

## Recomendaciones mínimas para la recaptura y seguimiento de un escape de salmonídeos de cultivo

El presente documento es un aporte conjunto del Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuícola (INCAR) y del Núcleo Milenio de Salmónidos Invasores (INVASAL) para la información y conocimiento general, así como para contribuir a la generación de procedimientos formales por parte de la institucionalidad pública, en relación con las medidas de contingencia que se deben realizar frente a un escape de salmones.

### ANTECEDENTES

Todo sistema acuícola sea en estanques o pisciculturas en tierra o las jaulas flotantes en el agua está expuesto a perder accidentalmente, y a veces por acción premeditada, especímenes de cultivo. Ello ocurre cuando los sistemas de contención, estanques compuertas o mallas, redes, etc. se rompen debido a eventos extremos (terremotos, tormentas, tsunamis etc.), a intervención de terceros (vandalismo o robo), o por acción de mamíferos marinos como lobos de mar. Los peces una vez escapados, pueden moverse libremente y distribuirse por los ecosistemas acuáticos con consecuencias a menudo negativas para los ecosistemas naturales por depredación y competencia con fauna nativa y/o por transmisión de enfermedades. Los escapes de especies nativas también pueden producir daño al ecosistema por erosión genética de las poblaciones nativas. Si bien este no es el caso en Chile, es uno de los problemas serios en Noruega y otros países, donde los escapes de salmónidos corresponden a especies nativas como es el caso del Salmon del Atlántico [1,2].

En Chile, las especie de peces más cultivadas son salmonídeos (Salmon del Atlántico, Salmon Coho y Trucha Arcoiris), todas especies exóticas o no nativas. Los escapes de salmones ocurren con cierta frecuencia y generan preocupación por los posibles daños ambientales. Los

escapes de peces, a menudo, también son objeto de captura por parte de pesca artesanal, lo que puede transformarse en un mecanismo eficiente de control de los escapados, si es adecuadamente manejada.

Idealmente, todo centro de cultivo debe estar preparado para enfrentar una contingencia por escapes. También el Estado debe proveer de un marco legislativo y normativo, así como procedimientos y mecanismos institucionales eficientes para minimizar su ocurrencia e impactos, si ello ocurre.

Desafortunadamente no existe en Chile (ni en la mayoría de los países donde se practica la acuicultura) un protocolo explícito para monitorear escapes y gestionar la recaptura. El presente documento ofrece una guía y procedimientos estándares mínimos para mejorar la gestión de estos eventos.

### PROPUESTA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Es importante destacar que debería haber dos objetivos prioritarios para el seguimiento de los escapes:

- 1- Recuperar el máximo de peces escapados.
- 2- Evaluar cuál podría ser el impacto de los escapados sobre el ecosistema (de aquellos individuos no recuperados)

1- Para lograr el primer objetivo hay que hacer todos los esfuerzos necesarios.

i) Se recomienda, por ejemplo, mantener si es posible los alimentadores (su ruido) funcionando cerca del sitio donde se originó el escape, pues eso va a atraer a los peces que aún no han aprendido a comer otra cosa que pellets y ello facilitaría su captura, por ejemplo, utilizando redes de cerco.

ii) Realizar capturas en los alrededores de otros centros de cultivo que funcionan con sus alimentadores, ya que estos van a atraer a los salmones escapados. Además, con alta probabilidad los salmones escapados, se sentirán atraídos a las luces de los centros, especialmente si han estado sometidos a ciclos de luz incrementada.

iii) facilitar y monitorear pesca de recaptura en un radio relevante alrededor del centro siniestrado. Toda recuperación de peces se debe informar proveyendo información sobre sitio de las capturas números capturados, hora etc. Esto se detalla en los párrafos siguientes.

2- Para lograr el segundo objetivo es fundamental recoger la mejor información sobre las capturas para así estimar:

- i) Cómo se dispersa en el espacio y en el tiempo el grupo de escapados
- ii) Cuál es la tasa de remoción de la población a medida que son capturados o consumidos por otros organismos o por mortalidad natural. Ello permite estimar la población de peces que aún están libres en el ecosistema, puesto que los muestreos o capturas, en general, entregan una muestra que permite estimar la situación a un nivel poblacional y ecosistémico más amplio.

Esta información es fundamental para establecer si podría haber o no impactos significativos sobre el ecosistema natural y permitiría también establecer si existe un componente de escapados o poblaciones que se han asilvestrado.

#### El diseño del muestreo es crucial.

Es necesario establecer una red de muestreos o pesca exploratoria (con los pescadores artesanales o con un equipo de profesionales dedicados a esta tarea) en un radio razonable alrededor del sitio del escape, **inmediatamente después que ocurre el escape**. Es necesario establecer al menos 6 e idealmente 10 puntos de pesca estratégicos alejándose del sitio del escape.

Los muestreos con pesca artesanal se realizan normalmente con redes de enmalle entre 1 y 4 pulgadas considerando que la apertura de malla debería apuntar a capturar los tamaños de los escapados. Por ejemplo cuando estos son juveniles, post smolt etc. se puede

usar redes de 1 pulgada que son también apropiadas para captura de peces más pequeños como pejerreyes

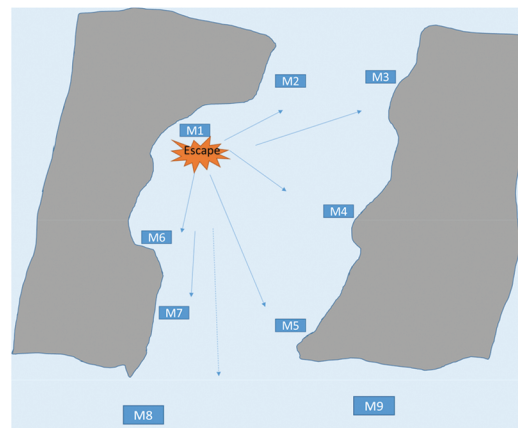
Es posible sin embargo que se ocupen otras artes de pesca, independientemente de ello se debe intentar recopilar toda información sobre recuperación de peces para establecer el radio de escape y mejorar la comprensión sobre movimiento de los individuos en el espacio y tiempo.

#### Frecuencia

Debería existir una pesca como monitoreo **permanente**, al menos 2 veces por semana durante los primeros 30 días después del escape y al menos dos veces al mes por al menos 4 a 6 meses después del escape, **en los mismos puntos de muestreo**. Es fundamental mantener la actividad de pesca de escapados, aunque no se capture ningún ejemplar, ya que esa información es valiosa y permite concluir que efectivamente ya no están los peces allí.

#### Quiénes realizan la pesca

En general es recomendable ofrecer algún tipo de incentivo por salmones recapturados, pero también es necesario otorgar un incentivo específico, al menos a un grupo de pescadores en sitios estratégicos, para seguir tratando de capturar ejemplares por un tiempo razonable luego del escape, aunque eventualmente no capturen salmones.



**Figura 1** Dibujo esquemático de la posible ubicación de sitios de pesca para monitorear los escapes. Los puntos M8 y M9 representan ecosistemas más alejados de posible acceso por los escapados.

Lugar (y coordenadas geográficas)	Hora de calado de la red	Hora de revisión de la red	Largo y alto de la red y apertura de malla	Salmon Atlántico / Coho / Trucha**		Especie A		Especie B		Especie C		Etc.
				Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	
Espécimen												
1												
2												
3												
4												
5												
etc.*												
Nº Total capturado por especie												

\* Agregue todas las filas necesarias para identificar a cada individuo capturado

\*\* Debe incluirse una columna independiente para cada especie.

#### Destino de los peces capturados

Dependiendo de la condición sanitaria de los peces escapados, por ejemplo, si han estado bajo tratamiento con antibióticos, la autoridad correspondiente decidirá el destino del procesamiento, que podría ser harina de pescado. Por otra parte si no existieran restricciones de inocuidad y si correspondiera de acuerdo a las normas vigentes se podrían destinar a consumo.

#### Información que se colecta.

Es fundamental registrar para cada individuo capturado la longitud total (con un metro o huincha estándar), peso (con una pesa común debidamente calibrada) y examinar y guardar el contenido gástrico en el caso que exista (en alcohol si no se examina rápidamente; ver recomendaciones específicas más abajo) en bolsas plásticas o frascos independientes, con la numeración del espécimen para su posterior análisis por un equipo experto. También se debe llevar un registro detallado de las especies nativas que se capturan por lance de pesca. Esto es necesario para conocer los hábitats que están usando los salmones, con qué especies nativas comparten tales hábitats y para evaluar si sus ítems alimentarios son similares.

En general, la mayoría de los peces de cultivo no consumen alimento durante los primeros 2 a tres días del escape pues deben aprender a comer ítems distintos a los pellets. Por ello, los contenidos estomacales en las recapturas inmediatas normalmente no aportan mucha información, pero luego de 3 a 4 días esta información es crucial.



**INVASAL**  
NÚCLEO MILENIO  
SALMONIDOS INVASORES

#### Monitoreos permanentes de la presencia y abundancia de salmonídeos de vida libre

Obviamente si los salmones salen del radio de muestreo para ingresar a ecosistemas aledaños sería necesario evaluarlo idealmente a través de monitoreos permanentes de salmonídeos en vida libre en ecosistemas estratégicos. Esto puede ser muy relevante, por ejemplo en ríos o cuencas donde se podrían producir retornos reproductivos. Dada la distribución y concentración de la producción de salmones en el sur de Chile, es fundamental tener monitoreos estándares permanentes en los principales cuerpos de agua que contienen la producción. Solo un sistema integrado de monitoreo y seguimiento incluyendo los análisis necesarios permitiría establecer si existen impactos significativos sobre los ecosistemas.

#### METODOLOGÍAS QUE PUEDEN FACILITAR LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA

##### Proyección de sobrevivencia de los individuos escapados

La información recopilada de las capturas debe ser analizada por profesionales con una formación adecuada de manejo de datos y con conocimientos sobre análisis poblacional y curvas de mortalidad pesquera. Si se contara con información de al menos 6 sitios de pesca con información periódica y comparable por al menos 6 meses, se generaría una base de datos de gran valor para reconstruir la tasa de mortalidad de los escapados por pesca, por mortalidad debido a otras causas, o por que emigraron del ecosistema estudiado (ver por ejemplo referencia [1]). De esta forma es posible estimar el tamaño

de la población que aún se mantiene en el ecosistema y si puede estar ejerciendo un impacto sobre el ecosistema natural para lo cual el análisis de contenido estomacal y otros análisis que se describen a continuación pueden ser de gran ayuda.

### El contenido estomacal

El contenido estomacal de peces escapados es clave para identificar presas y su importancia en la dieta de los salmónidos de vida libre. Se debe preservar los estómagos en bolsas o frascos conteniendo etanol absoluto o diluido al 70%. Adicionalmente, se pueden realizar análisis moleculares de identificación de restos digeridos no identificables usando códigos de barra genéticos, tales como aproximaciones "barcoding" y "metabarcoding", que permiten identificar presas al menos a nivel de género ([5]). También la comparación de la dieta de salmónidos recapturados y especies nativas capturadas en las mismas redes permite evaluar si están usando los mismos hábitats, comiendo lo mismo y por lo tanto estar compitiendo por recursos.

### Isotopos estables

Esta técnica permite conocer en más detalle la dieta de los salmónidos y su rol trófico en el ecosistema mediante análisis de isótopos de carbono y nitrógeno. Para ello es necesario preservar congelados trozos de músculo e hígado de los peces capturados. Es crucial, además, preservar otras muestras para contar con datos isotópicos de componentes del ecosistema que podrían ser presas (ej. peces, crustáceos, moluscos, algas), además del alimento artificial ('pellet'). Así, si el pez capturado ha estado consumiendo otros alimentos del ambiente su señal isotópica será más semejante a la de estos alimentos que a la señal isotópica de los pellets utilizados en la alimentación de salmónes cultivados ([5]).

Esta metodología también puede aplicarse para el análisis de fecas y muestras de pelo y tejidos de lobo marino de tal forma de identificar el posible control por predación que esta especie pudiera ejercer sobre los salmónidos escapados

### Análisis genéticos para determinar origen de los individuos

Este tipo de análisis permiten corroborar el origen de los individuos re-capturados por la pesca artesanal con respecto al centro de cultivo de donde provienen, mediante análisis de paneles de marcadores moleculares ([6]). Se requiere contar con muestras del plantel de cultivo o recapturas recientes.

### Uso obligatorio de marcadores en todos los peces de cultivo

Una estrategia común en el hemisferio norte es la remoción de la aleta adiposa de todos los peces cuyo origen es un centro de crianza o hatchery. Adicionalmente, el uso de coded wire tags que son marcas individuales de bajo costo podrían permitir diferenciar jaulas, centros y empresas [6].

**Para que las recapturas y el seguimiento de los escapes sean eficientes y para minimizar el posible daño ambiental es esencial que exista una buena coordinación público privada [3, 4]. Es necesario que existan normas y procedimientos conocidos y aprobados por el Estado para llevar a cabo las capturas, procesar los individuos capturados, recopilar, analizar la información y posteriormente generar informes sobre potenciales impactos y medidas de mitigación.**

### NOTAS AL PIE

<sup>1</sup> "Propuesta de indicadores ecosistémicos para el desempeño ambiental de la salmonicultura en cuerpos de agua de los mares interiores del sur de Chile" <https://www.incar.cl/wp-content/uploads/2020/01/INFORME-COMPILADO-FINAL-Indicadores-ecosistemicos-para-el-desempeño-ambiental-de-la-salmonicultura-11012020-1.pdf>

<sup>2</sup> Análisis que se realizan en laboratorios especializados que ya existen en Chile.

### REFERENCIAS

- [1] Soto, D., F. Jara and C. Moreno. 2001. Escaped salmon in the Chiloe and Aysen inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecological Applications* Vol. 11, No. 6, pp. 1750-1762.
- [2] Thorstad, E.B., I. A. Fleming, P. McGinnity, D. Soto, V. Wennevik & F. Whoriskey. 2008. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature. *World Wildlife Fund Salmon Dialogue Report*. 113 pp. <http://www.worldwildlife.org/site/PageNavigator/SalmonSOIForm>
- [3] Soto, D., I. Arismendi, C. Di Prinzio & F. Jara. 2007. Recent establishment of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in Pacific catchments of southern South America and its potential ecosystem implications. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 81-98.
- [4] Gomez-Uchida D, Sepúlveda M, Ernst B, et al. (2018) Chile's salmon escape demands action. *Science* 361:857-858.
- [5] Carreon-Martinez L, Heath DD (2010) Revolution in food web analysis and trophic ecology: diet analysis by DNA and stable isotope analysis. *Molecular Ecology* 19:25-27
- [6] Glover KA (2010) Forensic identification of fish farm escapees: the Norwegian experience. *Aquaculture Environment Interactions* 1:1-10.

### AGRADECIMIENTOS

La información proporcionada aquí se genera de las actividades de investigación de INCAR e INVASAL.

### MAYOR INFORMACIÓN

Dra Doris Soto, Programa Integrativo INCAR, UDEC [dorsoto@udec.cl](mailto:dorsoto@udec.cl)  
Dr Daniel Gomez-Uchida, Director, Núcleo Milenio INVASAL UDEC