteína anticongelante de peces planos del Ártico.  
HC = gen de hormona de crecimiento.)

Especies	Gen extraño	Efectos deseados y observaciones	País
----------	-------------	----------------------------------	------

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Salmón del Atlántico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PAC</li> <li>• PAC + HC de salmón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolerancia al frío</li> <li>• Mayor crecimiento y eficiencia de la alimentación</li> </ul>	Estados Unidos, Canadá
Salmón Coho	HC de salmón real + PAC	Después de un año aumento de 10 a 30 veces del crecimiento	Canadá
Salmón real	PAC, HC de salmón	Mayor crecimiento y eficiencia de la alimentación	Nueva Zelanda
Trucha arco iris	PAC, HC de salmón	Mayor crecimiento y eficiencia de la alimentación	Estados Unidos, Canadá
Trucha <i>clarki</i>	HC de salmón real + PAC	Mayor crecimiento	Canadá
Tilapia	PAC, HC de salmón	Mayor crecimiento y eficiencia de la alimentación; herencia estable	Canadá, Reino Unido
Tilapia	HC de tilapia	Mayor crecimiento y herencia estable	Cuba
Tilapia	Gen productor de insulina de tilapia modificado	Producción de insulina humana para diabéticos	Canadá
Salmón	Gen lisosoma de trucha arco iris y gen pleurocidina de platija	Resistencia a enfermedades, todavía en desarrollo	Estados Unidos, Canadá
Lubina estriada	Genes de insectos	Resistencia a enfermedades, todavía en primeras fases de investigación	Estados Unidos
Locha de fango	HC de locha de fango + genes promotores de locha de fango y ratón	Mayor crecimiento y eficiencia en la alimentación Aumento de 2 a 30 veces en el crecimiento, transgén heredable	China, República de Corea
Coto punteado	HC	Crecimiento mejor en 33% en condiciones de cultivo	Estados Unidos
Carpa común	HC de salmón y humano	Crecimiento mejor en 150% en condiciones de cultivo, mejor resistencia a enfermedades; tolerancia a poco oxígeno	China, Estados Unidos
Carpa india	HC humano	Mayor crecimiento	India
Pez dorado	HC, PAC	Mayor crecimiento	China
Orejas de mar	HC de salmón Coho + varios promotores	Mayor crecimiento	Estados Unidos
Ostras	HC de salmón Coho + varios promotores	Mayor crecimiento	Estados Unidos

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## Salmones de rápido

### crecimiento

Estos salmones transgénicos que crecen dos veces más rápido que lo normal, fueron desarrollados por la compañía Aqua Bounty Technologies. Este animal se encuentra en las últimas etapas del sistema regulatorio de Estados Unidos, la FDA, que aún no aprobó ningún animal transgénico para consumo. Si es aprobado, este salmón sería el primer producto de este tipo en el mercado, y es probable que esto ocurra en 2008. En el salmón normal, el gen que controla la producción de hormona de crecimiento se activa con la luz, de modo que el pez crece sólo durante los meses soleados del verano. Pero al agregarle a este gen una "secuencia promotora" de otra especie (*Macrozoarces americanus*, un pez típico del Atlántico Norte), el salmón produce la hormona de crecimiento durante todo el año. Este salmón genéticamente modificado no es diferente, ni en apariencia ni en sabor, al convencional, pero puede ser muy diferente para los productores. La compañía estima que los productores podrían disminuir los costos un 35% por pescado, duplicando la producción.

Por otro lado, la FDA le exigió a la compañía que respondiera con una enorme cantidad de información sobre el salmón transgénico: la descripción del transgén, en qué lugar del genoma del salmón está insertado, si no afecta la expresión de otros genes y si se

transmite de generación en generación. La FDA debe garantizar la bioseguridad de este pescado para los consumidores. Un desafío para la compañía fue la de alejar el temor de que si este salmón se escapa al océano podría aparearse con sus pares silvestres, terminando con la población mundial de salmones silvestres. Para evitar ese problema, la compañía decidió solicitar la aprobación sólo para salmones estériles o para los que sólo se crían en cautiverio. De todos modos hay estudios, como el realizado por la Universidad de Purdue, que indican que para que un pez transgénico desplace a su par no transgénico el macho debe ser más grande, para tener alguna ventaja durante la época de apareamiento. Pero este salmón crece más rápido, no es más grande que el común, y además son hembras.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N°



**Epígrafe:** cuatro especímenes de salmón de la misma edad. Los tres superiores son transgénicos para la hormona de crecimiento, el cuarto es un salmón silvestre.

## Seguridad ambiental

Una consideración esencial para la transferencia de tecnologías genéticas al sector de la acuicultura es que éstas deben aplicarse de una manera inocua para el medio ambiente, protegiendo debidamente la diversidad acuática nativa.

Las cuestiones ambientales se centran en la importación y liberación en el medio ambiente de los OGM. Estos organismos pueden introducirse en el medio ambiente con una finalidad, como en programas de fomento de poblaciones, o accidentalmente, a causa de fugas de la acuicultura. Incluso en instalaciones de acuicultura limitadas existe una cierta probabilidad de que estos organismos escapen.

En muchos sectores existe la preocupación de que los OGM ejerzan un impacto perjudicial en la biodiversidad local, porque harán aumentar la capacidad predatoria o competitiva, o se mezclarán con especies afines y perturbarán la diversidad genética local. Sin embargo, los científicos afirman que estos organismos estarán muy domesticados, tendrán muy poca adaptación en el medio silvestre y, por lo tanto, no competirán con éxito con peces silvestres.

Distintas leyes, directrices y códigos de conducta internacionales reglamentan la utilización sostenible y conservación de la diversidad genética acuática. Tales instrumentos representan un paso importante para la utilización responsable de los OGM.

Existen soluciones técnicas al problema del impacto ambiental. La producción de OGM estériles reduciría su impacto en la diversidad genética nativa haciendo imposible la procreación en caso de que escapen a un entorno silvestre.

La adopción de sistemas cerrados y la ubicación de las granjas en zonas sin riesgos ambientales sería otra de las formas de reducir el impacto de los OGM. Los "El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.





# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N°

promotores comerciales de OGM consideran que, al aumentar la

eficiencia de la producción, las granjas con sistemas cerrados y situadas lejos de determinadas zonas (por ejemplo de la costa) serían rentables.

Las soluciones al problema de la utilización de los OGM llegarán solamente cuando se tengan en cuenta todos los aspectos de esta complicada cuestión. Técnicamente, deberá disponerse de una buena base científica con ensayos y seguimientos adecuados para reducir las incertidumbres del impacto ambiental. Paralelamente, se debe dar alta prioridad a la necesidad de información de los consumidores sobre la aplicación de la ingeniería genética.

## Sostenibilidad

Durante los tres últimos decenios, la acuicultura ha crecido, se ha diversificado, se ha intensificado y ha registrado adelantos tecnológicos. El potencial de estos avances para mejorar la seguridad alimentaria local, mitigar la pobreza y mejorar los medios de subsistencia rurales es ampliamente reconocido. La Declaración y Estrategia de Bangkok (Red de centros de acuicultura de Asia y el Pacífico y FAO, 2000) subraya la necesidad de que el sector acuícola continúe desarrollándose hasta alcanzar todo su potencial, y de que aporte una contribución neta a la disponibilidad de alimentos mundial, la seguridad alimentaria interna, el crecimiento económico, el comercio y la mejora de los niveles de vida.

## CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

El tema de este Cuaderno plantea cierta complejidad ya que aplica conceptos de endocrinología, de genética y de biotecnología moderna a una actividad productiva, y esto requiere ciertos conocimientos previos. Particularmente se sugiere trabajar aspectos vinculados con la reproducción sexual, las gametas que intervienen en la

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N°

fecundación, y la información genética que transmiten las

gametas a sus crías, lo que determina sus características. Asimismo, se deben trabajar aspectos vinculados con la ingeniería genética y la modificación genética de organismos (OGM o transgénicos) para lo cual se sugiere releer los Cuadernos N° 1-5 que ofrecen una introducción al tema, y el Cuaderno N° 9 que introduce el tema de modificación genética de animales.

Independientemente de la comprensión de estos procesos, hay dos ideas centrales que se sugiere trabajar con alumnos a partir de este texto:

1. **el aprovechamiento de los recursos naturales en el marco de un desarrollo sustentable;**
2. **los mecanismos de regulación y control que garantizan la bioseguridad alimenticia y ambiental de los productos OGM.**

En este sentido se desarrollan acá algunas ideas que pueden resultar de utilidad para el docente en el marco de la enseñanza de estos temas:

- Al igual que otras actividades humanas, como la agricultura, la acuicultura no es nueva y fue sufriendo cambios a medida que el hombre buscó la manera de mejorar sus fuentes de alimentos. En ambos casos se pretende cubrir las demandas alimenticias de una población mundial en crecimiento y con recursos naturales limitados.
- Durante las décadas de 1970 y 1980 empezó a quedar claro que, en nombre del desarrollo, los recursos naturales se estaban agotando y se estaban produciendo cambios imprevistos en el ambiente a una velocidad mayor que la posibilidad de revertir sus causas y efectos. Desde entonces, ministros, científicos, diplomáticos y legisladores del mundo comenzaron a organizar audiencias públicas para examinar estas cuestiones. En 1972 se fundó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente (PNUMA) destinado a promover la cooperación internacional en materia ambiental. El objetivo era elaborar propuestas que hicieran compatible el desarrollo y la conservación del ambiente, una idea a la que se llamó **desarrollo sustentable**. La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, define el desarrollo sustentable como **“aquel que satisface las necesidades actuales de la humanidad sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”**.
- La sustentabilidad también es una condición que debe tenerse en cuenta para actividades como la acuicultura. Los acuicultores, a diferencia de los pescadores, se benefician ya que, en su intento de rebajar los costos de producción y obtener mayores ingresos, pueden trabajar por mejorar tanto el pescado como los métodos de

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



- producción empleados, mientras que los pescadores tienen que centrar su atención en los artes y métodos de pesca. No obstante, la libertad de los acuicultores para mejorar el pescado está limitada por la necesidad de considerar los efectos de peces nuevos o modificados en el ecosistema acuático y la salud humana.
- Para esto se implementan tecnologías que permiten un aumento de productividad sin alterar o poner en riesgo el ecosistema, y se establecen estrictas normas de control para asegurar la bioseguridad de los productos para los consumidores. También se examina cuidadosamente la seguridad ambiental, incluyendo a especies acuáticas nativas. Las políticas encaminadas a conservar el ecosistema acuático ejercen un impacto tanto en los pescadores de captura como en los acuicultores, y los responsables de las políticas se verán cada vez más obligados a asegurar que tales políticas funcionen.
  - El tema de los alimentos modificados genéticamente y de sus derivados abre una polémica en la que participan diferentes actores sociales, y que involucra aspectos éticos, sociales, económicos y políticos. El planteo de los argumentos a favor y en contra, y su difusión resultan fundamentales para que los consumidores puedan realizar una decisión informada y conciente acerca de su consumo.

Respecto de la regulación y controles de organismos genéticamente modificados, se sugiere consultar el sitio de ArgenBio -Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología, en [http://www.argenbio.org/h/biotecnologia/19\\_a.php](http://www.argenbio.org/h/biotecnologia/19_a.php) y el **Marco Regulatorio de la Biotecnología Agropecuaria en La República Argentina** en el sitio de la Secretaría de Agricultura, ganadería, Pesca y Alimentación- en [http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/biotecnologia/marco\\_reg.php](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/biotecnologia/marco_reg.php)

## CONCEPTOS RELACIONADOS

Reproducción sexual (gonadas, gametas, desarrollo embrionario, etc.), acción hormonal, recursos naturales (renovables y no renovables), desarrollo sustentable, organismos transgénicos (OGM), bioseguridad.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## ACTIVIDADES

### Actividad 1: Análisis de texto

El objetivo de esta actividad es la comprensión de un texto noticioso vinculado con los conceptos trabajados en el Cuaderno

#### “Carpa india OGM con crecimiento más rápido”

Extraído de la Sección Novedades de <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>

Publicado el 18/03/2004

Según publica el diario Times of India, científicos hindúes han obtenido una transformación genética en una especie de carpa asiática (Rohu, *Labeo rohita*) que produce más hormona de crecimiento y crece entre seis y siete veces más rápido que una carpa normal. Este tipo de carpa es un pez de gran importancia económica en la India. Aunque se trata de una transformación mediante el uso de la ingeniería genética, no se trata de la incorporación de un gen de otra especie, ya que los genes insertados para producir la hormona son los propios de la carpa. La carpa OGM tiene, además de los genes propios, más copias insertadas para producir así más hormona de crecimiento. Actualmente existen ya salmones OGM, aunque no se producen aún de forma comercial. Se trata de salmones atlánticos, con dos genes insertados, uno de salmón chinook, una especie emparentada y otro de *Macrozoarces americanus*, otra especie más alejada. En estos peces se produce hormona del crecimiento todo el año, no sólo en el verano, por lo que estos salmones crecen tres veces más rápido que los normales.

Para analizar el texto, indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F)

1. El texto habla sobre peces mejorados por técnicas de hibridación.
2. Se obtuvieron peces con mayor crecimiento al cruzar la carpa asiática y el salmón chinook.
3. La carpa asiática es transgénica.
4. La carpa asiática produce mayor cantidad de hormona de crecimiento.
5. Los genes que codifican para la hormona de crecimiento de la carpa asiática son de origen humano.
6. Los genes insertados para producir la hormona son los propios de la carpa asiática.
7. En la carpa transgénica se insertaron muchas copias del mismo gen para que produzca más cantidad de hormona de crecimiento.
8. Los salmones transgénicos que se nombran en el texto son híbridos entre el salmón chinook y *Macrozoarces americanus*
9. A los salmones transgénicos se le insertaron genes para la hormona de crecimiento provenientes del salmón chinook y de *Macrozoarces americanus*.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N°

10. Estos salmones son tres veces más grandes que

los normales.

Respuesta:

- |      |       |
|------|-------|
| 1. F | 6. V  |
| 2. F | 7. V  |
| 3. V | 8. F  |
| 4. V | 9. V  |
| 5. F | 10. F |

## Actividad 2: Juego de Rol: “El sumo-salmón”

Extraído de EIBE (European Initiative for Biotechnology Education), 1998. Unidad 11.

<http://www.eibe.info>

### Presentación del juego

Este juego de rol es un ejercicio de toma de decisiones. Los alumnos se enfrentan a una situación imaginable pero ficticia. Tienen que decidir si aprueban a no la implantación de una piscifactoría dedicada a la producción de salmón gigante transgénico (el “sumo-salmón”) en una localidad costera.

En esta actividad se describen diez personajes. Un grupo de alumnos pueden tomar un rol, y otros pueden desempeñar el papel de observadores. Los personajes están a favor o en contra de la producción de salmón transgénico y participan en un debate público que ha convocado el intendente.

### Objetivos de la actividad:

Al participar en un juego de rol los estudiantes aprenden a:

- Comprender que la toma de decisiones puede ser compleja cuando se ven implicadas importantes cuestiones sociales-económicas, éticas y ecológicas.
- Comprender los principios que fundamentan la ingeniería genética.
- Expresar y defender, o bien criticar, los puntos de vista de las personas a las que representan.
- Distinguir entre el discurso descriptivo (descripción de hechos) y el discurso normativo (evaluación de hechos) en un discurso.

### Secuencias de actividades sugeridas

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N°

- 1) En primer lugar, se sugiere presentar el tema e introducir a los alumnos a distintos conceptos, como los de ingeniería genética, transferencia del gen de la hormona de crecimiento u otros temas que el docente considere pertinente.
- 2) Los alumnos pueden expresar y justificar sus opiniones sobre el establecimiento de una piscifactoría de sumosalmón (duración aproximada: 15 min.)
- 3) Luego se reparten las tarjetas con cada personaje, al azar. Los alumnos hacen una lista de preguntas que desean plantear y los argumentos desde el punto de vista de su personaje (15 min.).
- 4) En este momento, el docente reparte carteles que identifiquen a los distintos personajes, para que los alumnos participantes conozcan a todos los protagonistas.
- 5) A continuación tiene lugar el juego de rol (entre 30 y 45 min.). El docente desempeña el papel de intendente. Presenta el juego y es el responsable de medir el tiempo y de animar a los estudiantes a exponer sus ideas, intercambiar sus preguntas y argumentar sus opiniones.
- 6) El docente pide al grupo que tome una decisión conjunta sobre el tema propuesto para exponerla en la próxima reunión del consejo local. Además, el proceso de toma de decisiones se puede analizar con ayuda del grupo de observadores (15 min.).

### Presentación del contexto

En un pueblo costero cercano a un puerto pesquero, un piscicultor, Juan Wolff, está planeando criar salmón genéticamente modificado que presenta un crecimiento más rápido, llamado "sumo-salmón" (nombre creado a partir del nombre dado a los luchadores japoneses). La población local está preocupada por el proyecto. Un grupo en el que se integran pescadores, consumidores, conservacionistas y piscicultores tradicionales ha formado un comité para luchar contra este proyecto. Sin embargo, Juan Wolff cuenta con el apoyo del propietario de la fábrica de conservas, científicos y parte del consejo local. El alcalde ha decidido convocar un debate público con especialistas en la materia.

### Personajes

<b>Juan Wolff (piscicultor)</b>
---------------------------------

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Tiene unos 30 años. Acaba de hacerse cargo de la piscifactoría familiar. Debe pagar las participaciones que corresponden a sus hermanos como parte de la herencia. El precio del salmón está bajando debido al exceso de producción internacional. Para hacer frente a sus obligaciones, quiere aumentar la productividad de su factoría sin aumentar los costos de producción. Por lo tanto, planea criar un salmón que sea más grande en menos tiempo. Durante su formación oyó hablar sobre la producción de sumosalmón. Está negociando un contrato con el dueño de la fábrica de conservas.

**CAPITÁN MÁRQUEZ (dueño de la fábrica de conservas)**

Tiene unos 50 años. Ha heredado la fábrica de conservas. Produce diferentes tipos de conservas de pescado: sardinas, atún, caballa y salmón ahumado. Sus proveedores son pescadores y piscicultores locales. Para adaptarse a los cambios de la sociedad, planea establecer una industria de procesamiento para producir platos de pescado precocinados. A tal fin, necesita una provisión fija de grandes cantidades de salmón. Espera que Juan Wolff consiga llevar a cabo su proyecto de criar el sumosalmón y convertirse en su proveedor.

El sumosalmón dará un mayor número de filetes de tamaño similar y su carne parece una buena materia prima para elaborar platos precocinados bajos en calorías. Dado que la demanda de este tipo de alimentos ha aumentado, espera un razonable valor añadido del producto sano y aumentar por tanto las ventas. Sin embargo, le preocupa un posible rechazo por parte de algunos consumidores, al vender peces genéticamente modificados.

**GABRIEL PÉREZ (piscicultor tradicional)**

Tiene 55 años. Se dedica a la cría tradicional de salmón. Las prácticas de pesca intensiva han disminuido los recursos naturales por lo que los niveles de captura de salmón silvestre han descendido en los últimos años y por ello el precio ha subido. Como muchos otros, decide abrir una piscifactoría de salmón, bastante costosa. Sin embargo, al cabo de un tiempo, el exceso de producción provocó la caída de precio del salmón. Naturalmente le preocupa el proyecto del sumosalmón. Todavía espera mantener sus ventas con los consumidores que prefieran el salmón "natural".

**IVÁN LEVIN (patrón de barco pesquero)**

Tiene 50 años. Ha trabajado en un barco desde los 14 años. Pesca una gran variedad de peces. La crianza del salmón en piscifactoría supone una competencia cada vez mayor para su actividad. Sin embargo, piensa que los consumidores serán capaces de diferenciar y apreciar el sabor del pescado recién extraído del mar.

Ha oído hablar que las "jaulas" de las piscifactorías de salmón no siempre retienen los peces "domésticos". Se dice que hay muchos peces "domésticos" que han escapado de las jaulas sumergidas en mar abierto durante las tormentas. Entre el 5 y 30% de los peces que se pescan en el mar proceden de piscifactorías. ¿Y qué pasaría si ese sumosalmón se escapara accidentalmente? ¿Dañaría el ecosistema? Por supuesto, está bastante preocupado por el tema.

**NATALIA LANDE (estudiante de ciencias de la comunicación)**

Tiene 20 años. Le gustaría encontrar trabajo en el sector publicitario. Le entusiasman las novedades y por eso participa en este debate. En principio está entusiasmada con el proyecto de crianza del sumosalmón. Cree que es necesario moverse al compás de los

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



tiempos e innovar. Presta especial atención a su dieta, le gustan los platos precocidos y los alimentos bajos en calorías.

**FRANCISCO LEFUR (gastrónomo)**

Tiene 50 años y es abogado. Preside una asociación de gourmets y ha escrito un libro sobre gastronomía tradicional. Su pescadero asegura que el pescado que vende no procede de piscifactorías. Piensa que la cría de sumosalmón es un escándalo: "Un gen humano puede haber sido implantado en el salmón y prácticamente pretenden hacernos comer carne humana!". Para él, la producción de animales transgénicos es antinatural. Estos animales podrían ser portadores de enfermedades desconocidas. Cree que es necesario estar atento.

**JUAN NATUR (líder de una asociación ecologista)**

Tiene 30 años. Forma parte del grupo de oposición y suele estar en desacuerdo con el alcalde. Está informado sobre la investigación que se ha llevado a cabo con el sumosalmón y desapruueba por completo el proyecto de Juan Wolff. En su opinión, los mares están repletos de peces domésticos que han escapado de las jaulas sumergidas en mar abierto durante las tormentas. Entre el 5 y 30% de los peces que se pescan en el mar proceden de piscifactorías. Se plantea muchas preguntas: si este salmón se escapara, ¿deberíamos temer un desequilibrio del ecosistema? Entonces, ¿el sumosalmón no contribuye a la reducción de la biodiversidad? ¿Sería posible que se transmitiera el transgén a las poblaciones de salmones silvestres? ¿Cuáles serían las consecuencias? ¿Qué medidas habría que tomar para que el sumosalmón no se escapara?

**ALEX GARCÍA (investigador)**

Tiene 45 años. Lleva a cabo una investigación sobre la fisiología de los peces. El alcalde le ha pedido que participe en el debate público como experto. Naturalmente, está familiarizado con la investigación acerca del sumosalmón. En su opinión, la transgénesis no tiene una alta tasa de eficiencia (sólo un 6,2% de los alevines que sobreviven expresan el transgén) y con la caída de precios del salmón "clásico", cree que la validez económica de la producción del sumosalmón debe ser estudiada. Sabe que muchos peces "domésticos" han escapado de las jaulas sumergidas en mar abierto durante las tormentas. Entre el 5 y 30% de los peces que se pescan proceden de piscifactorías. Sabe que se está llevando a cabo una investigación sobre el peligro ecológico que supondría el sumosalmón en caso de que se escapara. ¿Deberíamos temer un desequilibrio del ecosistema? ¿El sumosalmón contribuye a la reducción de la biodiversidad? Con el fin de evitar la transmisión del transgén a las poblaciones salvajes, su equipo de investigación está trabajando en métodos de esterilización del sumosalmón.

**ESTELA JUÁREZ (madre joven)**

Tiene 25 años. Ha estudiado Geografía en la Universidad. Es la madre de Luis que acaba de cumplir un año. Considera que su alimentación es importante y suele comprar productos orgánicos. Asimismo, recurre a la medicina alternativa para su tratamiento. Está en contra de cualquier tratamiento antinatural, por supuesto, está en contra de los productos de animales transgénicos, en especial el sumosalmón. En especial, teme que estos productos invadan el mercado sin advertir su procedencia en las etiquetas, como suele pasar con los alimentos que han recibido radiaciones para prolongar su vida útil o

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.





con la carne de vaca de ejemplares criados a base de hormona.

**FELIX ADAMS (estudiante de biotecnología)**

Es africano. Tiene 28 años y está realizando un Doctorado bajo la supervisión de Alex García. Tiene una beca para investigar la producción de peces transgénicos en África, es decir, la producción de peces que puedan expresar la hormona de crecimiento. Esta biotecnología se considera de gran importancia en su país, ya que existe un gran problema de malnutrición. La producción de peces en menos tiempo podría aumentar la disponibilidad de proteínas.

**OBSERVADORES**

Deben analizar el debate y ser capaces de distinguir entre dos tipos de discursos:

- Discurso descriptivo: descripción de hechos, por ejemplo: “la ingeniería genética puede hacer que el salmón crezca más rápido”
- Discurso normativo: evaluación de hechos o acciones, por ejemplo: “es malo modificar genéticamente al salmón, los seres humanos no deben modificar la naturaleza”

Deben juntar toda la información de los discursos de los participantes y clasificarlos en descriptivos y normativos. Anotar los puntos a favor y en contra en una tabla. Seleccionar los mejores argumentos y resumirlos. Hacer una devolución a los panelistas para dar su visión acerca de la verosimilitud y solidez de sus argumentos.

**MATERIAL DE CONSULTA**

1. <http://www.fao.org/docrep/005/y7300s/y7300s04.htm#k> Examen mundial de la pesca y la acuicultura. FAO. 2002. Bangkok, Oficina Regional de la FAO para Asia y el Pacífico.
2. <http://www.fao.org/Biotech/sector4.asp?lang=es> Artículo de FAO. Pesca: Las biotecnologías genéticas en la pesca y la acuicultura.
3. <http://www.iim.csic.es/MaryPesca/Octubre2002/Pagina4.html> Artículo: “Biología molecular, una herramienta para la salud de la acuicultura.”
4. <http://www.iim.csic.es/biotecnologiayacuicultura.htm> Sitio sobre Biotecnología y acuicultura del Instituto de Investigaciones Marinas (IIM), perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España.
5. <http://www.eibe.info> Animales transgénicos. Unidad 11. Iniciativa Europea para la educación en biotecnología (EIBE). Es un sitio recomendado que aborda diversos temas de biotecnología. Algunas de las secciones, entre ellas la de animales transgénicos, están traducidas al español. Incluye información, aclaraciones para el docente, actividades, ilustraciones, análisis de casos, y otros recursos didácticos.
6. [http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/pesca/acuicultura/Perspectivas\\_en\\_Acuicultura.pdf](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/pesca/acuicultura/Perspectivas_en_Acuicultura.pdf) Completo informe de la FAO sobre acuicultura mundial, regional y local, 2004

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N°

### 7. Cultivos transgénicos. Introducción y guía a

recursos. [http://cls.casa.colostate.edu/CultivosTransgenicos/sp\\_risks.html](http://cls.casa.colostate.edu/CultivosTransgenicos/sp_risks.html)  
Riesgos y preocupaciones. Universidad del estado de Colorado. 2004

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.