

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL ESCAPE DE SALMÓN DEL ATLÁNTICO DEL CENTRO DE ENGORDA SALMONES (CES) PUNTA REDONDA

NUCLEO MILENIO INVASAL

Daniel Gomez-Uchida, Maritza Sepúlveda, Cristian B. Canales-Aguirre, Mauricio Cañas-Merino, Valentina Prida, Pablo Rivara, Billy Ernst, Selim S. Musleh, Carla Muñoz-Mendoza, Beatriz Cid-Aguayo, Marcelo Durán, Rodrigo Marin-Nahuelpi, José M. Yáñez & Chris Harrod.

CONTRAPARTE TECNICA

Doris Soto. Centro INCAR
 Álvaro Pérez. MOWI Chile
 Jorge Mancilla. MOWI Chile

El 5 de julio de 2018 se liberan accidentalmente desde el CES Punta Redonda en Isla Huar, propiedad de MOWI Chile (ex Marine Harvest Chile), 650.000 ejemplares de la especie salmón del Atlántico (*Salmo salar*) al ecosistema del Seno de Reloncaví. El área geográfica se caracteriza por una compleja topografía y línea de costa donde se destaca la presencia de ríos, canales, golfos, bahías y fiordos y una diversa comunidad de usuarios del borde costero.

Investigadores del Núcleo Milenio INVASAL y el centro interdisciplinario para la investigación acuícola INCAR, representado por la Dra. Doris Soto, firman un acuerdo de asistencia técnica y propuesta de monitoreo en modalidad de co-financiamiento con MOWI Chile para abordar este problema. El objetivo general fue *estudiar la dinámica espacio/temporal y potenciales impactos en el ecosistema del escape masivo de salmónes del Atlántico en el Seno de Reloncaví a través de un monitoreo y análisis multidisciplinario de la información recolectada*. Para dar cumplimiento a este objetivo se utilizaron aproximaciones metodológicas que incluyen las áreas de Biología Pesquera, Ecología, Genética y Ciencias Sociales.

Para esta investigación se plantearon cinco objetivos específicos (OEs):

- 1) Identificar la extensión espacio/temporal de presencia de salmónes escapados y estimar su remoción en el Seno del Reloncaví y zona norte de Chiloé;
- 2) Caracterizar biológicamente los salmónes capturados, su abundancia relativa (captura por unidad de esfuerzo; CPUE) y potencial origen;
- 3) Evaluar la ecología trófica de salmónes mediante análisis estomacal e isótopos estables;
- 4) Identificar y cuantificar la importancia de salmónidos en la dieta del lobo marino común en el sur de Chile; y
- 5) Estudiar las representaciones sociales del escape de salmónes y analizar algunos impactos socioecológicos.

El **OE1** usó las siguientes fuentes de información:

- (i) Recapturas de la empresa MOWI Chile
- (ii) Declaraciones juradas de pesca y comercio informal (julio – septiembre 2018)
- (iii) Pesca de investigación/monitoreo gestionada por investigadores y profesionales de INVASAL

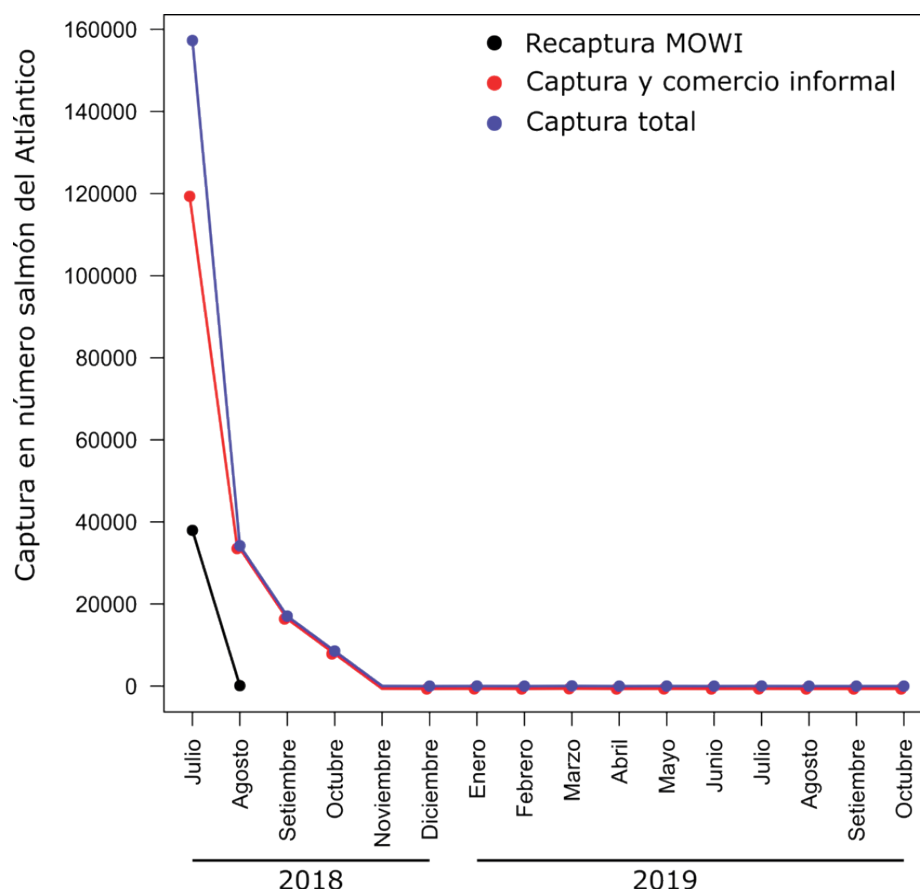


Figura 1. Captura estimada desde recapturas, pesca de investigación y pesca informal.

y ejecutada por el sindicato de trabajadores independientes de pescadores artesanales y cultivadores de recursos del mar Anahuac, Puerto Montt (noviembre 2018 – octubre 2019); y

(iv) encuestas de caracterización de la pesca informal. Dado que la pesca de investigación o monitoreo pudo comenzar en forma efectiva en noviembre 2019, existe un lapso temporal de cuatro meses que no permite establecer con seguridad como fue decayendo la pesca y los potenciales efectos de los escapados en ese tiempo. Sin embargo, con la información que se obtuvo y su análisis se planteó un modelo de remoción que sugiere que aproximadamente $\frac{1}{3}$ del escape (217.246 salmón del Atlántico) del CES Punta Redonda fue removido por pesca informal y recapturas solicitadas por MOWI Chile. (Figura 1)

La mayor parte de esta remoción de salmones escapados ocurrió en los primeros tres meses, entre julio y septiembre 2018. Desde noviembre 2018 hasta

octubre 2019 la presencia de salmón del Atlántico fue muy baja: la pesca de investigación o monitoreo capturó solo 8 salmones del Atlántico en 477 lances de pesca.

Considerando la cobertura e intensidad de la pesca de investigación, existe evidencia suficiente para afirmar que los $\frac{2}{3}$ restantes de salmones del Atlántico del CES Punta Redonda *no permanecieron dentro del Seno Reloncaví, Estuario Reloncaví o sector de Hualaihué en Chiloé continental*. Sin embargo, no fue posible determinar qué ocurrió con estos individuos. Se plantean como hipótesis más probables:

- (i) una subestimación de la pesca y comercio informal;
- (ii) consumo por parte de lobos marinos;
- (iii) mortalidad natural; y
- (iv) migración fuera del Seno Reloncaví hacia Chiloé continental e insular y/o hacia cursos de agua dulce con objetivo reproductivo. Estas hipótesis no son mutuamente excluyentes.

1. Un lance de pesca es una maniobra de captura de peces; en este estudio corresponde al tiempo comprendido entre el calado (inicio) y virado (término) de una red de enmalle.

La hipótesis (i) parece ser la más plausible considerando la escasa representación de declaraciones juradas de pesca informal, encuestas, y centros de acopio para recaptura en la Zona B distante del escape, especialmente en sectores como Contao, Cochamó y Hualaihué, durante el periodo crítico entre julio y septiembre 2018. Por otra parte, evaluaciones de peces que realizó un equipo de EULA UDEC no registró presencia de salmón del Atlántico en ríos de las cuencas cercanas.

Respecto a la hipótesis (ii), una de las principales hipótesis al inicio de la investigación, los resultados indicaron que los salmónidos no serían la dieta principal del lobo marino común (ver **OE4**).

El **OE2** se basó en la caracterización de la captura desde la pesca de investigación para estimar la abundancia relativa (captura por unidad de esfuerzo: CPUE) de salmónidos y fauna nativa e implementar métodos genéticos para determinar el origen del salmón del Atlántico capturado durante el monitoreo. En el periodo noviembre 2018 – octubre 2019 se capturó un total de 82 ejemplares de cinco especies de salmónidos: salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*, n = 48; 59%), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*, n = 20; 24%), salmón del Atlántico (*Salmo salar*, n = 8; 10%), salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*, n = 3; 4%) y trucha café anádroma, o sea-run (*Salmo trutta*, n = 3; 4%).

La CPUE de todos los salmónidos mostró valores bajos de abundancia (**Tabla 1**): <1 individuo/hora de

pesca/zona; salmón coho alcanzó los valores más altos en diciembre 2018 en la Zona A (cercana al escape), lo que probablemente correspondió a un escape de salmón coho en Bahía Chincui. Ello además validaría el método de pesca de investigación utilizado puesto que fue eficiente al capturar a estos individuos. La presencia de salmón Chinook y trucha café anádroma sugiere que el arte de pesca y la pesca artesanal son capaces de detectar salmónidos 100% asilvestrados no cultivados.

Basado en nuestros resultados y en hallazgos similares en otros dos estudios que monitorearon salmónidos de vida libre, se plantea como hipótesis que el salmón coho y la trucha arcoíris persisten más en el ambiente de vida libre que el salmón del Atlántico, y que estos últimos son removidos del ambiente o tienen mayor tasa de mortalidad que las otras especies, bajo el supuesto que las tres especies tienen la misma capturabilidad al arte de pesca. Finalmente, el análisis genético reveló que 4 de 8 salmones del Atlántico capturados durante la pesca de investigación tuvieron su origen en el CES Punta Redonda.

Los cuatro individuos fueron capturados en sectores Isla Tenglo, Leptepu/Hualaihué; este último sector se encuentra en la Zona B distante del escape, lo que sugiere que, si bien en números mínimos, algunos individuos de salmón del Atlántico se desplazaron hasta 100 km desde el CES Punta Redonda y permanecieron hasta 10 meses en el medio acuático.

Tabla 1. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE; número de salmones por hora de calado de red) por especie y zona de pesca entre noviembre 2018 y octubre 2019. Gama de colores indica gradiente de menos (blanco) o más (verde) CPUE.

Indicador	Zona	Chinook		Coho							Trucha arcoíris					Atlántico			Trucha café			
		2019		2018			2019				2019					2018	2019		2019			
		MAR	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	JUL	AGO	SEP	OCT	ENE	MAR	MAY	JUL	OCT	NOV	ENE	MAR	MAY	JUL	OCT
CPUE	A	0.00	0.00	0.08	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
	B	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.07	0.02	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03	0.01	0.05	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01

El **OE3** usó una combinación de métodos de análisis estomacal tradicional y análisis de isótopos estables para determinar la dieta de salmónidos de vida libre capturados durante la pesca de investigación y sus posibles impactos, al compararlos con la dieta y

análisis isotópicos de especies nativas del ecosistema del Seno Reloncaví. Durante el período de recaptura de MOWI Chile, 100% de los estómagos estaban vacíos. Durante el monitoreo se encontró que 2 de 8 salmones del Atlántico contenían peces pelágicos

pequeños; los otros 6 no tenían contenido estomacal (Tabla 2). Ello reitera evidencia de estudios anteriores que sugieren que el salmón del Atlántico no es muy eficiente capturando presas vivas, o quizá tiende a alimentarse de pellets o sus restos que se digieren rápidamente pues si los individuos persisten en el ambiente deben consumir algún tipo de alimento.

Aunque limitados por el tamaño de la muestra, el análisis de isótopos estables de músculo de los individuos muestra que la ecología trófica del salmón del Atlántico escapado refleja la de otros salmónidos de vida libre capturados y analizados durante el monitoreo en el área de estudio (Figura 2).

Tabla 2. Diferentes especies de salmónidos de vida libre capturados durante el monitoreo y presencia de contenido estomacal.

Especie	Nº ejemplares analizados*	Nº ejemplares con contenido estomacal	Proporción (%)
Trucha café	3	3	100
Trucha arcoíris	17	3	18
Salmón Chinook	3	1	33
Salmón coho	36	11	30,5
Salmón Atlántico recaptura MOWI	100	0	0
Salmón Atlántico monitoreo	8	2	25

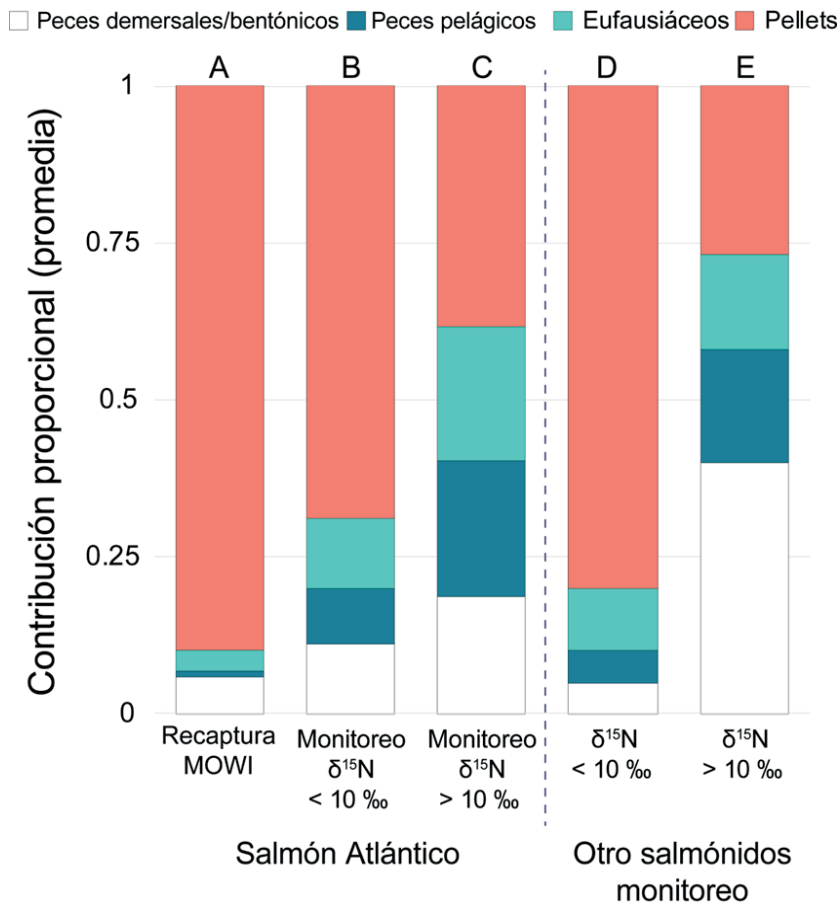


Figura 2. Variación en la contribución estimada a la dieta por diferentes fuentes de alimentos clave para cinco grupos diferentes de salmónidos. El Grupo A son los salmones del Atlántico recapturados por MOWI (n = 130). El Grupo B representa a salmones del Atlántico del monitoreo con valores bajos de $\delta^{15}\text{N}$ (n = 4), lo que indica que todavía dependían en gran medida de los pellets de salmón, pero tenían una contribución media estimada del 30% de peces nativos e invertebrados. El Grupo C estaba formado por n = 3 individuos con altos valores de $\delta^{15}\text{N}$, donde el 60% de la contribución media estimada era de peces nativos e invertebrados. El Grupo D estaba formado por otros salmónidos de vida libre con valores bajos de $\delta^{15}\text{N}$ (n = 27; la mayoría, salmón coho) que dependían (80%) de los pellets de salmón. El Grupo E incluye otros salmónidos de vida libre con altos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (n = 8) que se estima que consumen > 70% de su dieta de peces nativos e invertebrados.

Juntos, estos peces pueden caracterizarse por mostrar una dieta extremadamente diversa. Algunos salmónidos parecían depender de desechos de pellet, o bien, de consumidores de estos desechos de alimentos que tienen bajo $\delta^{15}\text{N}$. Por el contrario, otros individuos tenían valores isotópicos y contenidos estomacales indicativos del consumo de peces e invertebrados nativos (alto $\delta^{15}\text{N}$).

Estos cambios no se pudieron asociar con el tamaño individual, o en el caso de los salmones del Atlántico del CES Punta Redonda, con el tiempo transcurrido desde el escape. Con estos resultados no es posible establecer con seguridad que esta especie tenga una dieta particular o identificar un impacto típico de los salmones escapados en las tramas alimentarias nativas, y más bien sugiere que estos podrían ser diversos. No sabemos si en un mayor tiempo transcurrido desde un evento de escape, los salmónidos cambiarán su estrategia trófica de manera consistente desde pellets al consumo de mayores volúmenes de presas nativas (o viceversa). En particular es muy difícil establecer conclusiones en relación al impacto del escape con una muestra tan pequeña. Es por lo tanto de suma importancia que los salmones escapados sean removidos rápidamente del ambiente, especialmente si se trata de un escape masivo, y que escapes de salmón coho y trucha arcoíris podrían generar impactos aún mayores dado que estas especies parecen ser más persistentes en el ambiente (ver **OE2**).

Finalmente, es importante enfatizar la importancia de desarrollar programas continuos de monitoreo de salmónidos escapados y la necesidad de caracterizar mediante isótopos y análisis de contenido gástrico

la red alimentaria donde se insertan los escapes. Se requiere caracterizar muchas de las interacciones ecológicas entre especies nativas y exóticas, muchas de las cuales están pobremente entendidas como la competencia y solapamiento de dietas.

El **OE4** se basó en un programa de monitoreo de la especie lobo marino común (LMC) de la población/lobera de Caleta La Arena, Estuario del Reloncaví, mediante el análisis de fecas, isótopos estables y la propuesta de un modelo de consumo de salmónidos. La finalidad fue evaluar el aporte del consumo de salmónidos, incluyendo la posibilidad de que la afluencia de salmones del Atlántico escapados del CES Punta Redonda se pudiese reflejar en la dieta del LMC. De acuerdo al análisis de fecas del LMC realizado en los meses de enero, mayo y julio de 2018 en la lobera de Caleta La Arena, los principales ítems dietarios del LMC fueron la merluza *sp.* (sin identificar) y la merluza austral.

Los salmónidos tuvieron una nula representación en la dieta del LMC de Caleta La Arena mediante este análisis. Sin embargo, lo anterior podría estar explicado por consumo selectivo de partes blandas de los salmones por parte del LMC. Los análisis de isótopos estables desde muestras de piel de LMC, y que corresponden al consumo y la dieta del LMC de los meses de enero, mayo, julio y noviembre 2018, refuerzan la conclusión de que la merluza es un ítem primario de la dieta del LMC de Caleta La Arena, pero también incluye presencia de pequeños pelágicos y corvina como especies importantes. Los análisis isotópicos revelan que durante mayo y julio 2018 se observa un aumento en la contribución

Tabla 3. Proporción de los distintos ítems presa en la dieta del lobo marino en la lobera de La Arena y alrededores, basada en los resultados obtenidos en este estudio.

Presa	Machos adultos	Machos subadultos	Hembras	Total
Corvina	0,16	0,13	0,16	0,07
Merluza <i>sp.</i>	0,13	0,12	0,21	0,08
Pequeños pelágicos	0,18	0,16	0,33	0,36
Robalo	0,08	0,09	0,07	0,03
Salmon $\delta^{15}\text{N} > 10\text{‰}$	0,25	0,12	0,05	0,13
Salmon $\delta^{15}\text{N} < 10\text{‰}$	0,07	0,27	0,05	0,03
Sierra	0,13	0,10	0,14	0,08

de salmónidos en la dieta del LMC, lo que coincide con el mes del escape del CES Punta Redonda. Lo anterior fue especialmente marcado en machos adultos y subadultos que son las clases de edad que mayormente interactúan la salmonicultura. Para el mes de julio de 2018, en machos adultos el principal ítem consumido fueron los salmones de mayor nivel trófico ($\delta^{15}\text{N} >10\text{‰}$), con una importancia del 25% en la dieta. Para el caso de machos subadultos, el ítem mayormente consumido fueron los salmones de menor nivel trófico ($\delta^{15}\text{N} <10\text{‰}$) con un 27%. Las hembras en este mes muestran un consumo mayor de pequeños pelágicos y de merluza. En cuanto a la estimación de consumo de presas durante el mes de julio 2018, se estimó que el ítem principalmente consumido por los LMCs fueron los pequeños pelágicos, seguido de los salmones de mayor nivel trófico. (Tabla 3)

Considerando el marcado cambio de la dieta hacia salmones registrado en el mes de julio 2018, y un total de seis poblaciones/loberas existentes en la zona, se estimó una remoción de 33.389 salmones por parte del LMC durante julio 2018 asociado al escape del CES Punta Redonda.

El **OES** se basó en un barrido de datos secundarios, prensa y una serie de entrevistas cualitativas con actores del territorio, incluyendo pescadores y pescadoras artesanales, representantes de ONGs ambientales y la industria salmonicultora. La finalidad fue investigar los impactos socio-ecológicos del escape mediante representaciones sociales como la categoría conceptual del estudio. De los resultados se desprende que la percepción y la representación general de la salmonicultura se expresan en tres etapas:

(i) como tiempo pasado, representada con los inicios de la salmonicultura en la zona y su llegada inesperada;

(ii) en el presente, relatada y vivida como un deterioro paulatino de la pesca artesanal (por el deterioro medioambiental y falta de diálogo con la industria); y

(iii) en un futuro carente de certezas, pero con propuestas enfocadas sobre todo en una reevaluación del rol de las comunidades locales en el desarrollo futuro de la industria. Desde las ONGs emerge la percepción de una industria carente de diálogo con las comunidades y sin planes de acción específicos ante su impacto en el medioambiente, un accionar abusivo y una lucha permanente de los pescadores y habitantes

en general por el acceso a los espacios marinos. Las representaciones de la pesca artesanal frente a los escapes son dicotómicas: son una oportunidad económica de corto plazo y una amenaza de riesgo ecológico para los ecosistemas nativos.

La gestión del escape revela la ausencia de un plan de trabajo colectivo entre los distintos actores del territorio. La excesiva burocratización de los procesos administrativos, la débil respuesta comunicacional de la empresa afectada, y la ausencia de un plan que incorpore de forma eficiente a los pescadores en el proceso de recaptura, muestran la ausencia de gobernanza colectiva. Actualmente la gobernanza del tema está definida por el carácter privado de la biomasa, por lo que se atribuye a las empresas los derechos y responsabilidad sobre la misma. Desde los actores se propone avanzar hacia gobernanzas que reconozcan el carácter público de los impactos de los escapes, para de esta manera avanzar en un plan de manejo que involucre a la diversidad de actores claves:

industria, agencias del estado, ONGs y la comunidad pesquera y no pesquera en general. Las propuestas se enfocan en el mejoramiento de los dispositivos de seguridad en los CES, la gestión coordinada con las comunidades en el proceso de instalación de las mismas, el aumento en el número de embarcaciones en los procesos de recaptura mediante el contacto directo con embarcaciones de este rubro. Esto último implica mejorar sustantivamente los precios de compra ante futuros eventos, para que haga atractiva la participación de los pescadores artesanales. Lo anterior sería trascendental para generar nuevos horizontes de desarrollo mediante la creación de un modelo sustentable de acuicultura. Mientras que, el mundo de las ONGs, en su conjunto, reconoce la necesidad de incorporar el conocimiento local en las prácticas de manejo y gobernanza de la industria. Un sector de las ONGs, entiende la sustentabilidad desde un lenguaje de la conservación que dialoga fluidamente con el lenguaje técnico-científico de la industria.

Otro sector pone mayor énfasis en las necesidades y conocimientos locales para la construcción de otros modelos de desarrollo. Avanzar en sistemas participativos de gobernanza localizada, involucra reconocer auténticamente las distintas visiones de sustentabilidad movilizadas desde los distintos actores.

LECCIONES APRENDIDAS DEL SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS ESCAPES DEL CES PUNTA REDONDA

La pesca de investigación tuvo una intensidad y extensión considerables y se prolongó por 11 meses, lo que se refleja en la solidez de los resultados. Sin embargo, por razones de logística, coordinación y permisos esta no alcanzó a cubrir el periodo más crítico después del escape.

Es importante destacar que una vez que este escape ocurrió no fue fácil establecer un sistema de recopilación de información y monitoreo de la pesca informal que estaba ocurriendo. Posiblemente se perdió información por que no hubo suficiente coordinación público-privada y no se pudo recopilar toda la información o validarla de manera adecuada.

De los resultados del estudio es posible establecer que si los salmones escapados tuvieron un impacto en el ecosistema estudiado, esto habría ocurrido 3 a 3 meses posterior al escape, ya que pasado ese periodo se encontraron muy pocos individuos en el área. Los escasos individuos capturados no permiten establecer patrones claros de dieta o preferencia alimentaria. Si bien los salmones que logran sobrevivir deben alimentarse y su dieta parece variar entre pellets y peces pelágicos, existe una brecha relevante de información que no permite contar con conclusiones definitivas respecto a los potenciales impactos de los salmones escapados.

Algunas de las lecciones aprendidas y que se deberían considerar para enfrentar nuevos eventos de escapes incluyen:

1. La necesidad que el monitoreo de los individuos escapados se establezca inmediatamente después del escape y que continúe por al menos 6 meses después del evento, aun cuando no se capturen individuos. Solo así es posible establecer el potencial impacto temporal y espacial de los escapes.

2. La pesca de investigación permite generar información extremadamente valiosa. Sin embargo se requiere de autorizaciones expeditas y que permitan implementar los procedimientos de muestreo y recopilación de información apenas ocurrido el escape.

3. Es necesario que existan protocolos de recopilación de información de las capturas que sean distribuidos en forma eficiente entre los pescadores. Además, es fundamental conocer cuántos pescadores y embarcaciones ejercen la pesca para estimar captura por unidad de esfuerzo. Esto permitiría extrapolar con mayor seguridad la tasa de remoción de los escapados.

4. Es importante que existan algunos tipos de incentivos para la entrega de información por parte de los pescadores.

5. Debe existir un monitoreo permanente de salmónidos en vida libre en los cuerpos de agua donde se ejerce la acuicultura. La intensidad y extensión de los monitoreos debería ser consistente con la cantidad de peces en cultivo.

Por ejemplo, el Seno de Reloncavi o ACS 2 es el cuerpo de agua que tiene y ha tenido una de las mayores producciones sostenidas de salmónidos, por lo tanto debería existir un programa de monitoreo permanente y con una frecuencia al menos trimestral en al menos 4 sectores del seno.

6. Debería existir un plan de comunicación permanente sobre la presencia y abundancia relativa de las especies de salmónidos y especies nativas en los cuerpos de agua donde se ejerce la salmonicultura.

7. Para mayor información y sugerencias ver <https://www.incar.cl/wp-content/uploads/2020/07/PB7.pdf>

