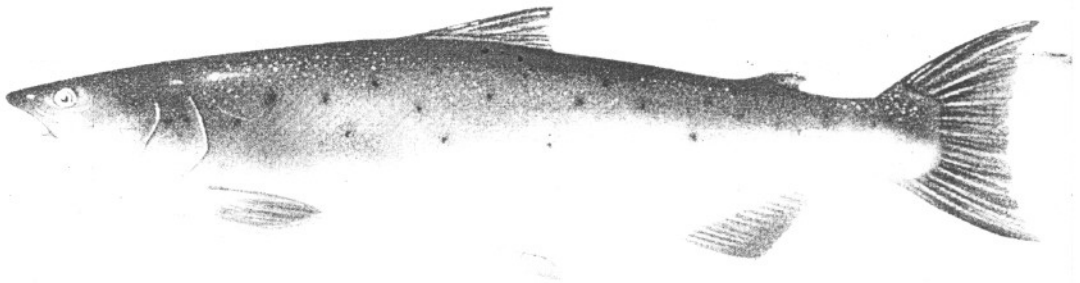
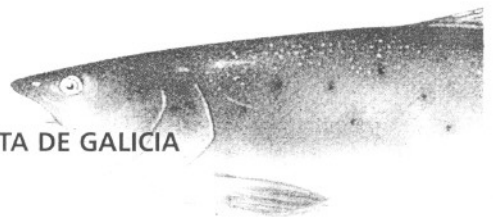


II Jornadas del Salmón Atlántico en la Península Ibérica



19-20 y 21 de octubre de 2000
Santiago de Compostela

XUNTA DE GALICIA



Edita:

Xunta de Galicia
Consellería de Medio Ambiente
Dirección Xeral de Conservación da Natureza

Depósito Legal:

C-2045/2002

Imprime:

Grafisant, s.l.

ISBN:

84-453-3419-0



Técnicas de evaluación y recuperación *ex-situ* de poblaciones de salmónidos amenazados

Sofía Consuegra, Carlos García de Leániz y Angel Serdio
Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca
Dirección General de Montes y Conservación de la Naturaleza
Centro Ictiológico de Arredondo
39813 Arredondo, Cantabria

1. Introducción

La aplicación de la ecología, genética y biogeografía a la conservación de poblaciones amenazadas dio lugar hace unos 20 años a la aparición de la Biología de la Conservación (Soulé y Wilcox, 1980), cuyo objeto es la preservación de la Biodiversidad. Dentro de la Biología de la Conservación es importante distinguir dos términos diferentes (Dodson *et al.*, 1998):

- *Conservación*, que tiene por objeto el mantenimiento y protección de las especies o poblaciones para evitar su deterioro o extinción.
- *Recuperación o Restauración*, que implica retornar a un estado o condición anterior menos deteriorada.

Teniendo en cuenta estos conceptos, los principales objetivos de la Conservación se podrían resumir en los puntos siguientes:

- Mitigar el declive de las poblaciones salvajes y evitar que se extingan
- Mantener la diversidad biológica y genética de las poblaciones Reintroducir poblaciones en áreas de dónde han desaparecido

En la elaboración de programas de conservación específicos para poblaciones de salmónidos hay que tener en cuenta, además, sus características demográficas y poblacionales, algunas de las cuales se resumen a continuación:



- Ocupan una amplia variedad de hábitat
- Las poblaciones están localmente adaptadas
- Su estructura genética está en algunos casos alterada
- Son muy sensibles a la alteración del medio, muchas poblaciones están amenazadas
- Están muy afectadas por factores socio-económicos

2. Criterios de conservación: ¿cuándo, dónde y cómo?

El primer aspecto fundamental a la hora de elaborar un plan de conservación es establecer los criterios de viabilidad que nos indiquen la necesidad de aplicar medidas de conservación en una población (es decir, Cuándo). Una vez establecida la necesidad de Conservación hay que decidir cuál es la Unidad Mínima de Conservación (Dónde) y cuáles son las estrategias idóneas de conservación (Cómo).

2.1. Cuándo: ¿cuándo es necesario establecer estrategias de conservación o recuperación?

La situación ideal sería establecer programas de Conservación cuando se observasen los primeros síntomas de declive (por ejemplo, reducción en la abundancia, pérdida de diversidad genética, variaciones extremas en respuesta a cambios ambientales, etc..) en poblaciones de salmónidos que todavía resultan viables. Sin embargo, lo que ocurre generalmente es que se comienzan los planes de Recuperación cuando las poblaciones llevan ya tiempo en declive y se encuentran gravemente amenazadas.

Resulta en cualquier caso necesario establecer programas de recuperación cuando el número de reproductores no alcanza el número mínimo requerido para mantener la variabilidad genética. Para el caso de las especies del salmón del Pacífico (género *Oncorhynchus*), Allendorf et al (1997) establecieron en base a criterios genéticos que una población con un tamaño efectivo (N_e) de menos de 500 reproductores por generación (ó lo que es lo mismo, 2500 reproductores observados) tiene un alto riesgo de extinción, y que con un N_e por debajo de los 50 reproductores (250 reproductores observados) existe un riesgo muy alto de extinción. Por esta razón, el programa de recuperación debe comenzarse preferible-

mente cuando la población estimada de reproductores es inferior a 2500, e ineludiblemente cuando sea menor de 250.

2.1.1. Características de las poblaciones de salmónidos amenazadas.

A continuación se detallan algunas de las características de las poblaciones de salmónidos anádromos que pueden indicar que están en declive o que pueden estarlo en un espacio breve de tiempo.

Algunas características Ecológicas y Demográficas

- Suelen ocupar los límites de su rango geográfico
- Su área de distribución se ha contraído, espacial y geográficamente
- Ha disminuido el nº de individuos, en especial de hembras reproductoras
- Presentan escasa capacidad de recuperación frente a perturbaciones
- La longevidad máxima y el nº de clases de edad han disminuido
- Los adultos de retorno son cada vez de menor tamaño
- Se han modificado las pautas migratorias, se retrasa la entrada en los ríos
- Predominan los machos en los frezaderos
- Aumenta la fecundidad a costa de disminuir el tamaño de los huevos
- Se adelanta la edad de la primera maduración sexual

Podemos por tanto concluir que las poblaciones en declive intentarán en general multiplicarse lo más rápidamente posible, desplazándose hacia el extremo del continuo r-K.

Algunas características genéticas

- Disminuye el tamaño efectivo de la población
- Se pierden variantes genéticas, en especial aquellas menos comunes
- Se reduce la heterocigosidad, aumenta la probabilidad de fijación alélica
- Aumenta la probabilidad de cruces no aleatorios y el riesgo de endogamia
- Las poblaciones se aíslan, disminuye el flujo génico



- Disminuye la respuesta a la selección
- Disminuye la supervivencia
- Disminuye la resistencia a las enfermedades infecciosas
- Disminuye la calidad de los gametos
- Aumenta la incidencia de individuos asimétricos y con malformaciones

Desde el punto de vista genético, las poblaciones en declive muestran en general una pérdida de capacidad de adaptación y de potencial evolutivo.

2.1.2. Criterios para establecer el nivel de amenaza y la prioridad de la conservación

Hay diferentes criterios para priorizar la conservación de las poblaciones, Laikre (1999) propone para trucha común una modificación de los criterios de Allendorf 1997 para salmón del Pacífico y que puede ser utilizada en general para poblaciones de salmónidos. Para establecer la prioridad de conservación de una población proponen dos pasos, el primero establecer la categoría de amenaza de acuerdo con los criterios de la UICN en base a un análisis de Viabilidad de la Población (PVA; Thrall *et al.*, 2000) o en su defecto en base a criterios cualitativos demográficos, genéticos y ambientales (Tabla 1).

El segundo paso consiste en determinar la importancia de conservación de la población mediante unos criterios que evalúan el carácter único o singularidad de la población, el grado de alteración genética de la misma, y los posibles efectos negativos que se derivarían en caso de extinguirse (Tabla 2).

Con los resultados de ambas valoraciones (grado de amenaza e importancia de conservación) se establecen cuáles son las poblaciones cuya conservación resulta más prioritaria.

Técnicas de evaluación y recuperación *ex-situ* de poblaciones de salmónidos amenazadas

Tabla 1. Valoración del nivel de amenaza en poblaciones de salmónidos según la modificación de Laikre (1999) de los criterios de Allendorf et al. (1987) y la Lista Roja de la UICN (1996)

Criterio	Nivel de amenaza			
	Peligro Crítico	Peligro	Vulnerable	Sin datos (obtener)
1. Probabilidad de extinción (PVA)	50% en 5 Años	20% en 20 años	5% en 100 años	Demográficos Genéticos Ambientales
	Al menos 2 de los criterios siguientes	1 criterio de P. Crítico o 2 de los siguientes	1 criterio de Peligro o 2 de los siguientes	
2. Tamaño de la población efectiva por generación (N_e) ≤ 50	≤ 500	≤ 1000	Genéticos	Demográficos
3. Tamaño de la población total por generación (N) ≤ 250		≤ 2500	≤ 5000	Censos
4. Declive de la población Reproductores < 500	Parentales: Progenie < 1	Crónico	10% en 2-4 generaciones	Censos temporales
5. Catástrofes recientes	Reducción tamaño población en 1 generación <90%	Reducción tamaño población en 1 generación 50-90%	Reducción tamaño población en 1 generación 10-50%	Históricos Genéticos

Tabla 2. Criterios de valoración de la prioridad de conservación en poblaciones de salmónidos amenazadas (Allendorf et al. ,1987; Laikre, 1999).

Cuestionario			
	Si	No	Sin datos
Criterios Genéticos y evolutivos			
1. ¿Muestra una alta diferenciación genética con respecto a otros stocks de la misma especie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Existe en un hábitat inusual comparado con el de otras poblaciones de la misma especie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Muestra características inusuales en su ciclo de vida, que tienen una base hereditaria?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Posee rasgos morfológicos inusuales con base genética?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Ha estado aislada geográficamente de otras poblaciones con escasas probabilidades de migración?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Ha permanecido libre de la introducción de ejemplares alóctonos con los que ha podido potencialmente cruzarse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Ha permanecido libre de cuellos de botella importantes en el pasado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ¿ Existe en el límite o cerca del límite de distribución de la especie, o en un hábitat marginal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Criterios ecológicos

- 9. ¿Representa un miembro de una comunidad natural que resulta rara o inusual para la especie?
- 10. ¿Se encuentran las poblaciones adyacentes extintas, en declive o de manera residual?
- 11. ¿Protegiendo la población se conseguiría un efecto paraguas para potenciar la recuperación de otras poblaciones o especies fluviales en peligro?

Criterios socioeconómicos y científicos

- 12. ¿Se trata de una población de singular importancia cultural, económica o recreativa?
- 13. ¿Se han realizado estudios extensivos sobre su ecología y genética?

14. PUNTUACIÓN GLOBAL¹

¹Cada respuesta afirmativa suma un punto mientras que cada respuesta negativa o sin datos resta un punto, excepto en la puntuación de la pregunta 6 que depende del grado de introgresión genética.

2.2. Dónde: ¿cuál es la unidad de conservación ?

El primer paso en cualquier plan de conservación o recuperación consiste en la definición de la Unidad de Conservación. Waples definió en 1991 la ESU o Unidad Evolutiva Significativa que fue la Unidad de Conservación que se empezó a emplear en salmón del Pacífico y que en la actualidad se está utilizando ampliamente en otras especies de salmónidos (Dodson *et al.*, 1998).

Una ESU se define como "una población o grupo de poblaciones reproductivamente aislado de otras poblaciones de la misma especie y que representa un componente importante del legado evolutivo de la especie".

Para definir las Unidades de Conservación se necesitan los datos ecológicos y genéticos que permitan establecer las relaciones entre las poblaciones y su grado de aislamiento, así como la variabilidad genética que es fruto de la evolución pasada de la población y de la que va a depender su evolución futura.

2.3. Cómo: ¿cuáles son las estrategias de recuperación?

La mejor oportunidad para que una especie amenazada se recupere es la Recuperación in-situ, es decir cuando todavía existen poblaciones en el área de distribución original, incluso aunque sean pequeñas y estén separadas (Lacy, 1994). La recuperación se puede lograr mediante mejora del hábitat, reducción de las causas de mortalidad y otras acciones que permitan la expansión de la especie. La segunda mejor oportunidad para la



recuperación de especies amenazadas es que sobrevivan poblaciones estables, aunque únicamente sea en algunas áreas de su rango de distribución, porque los individuos pueden ser translocados al área original una vez las causas de extinción se han amortiguado.

En los casos en que la recuperación *in situ* sea imposible, porque las poblaciones salvajes sean incapaces de automantenerse o sea imposible revertir el declive antes de que se prevea su extinción, la única posibilidad de recuperación es la **Recuperación *ex-situ***. Consiste en capturar algunos o todos los individuos de la población superviviente y crear una población en cautividad que eventualmente será reintroducida en su hábitat natural. Así mismo a partir de esta población se pueden crear bancos de genes vivos (reproductores recuperados) o criopreservados (gametos congelados en nitrógeno líquido).

Los siete pasos que se detallan a continuación resumen la aplicación de los criterios de conservación mencionados para la elaboración de una estrategia de conservación de poblaciones de salmónidos:

1. Mantener y proteger el hábitat suficiente para garantizar la supervivencia de la población
2. Evaluar la diversidad genética de la población, las relaciones de flujo génico con otras poblaciones y las adaptaciones locales
3. Recopilar datos demográficos sobre los estados más críticos para la supervivencia y reproducción de la especie
4. Analizar los niveles de amenaza de las poblaciones y su prioridad de conservación
5. Identificar las Unidades de Conservación (ESU)
7. Establecer el Plan de Recuperación *in-situ* ó *ex-situ* adecuado

3. Métodos y técnicas de evaluación

Para obtener los datos poblacionales y genéticos que permitan identificar las Unidades de Conservación así como evaluar el grado de amenaza y prioridad de conservación de las poblaciones, es necesaria la aplicación de técnicas específicas, cuyos objetivos son:

- Analizar las características demográficas de la población
- Analizar su diversidad genética
- Analizar su estado sanitario



Algunas de estas técnicas, que están siendo empleadas en la conservación se poblaciones de salmónidos se resumen a continuación.

3.1. Análisis demográficos y poblacionales

El objetivo de estas técnicas es medir uno o varios de los parámetros demográficos y poblacionales que caracterizan a las poblaciones en declive o amenazadas. En la Tabla 3 se detallan algunos tipos de análisis y su utilidad en la elaboración de planes de Conservación.

Tabla 3. Algunos tipos de análisis demográficos y poblacionales empleados en Conservación.

Tipo de análisis	Utilidad en conservación
Estimas de abundancia de la población	Estima del nivel de amenaza y prioridad de conservación de la población
<ol style="list-style-type: none"> 1. Conteo de camas de freza y fecundidad 2. Muestreos temporales de juveniles con electropesca 3. Conteo de reproductores (estaciones de captura, contadores) Variación adaptativa entre las poblaciones 	Definición de ESUs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Control de adultos (momento de entrada) 2. Control de los reproductores (momento de desove) 3. Marcado y recaptura (flujo génico y fidelidad) 4. Características de los gametos: nº, diámetro, peso, carotenos, movilidad, nº células (fecundidad y calidad) 	
Estructura de las poblaciones	Medidas de protección específicas Programas de cría en cautividad
<ol style="list-style-type: none"> 1. Peso y talla (crecimiento, edad) 2. Lectura de escamas (estructura de edad y momento de entrada) 3. Control de adultos de retorno (momento de entrada) 4. Marcado y recaptura (migraciones, fidelidad, flujo génico) 	Medidas de protección específicas
Evolución histórica <ol style="list-style-type: none"> 1. Lectura de escamas (cambios en la estructura de edad) 2. Análisis de datos históricos (cambios en la abundancia, momento de entrada, tamaño, edad) 	

3.2. Análisis genéticos

El objetivo de estas técnicas es medir uno o varios de los parámetros genéticos que caracterizan a las poblaciones en declive o amenazadas. En las Tablas 4 y 5 se detallan algunos de los tipos de herramientas genéticas que se pueden utilizar, algunos de los tipos de análisis genéticos y su utilidad en los planes de Conservación.

Tabla 4. Algunos tipos de datos genéticos que se pueden emplear en Conservación.

Herramienta
Análisis de rasgos fenotípicos con base genética
Electroforesis de proteínas
Secuencias de proteínas
Secuencias de ADN mitocondrial o nuclear
Fragmentsos de restricción en ADN
RAPD (amplificaciones al azar polimórficas)
Secuencias repetitivas en ADN (minisatélites, microsátélites)

Tabla 5. Algunos tipos de análisis genéticos empleados en Conservación

Tipo de análisis	Utilidad en conservación
Variabilidad dentro de las poblaciones (heterocigosidad)	Estima del nivel de amenaza y prioridad de conservación de la población
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción en poblaciones amenazadas 2. Evidencia de endogamia 3. Pérdida de adaptabilidad (supervivencia, reproducción, parásitos) 	
Variabilidad entre poblaciones (F_{st} , distancias)	Definición de ESUs
<ol style="list-style-type: none"> 1. Diferenciación génica entre poblaciones 2. Evidencias de introgresión 3. Flujo génico 4. Relaciones filogenéticas entre poblaciones 	
Estructura de las poblaciones	Medidas de protección específicas Programas de cría en cautividad
<ol style="list-style-type: none"> 1. Evidencias de estructuración de la población en grupos reproductivos 2. Evidencias de selección natural 3. Análisis histórico de la diversidad 	
Parentesco entre individuos	Medidas de protección específicas Programas de cría en cautividad
<ol style="list-style-type: none"> 1. Diferencias de adaptabilidad entre familias 2. Diferencias en el éxito reproductivo 3. Estructura social de la población 4. Flujo génico entre poblaciones 	

3.3. Análisis del estado sanitario

Su objetivo es medir uno o varios parámetros sanitarios que indiquen signos de declive o estrés en las poblaciones y evaluar el estado general para establecer si es necesario programas de prevención y tratamiento. En la Tabla 6 se describen algunos de los análisis que se pueden realizar y cuál es su utilidad en el diagnóstico del estado de las poblaciones.



Tabla 6. Algunos tipos de análisis que se pueden emplear para valorar el estado sanitario de poblaciones amenazadas (Schmitt y Dethloff, 2000)

Tipo de análisis y tejido examinado	Tipo de diagnóstico
Histopatología (<i>hígado, agallas, bazo y riñón</i>)	Estado general del pez y detección de contaminantes
Lisozima y otros enzimas (<i>plasma e hígado</i>)	Estado general del pez e inducción por contaminantes
Agregados de macrófagos (<i>bazo, riñón, hígado</i>) y leucocrito (<i>sangre</i>)	Sistema inmune y respuesta a contaminantes y metales
Hemoglobina y glucosa (<i>sangre</i>)	Síntomas de estrés
Proteína plasmática, vitelogenina y hormonas sexuales (<i>plasma</i>)	Estado general del pez y respuesta endocrina
Análisis químicos (<i>homogeneizados</i>)	Compuestos específicos
Índices somáticos (<i>gónadas, bazo, hígado</i>)	Estado general del pez y respuesta a contaminantes
Isótopos estables 14N y 15N (<i>homogeneizados</i>)	Posición trófica del pez y fuentes de N
Necropsia (<i>examen visual interno y externo de todo el pez</i>)	Estado general, anomalías, parásitos
Microbiología y técnicas moleculares (<i>diversos tejidos</i>)	Identificación de patógenos (bacterias, virus)

4. Métodos y técnicas de recuperación

Una vez establecidas las Unidades de Conservación y aplicados los criterios de prioridad, en aquellas poblaciones que lo requieran se establecen estrategias de recuperación cuyos objetivos principales se resumen en:

- Mitigar su declive y evitar que se extingan
- Mantener su diversidad biológica y genética
- Reintroducir poblaciones en áreas de dónde han desaparecido

Cuando todavía existen poblaciones en el área de distribución original, incluso aunque sean pequeñas y estén separadas se pueden aplicar técnicas de Recuperación in-situ (aumento de la accesibilidad, mejora de la calidad del agua, restauración de cauces y riberas). En los casos en que la recuperación in situ sea imposible, porque las poblaciones salvajes sean incapaces de automantenerse la única posibilidad es la Recuperación ex-situ mediante creación de una población en cautividad, reintroducción de la población en su hábitat natural y creación de bancos de genes (Lacy, 1994).



4.1. Creación de una población en cautividad

Consiste en capturar algunos o todos los individuos de la población superviviente y crear una población en cautividad que eventualmente será reintroducida en su hábitat natural. Este no es el método ideal para conseguir la recuperación de especies y comparado con el mantenimiento de los hábitat naturales, resulta extremadamente caro. Además los stocks sufren cambios genéticos y de comportamiento que pueden dar lugar a que una vez reintroducidos reduzcan la capacidad de adaptación de la población a su ambiente natural.

Los criterios básicos para el establecimiento de una población en cautividad se pueden resumir en:

- Utilizar suficiente número de reproductores para asegurar la conservación de la mayor parte de la diversidad genética de la población
- Intentar que los reproductores sean una muestra AMPLIA y ALEATORIA de la población
- Realizar programas de cruces que maximicen la variabilidad genética
- Evitar la selección para las condiciones de piscifactoría

4.2. Reintroducción de la población

Una vez las condiciones del hábitat de la población se han restaurado o se han eliminado las causas del declive, se puede reintroducir la población en su hábitat original, aunque los criterios de reintroducción van a variar dependiendo del estado de la población residente (si quedan individuos en el área original o no) y del grado de eliminación de los factores de mortalidad. En la Figura 1 se detalla la relación entre la supervivencia de los individuos criados en cautividad una vez reintroducidos en su medio natural y la adaptación al mismo, en función de la fase de desarrollo en que se reintroduzcan, y por tanto del tiempo que hayan permanecido en cautividad. La fase de desarrollo ideal para la reintroducción va a depender del estado de conservación en el que se encuentra la población y del estado del hábitat (Tabla 7).



Figura 1. Relación entre la supervivencia en el río y la adaptación de los salmónidos en cautividad dependiendo del estado en que se reintroduzcan.

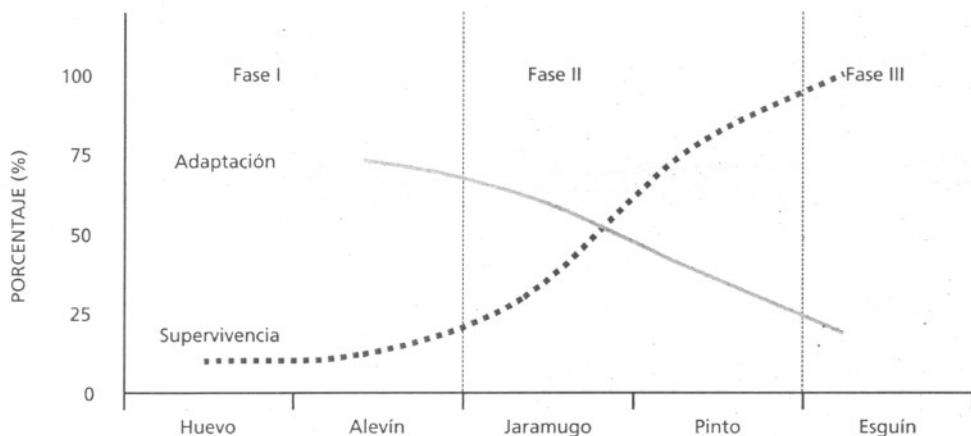


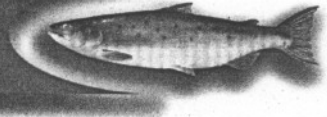
Tabla 7. Criterios de reintroducción de las poblaciones en cautividad a su medio natural, dependiendo del estado y prioridad de conservación de la población y de su hábitat

Fase I	Fase II	Fase III
<i>Conservación</i>	<i>Recuperación</i>	<i>Reintroducción</i>
Suficientes reproductores Hábitat aceptable Existen riesgos genéticos	Pocos reproductores Hábitat restringido Existen riesgos genéticos	No quedan reproductores Pobre calidad hábitat No hay riesgos genéticos
Factor determinante: selección natural	Factor determinante: deriva génica	Factor determinante: selección artificial
Objetivos: Preservar la Variabilidad y el hábitat.	Objetivos: Aumentar variabilidad y la distribución	Objetivos: fundar una población lo antes posible
Métodos: Banco de genes. Repoblaciones sólo en casos Puntuales con individuos de la propia población (fases de huevo o alevín)	Métodos: Banco de genes, recuperación zancadas. Repoblaciones en área inaccesible con individuos de la propia población (fases de jaramugo o pinto)	Métodos: sea-ranching Restauración del hábitat Repoblación con individuos de las poblaciones más cercanas

4.3. Creación de bancos de genes

Los bancos de genes son reservorios de la variabilidad genética de la población y en este sentido podemos considerar a los reproductores recuperados y mantenidos en cautividad como Bancos de Genes vivos.

La aplicación más común del término Bancos de Genes corresponde a gametos o embriones criopreservados en nitrógeno líquido. En salmónidos, la criopreservación de óvulos y embriones está muy poco desarrolla-



da (Rall, 1993), sin embargo la criopreservación de esperma está bastante extendida (Maise et al., 1988).

Los principales objetivos que se persiguen con la creación de un banco de genes son:

1. Mantener la diversidad genética de una población salvaje de manera que puedan ser usados como transfusión de diversidad genética a futuras generaciones.
2. Permitir la incorporación de genes salvajes en poblaciones en cautividad sin necesidad de extraer continuamente animales de las poblaciones salvajes, evitando la desaparición total por posibles desastres naturales o no.
3. Reducir el riesgo de transporte y manipulación de animales vivos.

Las principales dificultades técnicas de la criopreservación de esperma en salmónidos son:

1. La tasa de éxito depende mucho de la calidad espermática, que es muy variable (Maise et al., 1988).
2. La gran variabilidad en la fisiología del esperma de los salmónidos hace las condiciones de fertilización con esperma criopreservado poco reproducibles.

Referencias

Allendorf, F.W., Bayles, D., Bottom, D.L., Currens, K.P., Frissell, C.A., Hankin, D., Lichatowich, J.A., Nehlsen, W., Trotter, P.C. & Williams, T.H. (1997). *Cons. Biol.* 11: 140-152.

Dodson, J.J., Gibson, R.J., Cunjak, R.A., Friedland, K.D., García de Leániz, C., Gross, M., Newbury, R., Nielsen, J.L., Power, M.E. & Roy, S. (1998) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55, 312-323.

IUCN. 1996. The IUCN Red List of Threatened Animals. IUCN, Cambridge, 448 pp.

Lacy, R.C. (1994) in Restoration of endangered species, eds. Bowles, M.L. & Whelan, C.J. (Cambridge University Press, Cambridge) pp 63-89.

Laikre, L. (Ed.). 1999. *Conservation Genetic Management of Brown Trout (Salmo trutta) in Europe*. Report by the Concerted Action on identificac-



tion, management and exploitation of genetic resources in the brown trout (*Salmo trutta*), EU FAIR CT97-3882, 91 p.

Rall, W.F. (1993) in *Genetic conservation of salmonid fishes*, eds. Cloud, J.G. & Thorgaard, G.H. (Plenum Press, New York).

Maisse, G., Pinson, A. & Loir, M. (1988) *Aquat. Living Resour.* 1, 45-51.

Schmitt, C.J. & G.M. Dethloff (Eds.) (2000) *Biomonitoring of Environmental Status and Trends (BEST) Program: selected methods for monitoring chemical contaminants and their effects in aquatic ecosystems*. USGS/BRD-2000-005, 1-81.

Soulé, M.E. & Wilcox, B.A. (1980) *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective*, eds. Soulé, M.E. & Wilcox, B.A. (Sunderland, MA: Sinauer Associates).

Thrall, P.H., Burdon, J.J. & Murray, B.R. (2000) in *Genetics, demography and viability of fragmented populations*, eds. Young, A.G. & Clarke, G.M., (Cambridge University Press, Cambridge) pp 75-96.

Waples, R.S. (1991) *Mar. Fish. Rev.* 53, 11-22.