

Puerto Montt, 28 de agosto de 2024

Señores (as)
Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos 280, piso 7
Santiago
Presente

At.: Sr. Daniel Garcés Paredes – Jefe de la División de Sanción y Cumplimiento.
Sr. Felipe Ortúzar Yáñez – Fiscal Instructora Titular.

Ref.: **Presenta Programa de Cumplimiento para Centro de Engorda de Salmónidos (CES) Estero Riquelme, en relación a los cargos formulados mediante Resolución Exenta N°1/ Rol F-041-2022 de 22 de agosto de 2022.**

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, en representación de Cermaq Chile S.A., rol único tributario N°79.784.980-4, empresa de giro de la producción, procesamiento y comercialización de salmónidos (en adelante, “Cermaq”), estando dentro de plazo, conforme a lo establecido en la Resolución Exenta N°1/Rol F-041-2022 de 22 de agosto de 2022 y notificada a esta parte el mismo día, de la Superintendencia del Medio Ambiente (“SMA”), relativa a la formulación de cargos en contra de la unidad fiscalizable “CES ESTERO RIQUELME (RNA 120165)” (en adelante, “Estero Riquelme” o “CES Estero Riquelme”), venimos en presentar Programa de Cumplimiento Refundido (en adelante, “PdC Refundido”), con el objeto de que sea aprobado en los términos propuestos y con ello, suspenda el respectivo procedimiento de sanción y tenga por subsanadas las observaciones realizadas mediante Resolución Exenta N°3/Rol F-041-2022 de 31 de julio de 2024 y notificada el primero de agosto de 2024 (“Resolución con Observaciones”).

Si bien, Cermaq entiende que la presente instancia (incentivo al cumplimiento) no corresponde a aquella para hacer consideraciones respecto a los hechos que constituyeron las supuestas infracciones, solicitamos tener presente algunas consideraciones que a continuación se expondrán.

1. Consideraciones Fáticas en Relación a la Operación del CES Estero Riquelme

Como ya se señaló, la formulación de cargos del presente procedimiento fue presentada mediante Resolución Exenta N°1/Rol F-041-2022 de 22 de agosto de 2022 y notificada el mismo día, formuló dos cargos en contra del CES Estero Riquelme por los siguientes hechos:

- 1.1. *“Superación de la producción máxima autorizada en el CES Estero Riquelme durante el ciclo productivo iniciado el 6 de noviembre de 2017 y finalizado el 22 de agosto de 2019”;*

- y
- 1.2. *“No disponer en un lugar autorizado de 6.975 kg de mortalidad ensilada y despachada desde el CES Estero Riquelme”*

Ante ello y dentro del plazo otorgado, Cermaq, en el constante compromiso de cumplir con la normativa ambiental vigente y cooperar en los procedimientos de sanción, presentó el 12 de septiembre de 2022 un Programa de Cumplimiento para el CES Estero Riquelme (en adelante “PdC”), con sus anexos, para que sea aprobado en los términos propuestos y con ello, suspenda el respectivo procedimiento de sanción.

En dicha instancia, en atención a que en el próximo ciclo productivo de este entonces en el CES Estero Riquelme sería operado por un tercero (Salmones Blumar Magallanes SpA, el dueño de la respectiva concesión de acuicultura), Cermaq propuso que la acción de reducción de biomasa sea implementada en el CES Desembocadura Gajardo. Dicha acción de reducción ya fue implementada de buena fe por Cermaq en el ciclo correspondiente.

Sin embargo, luego de casi 2 años transcurrido desde la presentación de este, es que, el primero de agosto de 2024, fuimos notificados de la Resolución Exenta N°3/Rol F-041-2022 de 31 de julio de 2024, la que presenta observaciones al PdC. Dicha resolución exige que las acciones propuestas sean ejecutadas en el centro objeto del presente procedimiento sancionatorio.

Actualmente, Salmones Blumar Magallanes SpA se encuentra operando el centro en pleno ciclo productivo 2023-2025. Sin perjuicio de lo anterior, hemos adoptado su requerimiento de implementar la reducción en el CES Estero Riquelme, lo cual corresponde a un gran esfuerzo, tanto desde lo económico, de la coordinación, de la gestión. Lo anterior es incluso más considerable, teniendo en cuenta los plazos limitados para cumplir con las presentes observaciones. Esto significa que la reducción de producción será ejecutada dos veces, considerando la acción ya efectuada (Desembocadura Gajardo) y la propuesta en este PdC Refundido (Estero Riquelme).

En este sentido, hemos tenido que adaptar y optimizar la Acción N°5 asociada a “*Elaborar, difundir e implementar un protocolo de control y registro de la mortalidad ensilada y su despacho a planta reductora...*”, específicamente en la forma de implementar, ya que, en el PdC se señaló que “*Su implementación requerirá la instalación o disponibilidad en el centro de un instrumento de medición de volumen de mortalidad ensilada.*”. Así, no se podrá disponer de dicho instrumento de medición, sin perjuicio que la acción en si misma (elaborar, difundir e implementar un protocolo de control y registro de la mortalidad ensilada y su despacho a planta reductora) se realizará de manera efectiva, en coordinación con el actual operador del centro, de acuerdo a los detalles indicados en el PdC Refundido.

2. Del Cargo N°2 y su descripción o ausencia de efectos negativos

En el respectivo PdC, Cermaq, relacionado al Cargo N°2 recién expuesto, señaló que la discrepancia entre la información de la biomasa de la mortalidad ensilada despachada desde el CES Estero Riquelme y la recibida por la planta reductora, es un problema nominal, la que se produce en la diferencia de métodos de estimación de la biomasa de mortalidad que utilizan los centros en comparación y la planta reductora.

Si bien, en la Resolución con Observaciones, específicamente en el punto 32, señala que “... dado que no se acompaña al PDC una descripción de efectos asociados a la infracción, ni un análisis sobre su generación o descarte se requiere que el titular presente los antecedentes necesarios para este fin, adicionándose antecedentes que permitan afirmar el lugar de destino de la mortalidad que fue extraída desde las jaulas del CES y que no fue sometida al sistema de ensilaje, desconociéndose a la fecha el manejo que se realizó de la misma, y los riesgos asociados a esta.”, ello no es posible de cumplir, toda vez que el destino de la mortalidad, sí fue a la planta reductora, según se expuso en el PdC y de acuerdo a los documentos ya acompañados.

Cermaq insiste en este aspecto, incluso aportando más antecedentes, los cuales están contenidos en el informe de fecha 27 de agosto de 2024 de Acuiestudios, en el que se exponen todas las incertidumbres respecto a la obtención de un peso efectivo de la mortalidad ensilada, generándose un descuadre de lo que es informado por el centro y lo efectivamente declarado por la planta reductora, lo que además de obedecer a estimaciones (no exactos) de pesos por unidades, tiene que ver con los químicos utilizados (por normativa); la capacidad de los sistemas de ensilaje; la metodología de contabilización de peces atacados por macrofauna, entre otras.

Todo ello, permite concluir que existen diversas fuentes de incertidumbre que explican las diferencias observadas en la determinación del peso de la mortalidad ensilada entre lo informado por el centro y lo reportado por la planta reductora, por lo que, atendido los antecedentes ya acompañados en el PdC y los que se acompañan en el PdC Refundido, permiten acreditar que no existen efectos negativos asociados al Cargo N°2.

Por lo tanto, solicitamos tener por presentado el PdC Refundido Estero Riquelme y aprobarlo en los términos propuestos, atendido a que cumple con los requisitos normativos y acoge las observaciones establecidas a su primera versión, debiendo, por tanto, suspender el presente procedimiento.

Asimismo, solicitamos tener por presentado, los siguientes documentos a esta presentación:

1. PdC Refundido Estero Riquelme asociado al procedimiento de sanción Rol F-

041-2022;

2. "Informe Integrado de Análisis Ambientales En Columna De Agua Y Sedimento" para el CES Estero Riquelme y sus anexos, los que se pueden descargar del siguiente enlace: <https://we.tl/t-gToIjwgd3Y>;
3. "Procedimiento para el Control de Producción de Biomasa en Centro de Cultivo "Ces Riquelme";
4. "Listado de personal capacitación Procedimiento Control Biomasa CES Riquelme";
5. Informe de Acuiestudios relacionado a "Fuentes de incertidumbre en la determinación del peso de la mortalidad ensilada";
6. Borrador de "Protocolo de control y registro de mortalidad ensilada"
7. Documentos con las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo y de control de las estaciones "Allowable Zones of Effect" (AZE)", el cual puede ser descargado en el siguiente enlace: <https://we.tl/t-NROzMDiLfa>.

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.



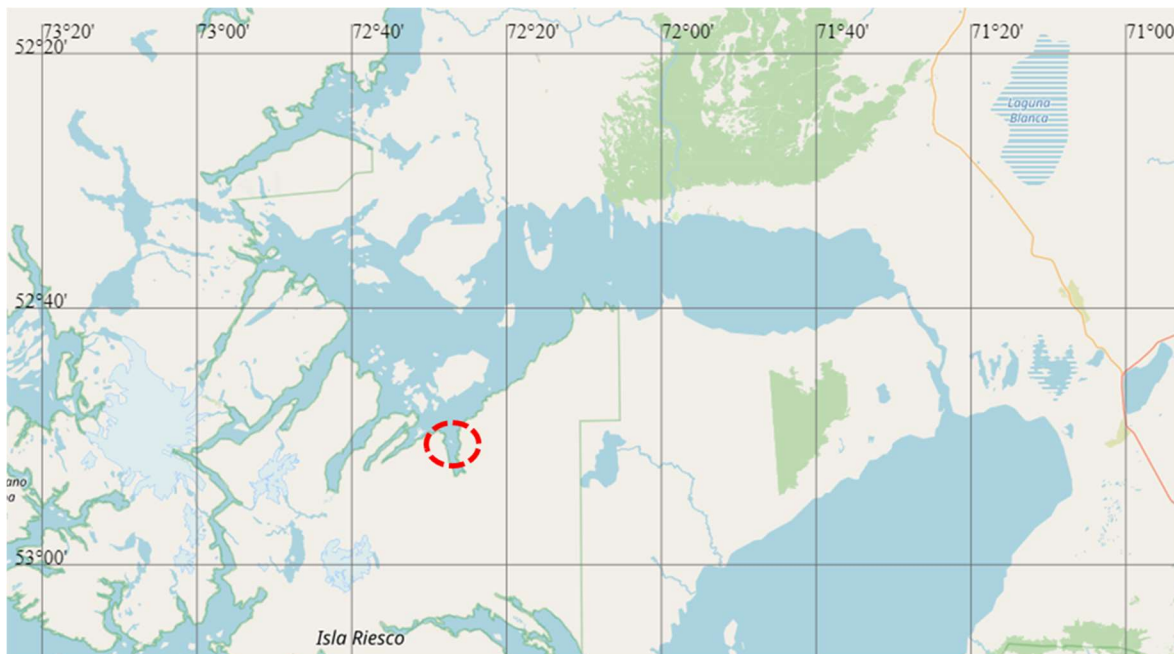
Juan Nicolás Vial Cosmelli
p.p. **CERMAQ CHILE S.A.**

INFORME INTEGRADO DE ANÁLISIS AMBIENTALES EN COLUMNA DE AGUA Y SEDIMENTO

**Proyecto: “CENTRO DE CULTIVO DE SALMONES ESTERO
RIQUELME, COMUNA DE RÍO VERDE, PROVINCIA DE
MAGALLANES, DÉCIMA SEGUNDA REGIÓN DE MAGALLANES Y
ANTÁRTICA CHILENA, N° PERT 207121034”**

SOLICITANTE: CERMAQ CHILE S.A.

EJECUTOR: IA Consultores SpA.



Agosto de 2024

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	3
2	Evaluación de Aportes Adicionales en la Columna de agua	3
2.1	Descripción de la columna de agua	4
2.2	Cuantificación de la emisión de nutrientes orgánicos e inorgánicos mediante balance de masas.....	7
2.2.1	Resultados de la emisión de nutrientes	11
2.3	Determinación del consumo de oxígeno y nutrientes	14
2.3.1	Consumo de nutrientes.....	14
2.3.2	Consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo	17
2.4	Evaluación de la condición ambiental de la columna de agua	19
2.5	Discusión y Conclusiones	24
3	Evaluación del sedimento del fondo marino	27
3.1	Metodología para la modelación	27
3.1.1	NewDepomod	27
3.1.2	Definición del Área de Influencia (AI).....	34
3.2	Objetivos de la modelación.....	34
3.3	Datos de entrada del balance de masas.....	35
3.4	Descripción del área de estudio.....	36
3.4.1	Batimetría	36
3.4.2	Hidrodinámica del área modelada	37
3.5	Antecedentes de la modelación	38
3.5.1	Grilla de Modelación	38
3.5.2	Cálculo de los valores de flujo diario y flujo anual de carbono	38
3.6	Resultados de la modelación.....	39
3.7	Uso de antibióticos y antiparasitarios.....	41
3.8	Conclusiones.....	41
4	Anexos (adjuntos en formato digital)	44

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

1 Introducción

El presente análisis se realiza en el contexto de las observaciones efectuadas a la titular del CES “Estero Riquelme” (RNA 120165), CERMAQ CHILE S.A., por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “SMA” o “Superintendencia”) en la RES. EX. N° 1 / ROL F-041-2022 y la posterior RES. EX. N° 3 / ROL F-041-2022, en adelante la “Resolución”, analizando los aportes adicionales producidos en la columna de agua y sedimento, así como sobre la biota presente en el fondo marino.

El presente informe consta de dos secciones principales. La primera se centra en identificar los aportes adicionales en la columna de agua, mediante el uso de un balance de masas y análisis de información de terreno. La segunda parte corresponde en determinar el aporte adicional en el sedimento marino dado por la sobreproducción del ciclo 2017 – 2019, mediante el uso del modelo de sedimentación NewDepomod y análisis de la información disponible. En ambas secciones se comparan los resultados del ciclo de sobreproducción con los del ciclo de producción autorizada, y adicionalmente con los del ciclo con producción reducida que se presenta a con el fin de reducir el efecto.

2 Evaluación de Aportes Adicionales en la Columna de agua

Con el fin de identificar y evaluar los aportes adicionales en la columna de agua, se realizó el presente análisis mediante balance de masas, cuyos objetivos buscan dar respuesta a lo siguiente:

1. Identificar el aporte de nutrientes en el mes de máxima emisión de nutrientes, que representa la condición más desfavorable, durante el ciclo 2017 – 2019, objeto de la sobreproducción.
2. Comparar el aporte de nutrientes del ciclo 2017 – 2019 con el aporte de nutrientes de un ciclo productivo según máxima producción autorizada a través de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA 032/2014) del CES Estero Riquelme (en adelante “ciclo producción autorizada”).
3. Analizar los resultados con el fin de evaluar los aportes adicionales sobre la columna de agua y biota.

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

4. Determinar el consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo, los nutrientes y materia orgánica emitidos a la columna de agua y comparar el consumo de oxígeno entre el ciclo 2017 – 2019 y el ciclo según producción autorizada por RCA.
5. Presentar el ciclo de producción reducida como propuesta de escenario ambientalmente favorable en relación al aporte adicional del ciclo 2017 – 2019, evaluando su emisión de nutrientes y sedimentación con los resultados obtenidos de los ciclos de producción autorizada y de sobreproducción.

Para ello, el presente estudio cuenta con la siguiente batería de análisis:

- Descripción de los ciclos productivos a analizar.
- Cálculo de la emisión de nutrientes a la columna de agua mediante balance de masas, de acuerdo con lo descrito por Wang et. al., 2012¹.
- Cálculo del consumo de oxígeno por oxidación de nutrientes, según Boyle, et.al., (© 2016–2021 Global Aquaculture Alliance²)
- Cálculo del consumo de oxígeno por parte de la biomasa en cultivo, según Bergheim et.al., 1993³

2.1 Descripción de la columna de agua

En relación con las características oceanográficas del sector, se analizaron los perfiles de la columna de agua realizados en los monitoreos INFA de los años 2019, 2020 y 2021, además de la CPS de 2013. Se observa una columna sin estratificación, con baja salinidad pero con un aumento gradual de ésta, con mínimas cercanas a 17 PSU en superficie, llegando cerca entre 18 y 19 PSU a partir de los 60 m de profundidad. Tanto la salinidad como la temperatura muestran un componente estacional, con temperaturas máximas en los meses de verano, con 9 a 9,5°C en superficie, y mínimas en invierno, en torno a 5°C en superficie en el mes de agosto de 2013. La temperatura tiende a estabilizarse a partir de los 60 m, donde al parecer se mantiene entre 6 y 7,5 °C a lo largo del año. La salinidad

¹ Wang X., Olsen L.M., Reitan K.I., Olsen Y. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. Aquacult Environ Interact. Vol. 2: 267–283, 2012.

² <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/understanding-oxygen-demand-aquafeeds>

³ Bergheim, A., Forsberg, O.I., Sanni, S., (1993). Biological basis for landbased farming of Atlantic salmon: oxygen consumption. In: Reinertsen, Dahle, Jørgensen, Tvinnereim, (eds.), Fish Farming Technology, p. 289 95. A.A. Balkema, Rotterdam. ISBN 90 5410 326 4.

máxima se presenta en los meses de enero y marzo, mientras que en los meses de invierno éstas bajan en toda la columna.

En cuanto a los valores de oxígeno, en la mayoría de los perfiles realizados las concentraciones en superficie varían entre 9 y 10 mg/l, las que descienden de forma gradual hasta 7 mg/l a 70 m de profundidad y 6 mg/l a 80 m de profundidad. Existen sin embargo los registros realizados en los muestreos INFA de 30-03-2019 y de 18-06-2021, en los que las concentraciones de oxígeno caen rápidamente a partir de los 40 o 50 m de profundidad, alcanzando un promedio a nivel de fondo de 1.29 mg/l en el muestreo de 2019 y un promedio de 0.7 mg/l en el muestreo de 2021. Las bajas concentraciones estarían afectando a la zona profunda de la columna de agua, por lo que es posible asumir que corresponde a una masa de agua subsuperficial con estas características, la que habría estado presente en el momento de realizarse los muestreos indicados.

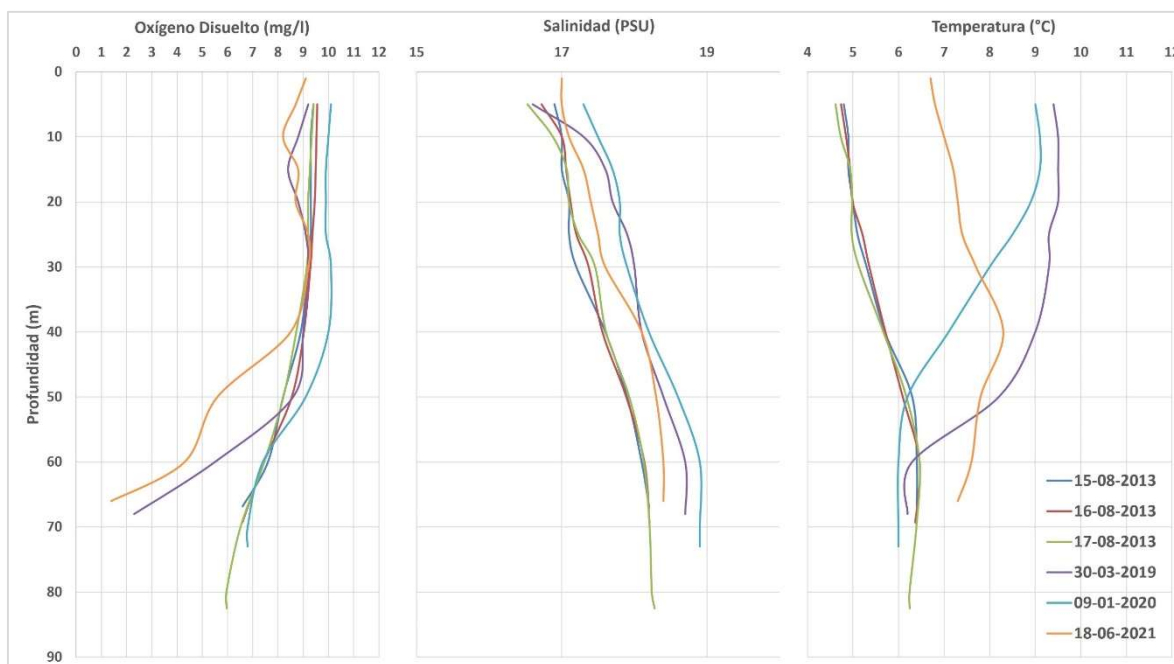


Figura 1. Perfiles de columna obtenidos en los monitoreos INFA de Estero Riquelme.

En cuanto al comportamiento hidrodinámico, éste se analizó con el objetivo de calcular una tasa de dilución de los nutrientes emitidos **por el centro de cultivo en su mes de máxima emisión de nutrientes**. Para ello, en primer lugar, se requiere conocer la velocidad

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

promedio de la corriente en la zona de emisión de nutrientes, comprendida entre los 6 y los 20 m de profundidad. Utilizando la correntometría utilizada para las modelaciones NewDepomod, realizada entre los días 01 de septiembre y 10 de octubre de 2017, se calculó la velocidad promedio del período de medición en el rango de profundidades indicado, obteniéndose una velocidad promedio de 8.97 cm/s. Para más información ver en **Anexo - Correntometría**.

En relación con las concentraciones de nutrientes, es importante destacar que los ecosistemas pelágicos son principalmente afectados por las cargas de nutrientes inorgánicos (Olsen y Olsen, 2008), lo que corresponde al fósforo y al nitrógeno inorgánico disueltos (DIP y DIN por sus siglas en inglés). La zona afectada por la descarga de nutrientes de los centros de cultivo corresponde a las aguas de la zona fótica, donde se realiza la fotosíntesis y en las cuales la mayoría de los nutrientes se drenan (Wang. et.al. 2012). Siguiendo el trabajo de Wang et.al., 2012, se evaluará la carga de nutrientes en la capa fótica comprendida entre 0 y 20 m de profundidad, con el fin de calcular posteriormente su demanda de oxígeno en el proceso de oxidación.

A continuación se resumen los análisis de nutrientes realizados en las inmediaciones del centro Estero Riquelme por parte del titular, en el contexto de las evaluaciones ASC realizadas en sus centros de cultivo. Los valores indicados corresponden a los obtenidos en las estaciones control. Para mayor información ver informes en Anexos – Selección Nutrientes Estero Riquelme.

Tabla 1. Valores promedio de los análisis de nutrientes obtenidos en las estaciones control de evaluaciones ASC, en centros de cultivo cercanos al centro Estero Riquelme.

Fecha muestreo	Informe	Centro	Amonio (mg/l)	Ntrito (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Ortofosfato (mg/l)
			prom.	prom.	prom.	prom.
jul-23	ASC	Punta Dársena		0,020	0,010	0,020
may-23	ASC	Punta Dársena		0,003	0,007	0,010
nov-23	ASC	Punta Dársena		0,020	0,010	0,020
ene-23	ASC	Punta Dársena		0,060	0,013	0,007
jun-17	170700679	Punta Dársena		<0,002	0,339	0,016
jun-17	170701233	Dársena Norte		<0,002	0,326	0,014
jul-23	ASC	Surgidero Furia		0,013	0,020	0,020
may-23	ASC	Surgidero Furia		0,017	0,017	0,020
nov-23	ASC	Surgidero Furia		0,052	0,020	0,020

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

ene-23	ASC	Surgidero Furia	0,023	0,010	0,030
jun-17	170700702	Surgidero Furia	<0,002	0,400	0,021
jun-17	170700683	Laura Norte	<0,002	0,263	0,013
jul-19	ASC	Punta Laura	<0,002	0,400	0,030
may-19	ASC	Punta Laura	0,027	0,047	0,027
nov-19	ASC	Punta Laura	0,048	0,533	0,060
ene-19	ASC	Punta Laura	0,067	0,103	0,097
ene-23	ASC MA 2	Ensenada Rys			0,011
feb-23	ASC MA 2	Ensenada Rys	0,168	0,430	0,122
mar-23	ASC MA 2	Ensenada Rys	0,583	<2	0,620
abr-23	ASC MA 2	Ensenada Rys	0,675	<2	0,620
may-23	ASC MA 2	Ensenada Rys	0,570	<2	0,713
jun-23	ASC MA 2	Ensenada Rys	0,597	<2	0,730
Promedio			0,519	0,032	0,173
Mínimo			0,168	0,003	0,007
Máximo			0,675	0,067	0,533
Desviación estándar			0,200	0,023	0,191

2.2 Cuantificación de la emisión de nutrientes orgánicos e inorgánicos mediante balance de masas.

Según lo indicado por Wang et.al., 2012⁴ la acuicultura libera a la columna de agua carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P), ver Figura 2. El nitrógeno inorgánico disuelto, abreviado como DIN (N aportado por el amoníaco, NH₃⁺) y el fósforo inorgánico disuelto, abreviado como DIP (P aportado por el fosfato, PO₄³⁻), se liberan a través de la excreción de los ejemplares de cultivo, y el C inorgánico como CO₂ se libera a través de la respiración de los peces. Las partículas orgánicas del C, N y P, como el Carbono Orgánico Particulado (POC), el Nitrógeno Orgánico Particulado (PON) y el Fósforo Orgánico Particulado (POP), se liberan a través de la defecación de los peces y del alimento no consumido. El C, N y P orgánicos disueltos, como el Carbono Orgánico Disuelto (DOC), el Nitrógeno Orgánico Disuelto (DON) y el Fósforo Orgánico Disuelto (DOP), se generan a través de la disolución

⁴ Wang X., Olsen L.M., Reitan K.L., Olsen Y. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. Aquacult Environ Interact. Vol. 2: 267–283, 2012.

de fracciones orgánicas de partículas de fecas y alimento procedentes tanto de la columna de agua como de las ya sedimentadas (Olsen y Olsen 2008⁵).

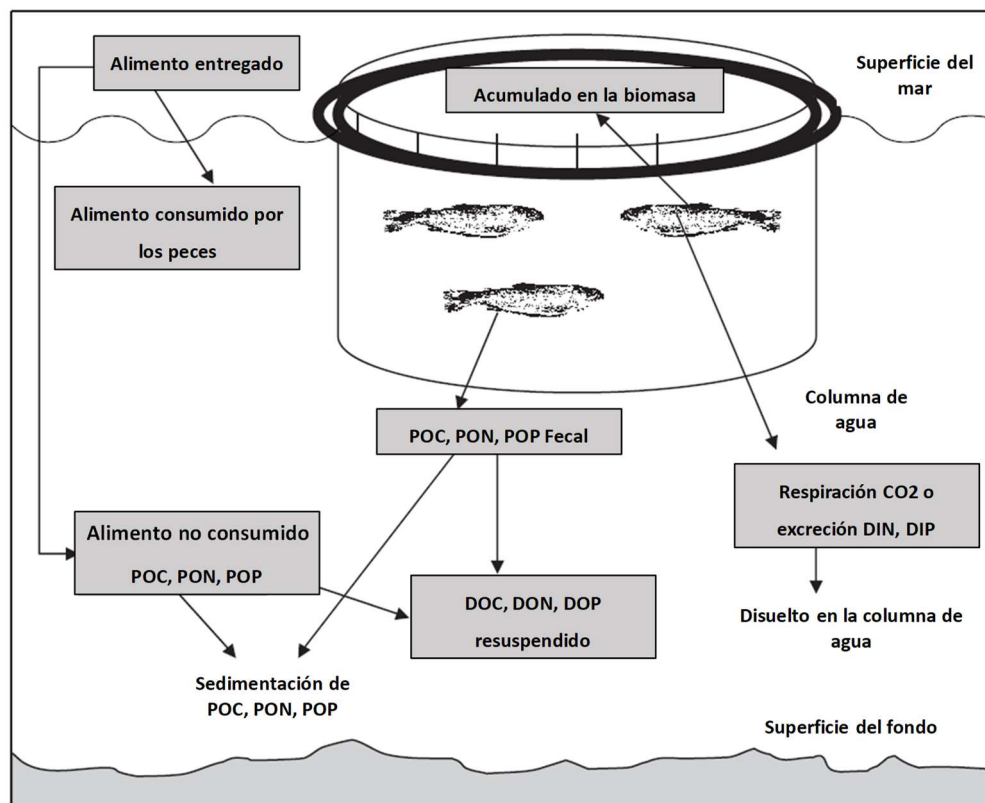


Figura 2. El flujo y el destino de los nutrientes de un sistema de cultivo de salmónidos. El nitrógeno y el fósforo inorgánicos disueltos (DIN y DIP, respectivamente) se liberan a través de la excreción de los peces, y el carbono inorgánico (CO₂) a través de su respiración. Las partículas orgánicas C, N y P (POC, PON y POP, respectivamente) se liberan a través las fecas de los ejemplares y el alimento no consumido. C, N y P orgánicos disueltos (DOC, DON y DOP, respectivamente) se resuspenden a partir de heces y partículas de alimento no consumido. Figura traducida de Wang et al., 2012.

Las grandes partículas fecales y el alimento no consumido se hunden rápidamente y podrían acumularse en los sedimentos del fondo marino (Cromey et al. 2002⁶, Olsen & Olsen 2008, Nickell et al. 2009⁷). El DON y el DOP se disuelven del alimento y las partículas fecales, y pueden constituir moléculas pequeñas que contienen N y P como, por ejemplo,

⁵ Olsen Y, Olsen LM (2008) Environmental impact of aquaculture on coastal planktonic ecosystems. In: Tsuka - moto K, Kawamura T, Takeuchi T, Beard TD Jr, Kaiser MJ (eds) Fisheries for global welfare and environment. Proc 5th World Fisheries Congress 2008, Terrapub, Tokyo, p 181-196.

⁶ Cromey CJ, Nickell TD, Black KD (2002) DEPOMOD—modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. Aquaculture 214: 211-239

⁷ Cromey CJ, Nickell TD, Treasurer J, Black KD, Inall M (2009) Modelling the impact of cod (*Gadus morhua* L.) farming in the marine environment—CODMOD. Aquaculture 289: 42-53

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

aminoácidos y nucleótidos, pero en su mayoría comprenden compuestos químicos complejos disueltos ($<0.2 \mu\text{M}$) que están disponibles para bacterias y para el fitoplancton en una escala de tiempo más larga (Palenik y Morel 1990⁸, Fan et al. 2003⁹, Stoecker & Gustafson 2003¹⁰).

En la Tabla N° 5 se muestran los resultados del balance de masas de emisión de Carbono (C), Nitrógeno (N) y Fósforo (P) biogénicos generados por el centro de cultivo, mediante la metodología de balance de masas descrita por Wang et.al., 2012. El balance de masas se calcula mediante los coeficientes indicados en la Tabla N° 2. Dado que la emisión de nutrientes consiste en un flujo, el cálculo es realizado con los valores productivos del mes de máxima emisión de nutrientes (condición más desfavorable). Los parámetros productivos mensuales se presentan en la Tabla N° 3.

Tabla 2. Coeficientes del modelo para el contenido de agua del alimento y los peces, la eficiencia de asimilación (EA) del carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) del alimento, el contenido de C, N y P en alimento y peces y la velocidad de lixiviación (es decir, fracción soluble) de materia fecal y de alimentación C, N y P. DW: peso seco; WW: peso húmedo (según Wang et. al., 2012). **Todos los cálculos se realizaron sobre el mes de máxima emisión de nutrientes, teniendo en cuenta el incremento de biomasa en dicho mes, dado que es el dato directamente asociado al volumen de alimento entregado.**

Coeficientes	Ciclo producción autorizada	Ciclo 2017 – 2019	Ciclo Producción reducida	Referencias
Mes de máxima emisión	mes 22	mes 22	mes 11	Información Cermaq
FCR	1.17	1.17	1.07	Información Cermaq
Biomasa producida (Ton)	685.7	712.2	624.8	Información Cermaq
Alimento entregado (Ton)	842.8	875.3	671.0	Información Cermaq
Alimento no consumido	1.0%	1.0%	1.0%	Morriey D., et.al, Niwa Report, 2011
Humedad en alimento (DW)	9.0%	9.0%	9.0%	Información Cermaq
Materia seca en peces (WW)	33.5%	33.5%	33.5%	Talbot et al. (1986)
Eficiencia asimilación C (AE)	80.0%	80.0%	80.0%	Cheshuk et al. (2003), Corner et al. (2006)
Contenido de C en alimento (DW)	49.0%	49.0%	49.0%	Información Cermaq
Contenido de C en el pez (DW)	50%	50%	50%	Olsen & Olsen (2008)
Fracción soluble C en alimento y fecas (DW)	15%	15%	15%	Chen et al. (2003)
Eficiencia asimilación N (AE)	85%	85%	85%	T. Lea, Skretting AS
Contenido de N en alimento (DW)	7.2%	7.2%	7.2%	Gillibrand et al. (2002),

⁸ Palenik B, Morel FMM (1990) Amino-acid utilization by marine-phytoplankton: a novel mechanism. *Limnol Oceanogr* 35: 260–269.

⁹ Fan CL, Glibert PM, Burkholder JM (2003) Characterization of the affinity for nitrogen, uptake kinetics, and environmental relationships for *Proocentrum minimum* in natural blooms and laboratory cultures. *Harmful Algae* 2: 283–299

¹⁰ Stoecker DK, Gustafson DE Jr (2003) Cell-surface proteolytic activity of photosynthetic dinoflagellates. *Aquat Microb Ecol* 30: 175–183

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

				Mente et al. (2006)
Contenido de N en el pez (WW)	3.0%	3.0%	3.0%	Ackefors & Enell (1990),
Contenido de N en el pez (DW)	9.0%	9.0%	9.0%	Davies & Slaski (2003)
Fracción soluble N en alimento y fecas (DW)	15.0%	15.0%	15.0%	Chen et al. (2003)
Eficiencia asimilación P (AE)	50.0%	50.0%	50.0%	Reid et al. (2009), Bureau et al. (2003)
Contenido de P en alimento (DW)	1.20%	1.20%	1.20%	Petersen et al. (2005), Reid et al. (2009)
Contenido de P en el pez (WW)	0.40%	0.40%	0.40%	Talbot et al. (1986)
Contenido de P en el pez (DW)	1.19%	1.19%	1.19%	
Fracción soluble P en alimento y fecas (DW)	15.0%	15.0%	15.0%	Sugiura et al. (2006)

Tabla 3. Detalle del incremento mensual de biomasa y alimento mensual entregado, en toneladas, de los 3 ciclos modelados relativos al CES Estero Riquelme. Se resaltan en negrita los valores de máximo incremento de biomasa y máxima cantidad de alimento entregado en un mes, correspondientes a la condición más desfavorable utilizada para la modelación de nutrientes de cada ciclo.

Mes	Ciclo producción autorizada			Ciclo 2017 – 2019			Ciclo Producción reducida		
	Biomasa mensual	Incremento biomasa	Alimento	Biomasa mensual	Incremento biomasa	Alimento	Biomasa mensual	Incremento biomasa	Alimento
1	268	-	82	279	-	86	44	-	4
2	353	85	103	367	88	107	48	5	30
3	443	90	110	461	94	114	174	125	61
4	556	112	136	577	117	142	293	120	81
5	685	130	158	712	135	164	378	85	102
6	839	153	187	871	159	194	484	105	164
7	1,007	168	205	1,046	175	213	652	168	234
8	1,203	196	239	1,250	204	248	889	237	354
9	1,423	220	268	1,478	228	278	1,242	353	439
10	1,659	236	288	1,723	245	299	1,671	429	489
11	1,929	270	329	2,003	280	342	2,139	468	671
12	2,215	287	350	2,301	298	364	2,763	625	629
13	2,539	324	396	2,637	337	412	3,333	570	574
14	2,893	354	433	3,005	367	450	3,842	509	463
15	3,238	345	424	3,364	359	440	4,244	402	413
16	3,638	399	490	3,778	415	509	4,595	351	376
17	4,068	430	528	4,225	447	548	4,907	312	354
18	4,546	478	587	4,721	497	610	5,194	287	425
19	5,042	496	610	5,236	515	633	5,532	338	449
20	5,590	548	674	5,806	570	700	5,880	348	523
21	6,176	586	721	6,414	608	749	6,268	388	339
22	6,862	686	843	7,127	712	875	1,219	-	5

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

De la tabla anterior se desprende que los meses con mayor emisión de nutrientes, es decir más desfavorables para la emisión de nutrientes, corresponden al mes 22 para los ciclos de producción autorizada y 2017 – 2019, mientras que para el ciclo de producción reducida corresponde al mes 11. Los valores identificados de alimento entregado e incremento de biomasa en dichos meses son los utilizados en los balances de masas, según puede verse en la Tabla N° 2, filas 3 y 4.

A continuación, se detalla la secuencia de ecuaciones utilizadas para el cálculo y los resultados obtenidos más adelante:

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1) Balance de masas de C, N y P en peces: | $I = A + F = G + E + F$ |
| Siendo: | |
| I | Consumo de alimento (DW) |
| A | Alimento asimilado (DW) |
| F | defecación (DW) |
| G | Crecimiento (DW) |
| E | excreción (DW) |
| 2) Eficiencia de asimilación AE (=eficiencia digestiva) | $AE = A / I$ |
| 3) Excreción de Nutrientes (E) | $E = A - G = (I \times AE) - G$ |
| 4) Emisión de Fecas (F) | $F = I - A = I \times (1 - AE)$ |

2.2.1 Resultados de la emisión de nutrientes

De acuerdo con el análisis y metodología del punto anterior, se presentan a continuación los resultados de la emisión de nutrientes en la columna de agua.

Emisión mensual de nutrientes en la columna de agua

Tabla 4. Se detalla en toneladas peso seco (DW) los resultados de alimento no consumido (A), crecimiento (G) y alimento consumido (I).

	Ciclo producción autorizada	Ciclo 2017 – 2019	Ciclo Producción reducida
Biomasa	686	712	625
Alimento entregado	843	875	671
Alimento consumido	834	867	664
Alimento no consumido (A)	7.7	8.0	6.1
Crecimiento (G)	230	239	209
Consumo de alimento (I)	759	789	605

Tabla 5. Se detallan la excreción de C, N y P mediante excreción de los peces y emisión de fecas de los salmónidos a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO2 eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amoníaco (NH3) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO4 3-) por la orina de los ejemplares. Valores en toneladas mensuales.

	Contenido C, N, F	Abrev.	Ciclo producción autorizada		Ciclo 2017 – 2019		Ciclo Producción reducida		Destino
			Ton	%	Ton	%	Ton	%	
Alimento entregado	Carbono		375.8	100%	390.3	100%	299.2	100%	---
	Nitrógeno		55.2	100%	57.4	100%	44.0	100%	---
	Fósforo		9.2	100%	9.6	100%	7.3	100%	---
Biomasa	Carbono		114.9	31%	119.3	31%	104.6	35%	---
	Nitrógeno		20.6	37%	21.4	37%	18.7	43%	---
	Fósforo		2.7	30%	2.8	30%	2.5	34%	---
Excreción	Carbono	CO2	182.8	49%	189.8	49%	132.3	44%	columna y atm.
	Nitrógeno	DIN	25.9	47%	26.9	47%	18.3	42%	columna
	Fósforo	DIP	1.8	20%	1.9	20%	1.1	15%	columna
Alimento no consumido + fecas	Carbono	POC	66.4	18%	69.0	18%	52.9	18%	sedimento
	Nitrógeno	PON	7.4	13%	7.7	13%	5.9	13%	sedimento
	Fósforo	POP	4.0	43%	4.1	43%	3.1	43%	sedimento
Lixiviado de fecas y alimento	Carbono	DOC	11.7	3%	12.2	3%	9.3	3%	columna
	Nitrógeno	DON	1.3	2%	1.4	2%	1.0	2%	columna
	Fósforo	DOP	0.7	8%	0.7	8%	0.6	8%	columna

En relación con la cuantificación de las emisiones de N, P y C inorgánicos, del 100% del C, N y P entregados mediante el alimento, el balance de masas realizado arroja que entre un 44% y un 49% del C es excretado como CO2 durante la respiración de los peces, mientras que entre un 42% y un 47% del N es excretado como amoníaco (NH3) a través de las branquias (DIN) de éstos. En cuanto al fósforo, entre un 15% y un 20% del P es excretado como fosfato (PO4 3-) a través de la orina de los peces (DIP). Adicionalmente, el proceso de lixiviación de las fecas y alimento aporta con carbono, nitrógeno y fósforo orgánicos disueltos, con un 3%, 2% y 8% respectivamente, del total de estos elementos ingresados mediante el alimento.

Concentración de nutrientes

A partir de los volúmenes totales de nutrientes emitidos a lo largo de un mes, presentados en la Tabla N° 5, se calcula a continuación la tasa de emisión de éstos, con el fin de obtener

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

una aproximación a las concentraciones en mg/l que habrían sido aportadas al cuerpo de agua receptor.

Para el cálculo de las tasas de emisión se utilizó la velocidad promedio de la corriente en la capa superficial (6 - 20 m de profundidad), la que es de 8.97 cm/s y se calculó la velocidad de recambio del agua en el volumen del centro de cultivo. Conociendo este valor, es posible calcular la cantidad de litros por unidad de tiempo que atravesarían el centro de cultivo, y de esta manera obtener una concentración promedio de los nutrientes que emitió. **Con el fin de asumir la condición más desfavorable, se minimizó al máximo la velocidad de recambio al asumir que la corriente siempre se mueve a lo largo del eje más largo del centro de cultivo.** Por lo tanto, dado el volumen del centro de cultivo y la corriente paralela a éste, se calcularon las concentraciones por unidad de volumen (m³) considerando que cada m³ se desplaza a lo largo de todo el tren de jaulas, durante un período igual a la velocidad de recambio del volumen de agua del centro. Tiempo durante el cual se acumulan los nutrientes y carbono orgánico antes de ser emitidos hacia el exterior del centro de cultivo.

Se detallan a continuación las ecuaciones de cálculo utilizadas:

- Tiempo de recambio del volumen de agua del centro = longitud del centro / velocidad promedio de la corriente (8.97 cm/s).
- Flujo de emisión = Volumen del centro / velocidad de recambio.
- Concentración de emisión de un nutriente o partícula = carga de nutriente o partículas generadas diariamente / flujo de agua emitido diariamente.

Tabla 6. Cálculo de la tasa de emisión de nutrientes inorgánicos y orgánicos en la columna de agua en el mes de máxima emisión de nutrientes en el CES Estero Riquelme, utilizando para ello los valores de emisión mensual de DIN, DIP, DOC, DON y DOP. El aporte adicional corresponde a la diferencia entre la emisión del ciclo 2017 – 2019 y el ciclo de producción autorizada. El efecto ambientalmente favorable corresponde a la diferencia entre el aporte del ciclo de producción reducida y el ciclo de producción autorizada.

Item	Ciclo producción autorizada	Ciclo 2017 – 2019		Ciclo Producción reducida		Unidad
		Aporte adicional		Efecto favorable		
Longitud tren de jaulas	280	280	-	320	-	m
Volumen centro	336,000	336,000	-	384,000	-	m³

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Velocidad promedio corriente superficial	8.97	8.97	-	8.97	-	cm / s
Tiempo de recambio volumen de un tren de jaulas	52	52	-	59	-	minutos
Flujo de emisión	6,458	6,458	-	6,458	-	m³ / min
Emisión de N inorgánico disuelto	92.8	96.4	3.6	65.4	-27.4	mg DIN / m³
Emisión de P inorgánico disuelto	6.5	6.7	0.3	4.0	-2.5	mg DIP / m³
Emisión de C orgánico disuelto	42.0	43.6	1.6	33.5	-8.6	mg DOC / m³
Emisión de N orgánico disuelto	4.7	4.9	0.2	3.7	-1.0	mg DON / m³
Emisión de P orgánico disuelto	2.5	2.6	0.1	2.0	-0.5	mg DOP / m³

El máximo aporte de nutrientes inorgánicos y orgánicos a la columna de agua, en la condición más desfavorable, según lo descrito anteriormente, corresponde a los valores DIN, DIP, DOC, DON y DOP indicados en la Tabla N° 6.

Se destacan en negrita en la tabla anterior los valores de aporte adicional del ciclo 2017 – 2019 y los valores de efecto ambientalmente favorable del ciclo de producción reducida. **Se observa que en todos los casos, el ciclo de producción reducida genera un efecto ambientalmente favorable que supera ampliamente los nutrientes aportados por el ciclo 2017 – 2019.**

2.3 Determinación del consumo de oxígeno y nutrientes

2.3.1 Consumo de nutrientes

Según lo indicado por Boyle, et.al., (© 2016–2021 Global Aquaculture Alliance¹¹) los componentes orgánicos e inorgánicos del alimento emitidos al medio ambiente son aquellos que no se encuentran en la biomasa en el momento de la cosecha y que no fueron retirados del sistema de cultivo durante el ciclo de producción (mortalidad, etc). El carbono orgánico es oxidado a dióxido de carbono por las especies de cultivo y los microorganismos que descomponen el alimento no consumido y las heces. Los animales de cultivo y los microorganismos también excretan amoníaco en el agua que es nitrificada a nitrato por bacterias especializadas.

¹¹ <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/understanding-oxygen-demand-aquafeeds>

La oxidación de la materia orgánica por las especies de cultivo y por las bacterias y otros organismos de descomposición es un proceso complejo que involucra la glucólisis y el ciclo de Krebs. Sin embargo, la demanda potencial de oxígeno de la materia orgánica en el alimento se puede calcular mediante la siguiente ecuación simple:



El carbono tiene un peso molecular de 12 y el peso molecular del oxígeno molecular (O₂) es 32. Por lo tanto, se necesitan 2.67 (32/12) kg de oxígeno para oxidar un kilogramo de C orgánico.

El amonio del nitrógeno en el alimento se oxida mediante bacterias nitrificantes, reacción que se representa mediante la siguiente ecuación:



El peso molecular del nitrógeno es de 14, mientras que el peso molecular del oxígeno x2 (dos moléculas) es de 64. Por tanto, cada molécula de amonio oxidada a nitrato requiere dos moléculas de oxígeno molecular. Por lo tanto, cada kilogramo de nitrógeno amoniacal oxidado requiere 4.57 (64/14) kg de oxígeno molecular.

Teniendo en cuenta las bases de cálculo indicadas, y los valores de nutrientes analizados previamente, se determinan a continuación los respectivos consumos de oxígeno.

Tabla 7. Se muestra la demanda potencial de oxígeno necesaria para oxidar totalmente el flujo de amoníaco a nitrito y de carbono orgánico a CO₂, emitidos por el centro de cultivo. Se muestran también las constantes de degradación, las que permitirán calcular los tiempos necesarios para que sucedan los procesos de oxidación.

		Concentración en el punto de emisión mg/m ³	Demanda potencial de oxígeno mg O ₂ / l	Constante de degradación	
Ciclo producción autorizada	Amoníaco (NH ₃) excretado por las branquias (DIN)	25.9	0.424	1.27 mg/m ³ /día	(Kitidis, et.al., 2011)
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	42.0	0.112	0.15 K / día	(Avimelech, el.al., 1995)
	Carbono Orgánico particulado (POC)	71.4	0.191	0.15 K / día	(Avimelech, el.al., 1995)
Ciclo 2017 - 2019	Amoníaco (NH ₃) excretado por las branquias (DIN)	26.9	0.441	1.27 mg/m ³ /día	(Kitidis, et.al., 2011)

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Ciclo de producción reducida	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	43.6	0.117	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)
	Carbono Orgánico particulado (POC)	74.2	0.198	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)
	Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN)	18.3	0.299	1.27 mg/m³/día	(Kitidis, et.al., 2011)
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	33.5	0.089	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)
	Carbono Orgánico particulado (POC)	56.9	0.152	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)

Dadas las constantes de degradación indicadas en la tabla anterior, a continuación, se muestran los resultados de demanda de oxígeno y tiempos requeridos para la oxidación total del amoníaco y carbono orgánico emitidos por el centro.

Tabla 8. A partir de las constantes de degradación se obtiene la demanda diaria de O2 para cada componente y la demanda total diaria por litro. Se utiliza la tasa de difusión de oxígeno atmosférico al agua de mar calculada por Waldichuk, M, 1975¹² para estimar el tiempo de recuperación del oxígeno utilizado en la degradación del amoníaco y el carbono orgánico.

		Demanda diaria de O2	Demanda total diaria	Tasa de difusión de O2 atm-agua	Tiempo de recuperación
		mg O2/l/día	mg O2/l/día	mg O2/l/día	minutos
Ciclo producción autorizada	Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN)	0.0058			
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	0.0168	0.0512	2.4	30.7
	Carbono Orgánico particulado (POC)	0.0286			
Ciclo 2017 – 2019	Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN)	0.0058			
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	0.0175	0.0530	2.4	31.8
	Carbono Orgánico particulado (POC)	0.0297			
Ciclo de producción reducida	Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN)	0.0058			
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	0.0134	0.0420	2.4	25.2
	Carbono Orgánico particulado (POC)	0.0228			

¹² Waldichuk, M. Diffusion of oxygen into still sea water. OCEAN 75 Conference, 1975, pp. 907-912

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Los cálculos realizados permiten de forma aproximada establecer que la demanda de oxígeno generada por la suma del amoníaco y el carbono orgánico particulado y disuelto, es muy baja, con valores en el rango de 0.042 y de 0.053 mg O₂/l/día. Estas demandas diarias son casi 2 órdenes de magnitud inferiores a la velocidad diaria de difusión molecular de oxígeno atmosférico hacia la capa superficial de la columna de agua, lo que permite inferir que no existirá una reducción en la concentración de oxígeno en la columna de agua producto de la oxidación de los componentes analizados.

2.3.2 Consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo

Para el cálculo del consumo de oxígeno se utilizó la ecuación propuesta por Bergheim et.al., 1993¹³, para un rango de temperaturas de 7 a 10 °C, la que se detalla a continuación:

$$\text{Consumo O}_2 \text{ promedio} = 7,76 \cdot W^{-0,31} \cdot 10^{0,015C}$$

Siendo: W = peso promedio (g)
C = velocidad de la corriente (cm/s)

Tabla 9. A partir de la ecuación de consumo de oxígeno de salmónidos, se calculó el consumo de oxígeno por litro, teniendo en cuenta para ello el flujo de emisión del centro (ver Tabla 5). Finalmente se calculó el tiempo de recuperación del oxígeno consumido por la biomasa, utilizando para ello tasa de difusión de oxígeno atmosférico al agua de mar calculada por Waldichuk, M, 1975.

		Ciclo producción autorizada	Ciclo 2017 – 2019	Ciclo producción reducida
Peso promedio	gr	5352	5352	5892
Máxima biomasa mensual	Ton	6862	7127	6268
Velocidad promedio corriente	cm/s	8.97	8.97	8.97
Temperatura promedio	°C	7.5	7.5	7.5
Tasa Consumo de oxígeno / kg de pez / min	mg O ₂ /Kg/min	0.74	0.74	0.72
Densidad cultivo	Kg/m ³	20.4	21.2	16.3
Tasa de consumo por m ³	mg O ₂ /m ³ /min	15.1	15.7	11.7
Consumo O ₂ / l	mg O ₂ /l	0.79	0.82	0.70
Tiempo de recuperación	horas	7.9	8.2	7.0

¹³ Bergheim, A., Forsberg, O.I., Sanni, S., (1993). Biological basis for landbased farming of Atlantic salmon: oxygen consumption. In: Reinertsen, Dahle, Jørgensen, Tvinnereim, (eds.), Fish Farming Technology, p. 289 95. A.A. Balkema, Rotterdam. ISBN 90 5410 326 4.

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Las tasas de consumo de oxígeno por unidad de volumen (mg O₂/l) son altamente dependientes de la densidad de cultivo, así como de las proporciones y ubicación de los trenes de jaulas respecto de la corriente principal. En este caso el efecto sobre la columna de agua será levemente menor en el ciclo con producción autorizada respecto del ciclo 2017 – 2019, con consumos de oxígeno proyectados de 0.79 y 0.82 mg O₂/l respectivamente. Ambos efectos además son mínimos, ya que reducirían la concentración de oxígeno superficial de la columna en un valor inferior a 1 mg O₂/l, lo que teóricamente se recupera mediante difusión molecular atmosférica en un plazo de tan solo 7.9 y 8.2 horas respectivamente.

En cuanto al aporte adicional producto de la sobreproducción, éste se puede calcular como la diferencia en el oxígeno consumido por la biomasa de los ciclos de sobreproducción respecto al ciclo de producción autorizada:

- Ciclo 2017 – 2019 vs. producción autorizada: $0.82 \text{ mg/l} - 0.79 \text{ mg/l} = \mathbf{0.03 \text{ mg/l}}$

En cuanto al efecto ambientalmente favorable del ciclo de producción reducida, éste se revisa a continuación:

- Ciclo Producción reducida vs. Ciclo producción autorizada: $0.70 \text{ mg/l} - 0.79 \text{ mg/l} = \mathbf{0.09 \text{ mg/l}}$

Se concluye que el efecto ambientalmente favorable supera ampliamente al efecto adicional producido por el ciclo 2017 – 2019.

Es importante además considerar que los cálculos presentados asumen la peor condición no solo de biomasa, sino también de corriente, ya que se está considerando que ésta es paralela al tren de jaulas, lo que implica el máximo tiempo de recambio de agua posible. También es importante tener en cuenta que los cálculos se realizan en base a la peor condición, dado que no se está aplicando ningún factor de dispersión ni dilución. Se asume además que el proceso de recuperación mediante difusión atmosférica comienza a suceder una vez que el agua ha terminado de pasar a través del tren de jaulas, pese a que en realidad es un proceso constante.

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

2.4 Evaluación de la condición ambiental de la columna de agua

Se analizan a continuación los nutrientes emitidos a la columna de agua, en relación al potencial efecto de eutrofización dado por la sobreproducción del ciclo 2017 – 2019, y el efecto que ésta podría tener a su vez sobre la biota. Se analiza también el efecto ambientalmente favorable del ciclo propuesto de producción reducida.

Tabla 10. A partir de la Tabla 5, se detallan la excreción de C, N y P mediante excreción y emisión de fecas de peces a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO2 eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amoníaco (NH3) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO4 3-) por la orina de los peces. Valores en toneladas mensuales. Se incluyen las columnas de aporte adicional y efecto ambientalmente favorable del ciclo de producción reducida, calculadas a partir de la diferencia en el aporte entre el ciclo 2017 – 2019 y entre el ciclo de producción reducida con el ciclo de producción autorizada respectivamente.

Contenido C, N, F	Abrev.	Ciclo producción autorizada		Ciclo 2017 – 2019		Aporte adicional	Ciclo Producción reducida		Efecto favorable	Destino
		Ton	%	Ton	%		Ton	%		
Carbono	CO2	182.8	49%	189.8	49%	7.06	132.3	44%	-50.45	columna y atm.
Nitrógeno	DIN	25.9	47%	26.9	47%	1.00	18.3	42%	-7.64	columna
Fósforo	DIP	1.8	20%	1.9	20%	0.07	1.1	15%	-0.68	columna

Con el fin de contextualizar las concentraciones de DIN y DIP aportadas por el centro de cultivo, se detalla a continuación un comparativo con las concentraciones naturales del sector cercano al centro de cultivo. A partir de los registros de mediciones de nutrientes de la Tabla 1, se desprenden los siguientes valores:

- Suma de los promedios de Nitrito, Nitrato y Amonio = DIN = 0.724 mg/l = **724 µg/l**
- Fosfato = DIP = 0.147 mg/l = **147 µg/l**.

Tabla 11. Comparación entre los flujos de DIN y DIP emitidos por el centro de cultivo con la concentración natural del sector, según los registros ASC del titular. Valores en mg/m³. Aporte y efecto ambientalmente favorable son calculados respecto del ciclo de producción autorizada.

Item	Emisión de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN)	Emisión de fósforo inorgánico disuelto (DIP)
Ciclo producción autorizada	92.8	6.5
Ciclo 2017 – 2019	96.4	6.7
Aporte adicional ciclo de sobreproducción	3.6	0.3
Ciclo de producción reducida	65.4	4.0

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Efecto favorable del ciclo producción reducida	-27.4	-2.5
Concentración natural del sector	724.0	147.0

Por lo tanto, el aporte adicional producto de la emisión adicional de nutrientes inorgánicos DIN y DIP, es en el peor de los casos (ciclo 2017 – 2019) de apenas 96.4 y 6.7 mg/m³ respectivamente, en el mes de máxima biomasa y en los primeros metros de haber sido emitidos, antes de que se produzca dispersión y dilución alguna. Adicionalmente, en relación a los aportes adicionales de DIN y DIP del ciclo 2017 – 2019, el ciclo de producción reducida permitiría generar un efecto ambientalmente favorable.

Al comparar estos valores con las concentraciones naturales del sector aledaño al centro de cultivo, obtenemos que las concentraciones máximas emitidas por el centro de cultivo corresponden a una fracción menor. Como se puede ver en la siguiente tabla, el aporte adicional por emisión de DIP equivale al 0.17% de la concentración natural del sector aledaño al centro de cultivo, mientras que, en el caso de DIN, equivale al 0.50% de la concentración natural del sector. Ello teniendo en cuenta que, tras los primeros metros de profundidad, las concentraciones de DIP y DIN se reducirán rápidamente producto de la dispersión y dilución hidrodinámica.

Tabla 12. Comparación entre las concentraciones naturales de DIN y DIP y el aporte adicional emitido por el centro de cultivo en el ciclo 2017 – 2019.

	Concentraciones naturales	Aporte adicional Ciclo 2017 – 2019	
	mg/m ³	mg/m ³	%
Fósforo inorgánico disuelto (DIP)	147	0.3	0.17%
Nitrógeno Inorgánico Disuelto (DIN)	724	3.6	0.50%

Teniendo en cuenta el bajo aporte relativo de nutrientes al medio, se evalúan a continuación las posibles implicancias sobre el crecimiento de macroalgas, microalgas y otros organismos.

El nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), compuesto por amoníaco, nitrito y nitrato, constituye el factor limitante que determina el crecimiento y productividad de las macroalgas en la

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

mayoría de los ambientes marinos del mundo (Troell et al. 2009¹⁴, á Norði et al. 2011¹⁵). De acuerdo a Wang et.al., 2012, entre un 10% y un 30% del DIN total liberado por un centro de cultivo de salmónidos puede ser asimilado por macroalgas. Teniendo en cuenta que el contenido en nitrógeno de las macroalgas se estima entorno a un 4,2% de su peso seco (Yang et al. 2006¹⁶) y que su contenido de humedad es de entorno al 85% (Wang et.al., 2012), se realiza a continuación una estimación del crecimiento de macroalgas que pudiesen verse teóricamente inducidas por el ciclo de sobreproducción.

Tabla 13. A partir de la emisión de DIN en el mes de máxima biomasa de ambos ciclos, se calcula el crecimiento de macroalgas asumiendo un 20% de asimilación, 4.2% de nitrógeno peso seco y 15% de humedad.

	Proceso	Cálculo	Resultado	Unidad
Ciclo producción autorizada	DIN consumido por macroalgas	DIN x 20%	5.2	Ton / mes
	Biomasa generada peso seco (BPS)	DIN consumido / 4.2%	123.3	Ton / mes
	Biomasa peso húmedo (BPH)	BPS / 15%	822.1	Ton / mes
Ciclo 2017 – 2019	DIN consumido por macroalgas	DIN x 20%	5.4	Ton / mes
	Biomasa generada peso seco (BPS)	DIN consumido / 4.2%	128.1	Ton / mes
	Biomasa peso húmedo (BPH)	BPS / 15%	853.9	Ton / mes
Aporte adicional	Biomasa peso húmedo	(BPH ciclo de sobreproducción) – (BPH ciclo biomassa autorizada)	31.8	Ton / mes
Ciclo Producción reducida	DIN consumido por macroalgas	DIN x 20%	3.7	Ton / mes
	Biomasa generada peso seco (BPS)	DIN consumido / 4.2%	86.9	Ton / mes
	Biomasa peso húmedo (BPH)	BPS / 15%	579.5	Ton / mes
Efecto favorable	Biomasa peso húmedo	(BPH ciclo reduccion siembra) – (BPH ciclo biomassa autorizada)	-242.6	Ton / mes

A partir de los cálculos desarrollados en la tabla anterior, se puede inferir que, en el mes de máxima biomasa del ciclo 2017 – 2019, la emisión de nitrógeno inorgánico (DIN) pudo haber significado el crecimiento de 853.9 Ton. de macroalgas, es decir un aporte adicional respecto del ciclo de producción autorizada de 31.8 Ton., mientras que el ciclo de producción reducida podría generar significar el crecimiento de 579.5 Ton, lo que implicaría

¹⁴ Troell M, Joyce A, Chopin T, Neori A, Buschmann AH, Fang JG (2009) Ecological engineering in aquaculture— potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture* 297: 1–9

¹⁵ á Norði G, Glud RN, Gaard E, Simonsen K (2011) Environmental impacts of coastal fish farming: carbon and nitrogen budgets for trout farming in Kaldbaksfjorour (Faroe Islands). *Mar Ecol Prog Ser* 431: 223–241

¹⁶ Yang HS, Zhou Y, Hu HY, Liu Y and others (2006) Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. *Aquaculture* 252: 264–276

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

una reducción o efecto ambientalmente favorable respecto del ciclo de producción autorizada de 246.6 Ton.

En cuanto al fitoplancton, se estima que éste necesita entre 3 y 7 días para responder a un aumento en la concentración de nutrientes (Buschmann et al. 2007¹⁷, Olsen et al. 2007¹⁸, 2011¹⁹). Wang. et. al. 2012 asume una relación peso húmedo : nitrógeno del 50%. Asumiendo el peor escenario en que la diferencia de DIN no absorbido por las macroalgas, sea incorporado a la biomasa fitoplanctónica, el incremento diferencial fitoplanctónico sería el que se calcula a continuación, poniendo como ejemplo el ciclo de 2017 – 2019:

- DIN emitido por el ciclo de sobreproducción: 25.9 Ton/mes
- DIN emitido por el ciclo de producción autorizada: 26.9 Ton/mes
- Aporte diferencial del ciclo de sobreproducción: 1.0 Ton/mes
- DIN utilizado por macroalgas (20%): 0.2 Ton/mes
- DIN disponible para el fitoplancton: 0.8 Ton/mes
- Incremento en biomasa fitoplanctónica: 0.8 Ton/50% = 1.6 Ton peso húmedo.

En la siguiente tabla se muestra la potencial producción fitoplanctónica resultante del aporte adicional, y también a consecuencia del ciclo de producción reducida.

Tabla 14. Se detalla el potencial crecimiento fitoplanctónico resultante de las concentraciones totales de DIN emitidas por los ciclos de sobreproducción, el ciclo de producción autorizada, y de la concentración DIN producto del aporte adicional del ciclo 2017 – 2019.

	Emisión DIN (Ton/mes)	DIN utilizado por macroalgas (Ton)	producción macroalgas (peso húmedo) (Ton)	DIN utilizado por fitoplancton (Ton)	producción fitoplancton (peso húmedo) (Ton)
Ciclo producción autorizada	25.9	5.2	822.1	20.7	41.4
Ciclo 2017 – 2019	26.9	5.4	853.9	21.5	43.0
Diferencia o Aporte adicional	1.0	0.2	31.8	0.8	1.6
Ciclo Producción reducida	18.3	3.7	579.5	14.6	29.2

¹⁷ Buschmann A, Costa-Pierce B, Cross S, Iriarte J, Olsen Y, Reid G (2007) Nutrient impacts of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) on pelagic ecosystems and implications for carrying capacity. Report of the Technical Working Group (TWG) on nutrients and carrying capacity of the Salmon Aquaculture Dialogue. WWF, Washington DC

¹⁸ Olsen Y, Andersen T, Gismervik I, Vadstein O (2007) Protozoan and metazoan zooplankton-mediated carbon flows in nutrient-enriched coastal planktonic communities. Mar Ecol Prog Ser 331: 67–83

¹⁹ Olsen Y, Andersen T, Gismervik I, Vadstein O (2011) Marine heterotrophic bacteria, protozoan and metazoan zooplankton may experience protein N or mineral P limitation in coastal waters. Mar Ecol Prog Ser 436: 81–100

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Diferencia adicional	o	Aporte	-7.6	-1.5	-242.6	-6.1	-12.2
-------------------------	---	--------	------	------	--------	------	-------

Se puede inferir que, en el mes de máxima biomasa del ciclo de sobreproducción, la emisión de nitrógeno inorgánico (DIN) pudo haber significado el crecimiento de 1.6 Ton. de fitoplancton, como aporte adicional a lo que genera un ciclo con producción autorizada, mientras que el ciclo con producción reducida dejaría de aportar 12.2 Ton de producción potencial de fitoplancton. **El aporte adicional indicado, sin embargo, no implica necesariamente un efecto de eutrofización de la columna de agua, principalmente por los siguientes motivos:**

1. Dilución: el DIN adicional aportado por el ciclo de sobreproducción se dispersa ampliamente producto de los procesos hidrodinámicos, diluyéndose a niveles muy bajos rápidamente, por lo que su efecto tiene lugar en una amplia área geográfica y a concentraciones muy bajas.
2. Relación con concentración DIN natural: el análisis realizado es en el contexto en el que el DIN adicional aportado por el ciclo de sobreproducción representa aproximadamente el 0.5% de la concentración natural del sector, en el momento de su máxima concentración y a pocos metros del tren de jaulas, por lo que representa un aporte mínimo en relación a la concentración natural preexistente. Además, esta concentración se diluirá con rapidez según lo indicado anteriormente.

Por último, es importante mencionar que Gianella et.al., 2023²⁰, encontraron ausencia de correlación significativa entre la biomasa de los centros de salmónidos con la abundancia celular y aparición de diversos géneros de fitoplancton que componen las floraciones algales nocivas en el norte del Reino Unido, géneros que son también recurrentes en el sur de Chile: *Dinophysis spp.*, *Alexandrium spp.* y *Pseudo-nitzschia spp.* Una posible explicación que se entrega en el estudio mencionado, por la falta de correlación significativa entre salmonicultura y la abundancia celular de fitoplancton nocivo, es que los centros de cultivo están generalmente ubicados en zonas hidrodinámicamente energéticas, donde el

²⁰ Gianella F., Burrows M T., Davidson K. The relationship between salmon (*Salmo salar*) farming and cell abundance of harmful algal taxa. Harmful Algae 129 (2023)

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

recambio de agua permite la dilución efectiva de los nutrientes; argumento que se encuentra alineado con lo expuesto anteriormente en este documento.

2.5 Discusión y Conclusiones

Aporte de nutrientes a la columna de agua.

El aporte adicional en la columna de agua, que sería producido por el aporte extra del ciclo 2017 – 2019, en su mes de máxima emisión de nutrientes, se representa a continuación en términos de aporte total mensual y de aporte en flujo promedio de nutrientes por m³. Se identifica además el diferencial aportado por los ciclos de sobreproducción y de producción reducida respecto del ciclo con producción autorizada.

Tabla 15. Cuantificación del aporte adicional de nutrientes orgánicos e inorgánicos a la columna de agua, tanto disueltos como particulados: ciclo de producción autorizada comparado con el aporte el ciclo 2017 – 2019. Cargas de nutrientes en Ton/mes y concentración mg/m³.

	Contenido C, N, F	abrev.	Ciclo producción autorizada		Ciclo 2017 – 2019		Aporte adicional		Ciclo producción reducida		Efecto favorable	
			Ton / mes	mg/m ³	Ton / mes	mg/m ³	Ton / mes	mg/m ³	Ton / mes	mg/m ³	Ton / mes	mg/m ³
Excreción	Nitrógeno	DIN	25.9	92.8	26.9	96.4	1.00	3.58	18.3	65.4	-7.64	-27.39
	Fósforo	DIP	1.8	6.5	1.9	6.7	0.07	0.25	1.1	4.0	-0.68	-2.45
Lixiviado de fecas y alimento	Carbono	DOC	11.7	42.0	12.2	43.6	0.45	1.62	9.3	33.5	-2.39	-8.56
	Nitrógeno	DON	1.3	4.7	1.4	4.9	0.05	0.18	1.0	3.7	-0.27	-0.96
	Fósforo	DOP	0.7	2.5	0.7	2.6	0.03	0.10	0.6	2.0	-0.14	-0.51
Total de nutrientes			41.4	148.5	43.0	154.3	1.60	5.74	30.3	108.7	-11.13	-39.88

En términos de DIN, DIP, DOC, DON y DOP, el volumen total de nutrientes adicionales aportados por el ciclo 2017 – 2019 corresponde a 1.60 Ton mensuales en el mes de máximo aporte de nutrientes (máximo crecimiento y máxima entrega de alimento), por sobre el aporte de un ciclo con producción autorizada. En el caso del aporte adicional en términos de concentración de nutrientes orgánicos e inorgánicos en la columna, este corresponde a 5.74 mg/m³. El ciclo de producción reducida generaría un efecto ambientalmente favorable de 11.3 Ton y 39.88 mg/m³, en comparación al aporte adicional del ciclo 2017 – 2019.

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Al relacionar las concentraciones naturales DIP y DIN del sector con el máximo aporte adicional calculado para el ciclo 2017 – 2019, se obtiene que, en los primeros metros tras la emisión desde el centro de cultivo, es decir de forma previa a que se diluya la emisión, la concentración DIP emitida corresponde al 0.17% de la concentración natural del sector, mientras que, en el caso de DIN, corresponde al 0.50% de la concentración natural del sector. Ello teniendo en cuenta que, tras los primeros metros, las concentraciones de DIP y DIN se reducirán rápidamente producto de la dispersión y dilución hidrodinámica.

En relación a los nutrientes emitidos a la columna de agua y su posible efecto sobre las macroalgas, el ciclo 2017 – 2019 genera un máximo aporte adicional mensual, producto de la emisión de nitrógeno inorgánico disuelto, de 1.0 Ton, las que a su vez tienen el potencial de haber sido asimiladas en un 20% por macroalgas, lo que habría generado una producción adicional de 31.8 Ton peso húmedo, probablemente en una amplia área de dispersión. Este aporte contrasta con el efecto ambientalmente favorable calculado para el ciclo de producción reducida, aportando 242.6 Ton menos que el ciclo de producción autorizada, lo que generaría un efecto ampliamente favorable en relación al aporte adicional.

En relación a los nutrientes emitidos a la columna de agua y su efecto sobre las comunidades planctónicas, se concluye que el crecimiento fitoplanctónico potencial a partir de los nutrientes adicionales emitidos por el ciclo 2017 – 2019 podría haber llegado a las 1.60 Ton. peso húmedo, ocurriendo ello en una amplia área de dispersión. A su vez, el aporte adicional del DIN emitido corresponde al 0.50% de la concentración natural del sector. **El bajo aporte relativo, sumado a la energía hidrodinámica y su consiguiente elevada dispersión y dilución, permiten concluir que no habría un proceso de eutrofización asociado al aporte diferencial de nutrientes por parte del ciclo 2017 – 2019.** A ello hay que agregarle el efecto ambientalmente favorable calculado por el ciclo de Producción reducida, el que generaría un efecto ambientalmente favorable de 11.13 Ton respecto al aporte del ciclo de producción autorizada.

Consumo de oxígeno en la columna de agua.

En relación al consumo de oxígeno en la columna, por parte de la biomasa en cultivo y de la oxidación del amoníaco y carbono orgánico particulado y disuelto, se obtiene lo siguiente:

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

1. El consumo de oxígeno producto de la oxidación del amoníaco y el carbono orgánico particulado y disuelto, es muy bajo, con valores de 0,051 y 0.053 mg O₂/l/día en los escenarios de producción autorizada y Ciclo 2017 – 2019 respectivamente. El aporte de 0.042 del ciclo de producción reducida genera un efecto ambientalmente favorable en relación al efecto del ciclo 2017 – 2019.
2. El consumo de oxígeno por parte de la biomasa en cultivo, considerando el mes con máxima biomasa, es levemente menor en el ciclo con producción autorizada respecto del ciclo 2017 – 2019, con consumos de oxígeno proyectados de 0.79 y 0.82 mg O₂/l respectivamente. Ambos consumos son además mínimos, ya que reducirían la concentración de oxígeno superficial de la columna en un valor inferior a 1 mg O₂/l, lo que teóricamente se recuperaría mediante difusión molecular atmosférica en un plazo de tan solo 7.9 y 8.2 horas respectivamente. El consumo de 0.70 mg O₂/l del ciclo de producción reducida genera un efecto ambientalmente favorable en relación al efecto adicional producido por el ciclo 2017 – 2019.

En relación a las mediciones de los INFA, no es posible asociar la sobreproducción del ciclo 2017 – 2019 a los valores de concentraciones mínimas o promedio de oxígeno medidas en la columna de agua, dado que las concentraciones de oxígeno en la columna de agua dependen de una infinidad de procesos físicos y biológicos que suceden a una mayor escala que la de un centro de cultivo, lo que es consistente con la reducida diferencia calculada en el consumo de oxígeno de la biomasa y nutrientes emitidos en el ciclo 2017 – 2019 respecto a un ciclo con producción autorizada.

Se concluye por lo tanto que pese a que sí es posible determinar teóricamente la diferencia del consumo de oxígeno del ciclo 2017 – 2019 vs un ciclo con producción autorizada, esto representa una estimación teórica que da cuenta de lo reducido que podría haber resultado un déficit de oxígeno en la columna de agua, siendo muy poco probable que ello se haya traducido en alguna respuesta por parte de la biota y las propiedades físico químicas de la columna de agua.

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

3 Evaluación del sedimento del fondo marino

La evaluación del sedimento del fondo marino en el área de la concesión se realiza a través de la modelación de fecas y alimento no consumido, mediante el software de modelado de rastreo de partículas NewDEPOMOD, desarrollado por la Asociación Escocesa de Ciencias del Mar (SAMS, en sus siglas en inglés), en conjunto con la industria de la acuicultura y la Agencia Escocesa de Protección del Medio Ambiente (SEPA, en sus siglas en inglés).

SEPA monitorea y regula las descargas de acuicultura y especifica los Estándares de Calidad Ambiental (EQS, en sus siglas en inglés) para los sedimentos del fondo marino, que se aplican para todos los sitios de acuicultura en Escocia.

DEPOMOD, AutoDEPOMOD y NewDEPOMOD son modelos desarrollados por “The Scottish Association for Marine Science” (SAMS, en sus siglas en inglés). Estos modelos predicen el impacto de los residuos de centros de cultivo de acuicultura en el fondo marino de manera tal de optimizar la operación de los sitios de acuicultura para que coincida con la capacidad ambiental. SEPA adoptó AutoDEPOMOD como una etapa obligatoria en el proceso de consentimiento para la planificación de la acuicultura en Escocia, y también se utilizó en otros 25 países en todo el mundo. En 2017, comisionado por el gobierno escocés, SAMS produjo la siguiente generación del modelo, NewDEPOMOD, el que ahora ha sido adoptado como el nuevo estándar de la industria acuícola (SAMS 2019²¹).

3.1 Metodología para la modelación

3.1.1 NewDepomod

El Modelo incorpora una gama de procesos, que en conjunto simulan el destino de las partículas de residuos individuales producidas en las jaulas de un centro de cultivo. Al simular el destino de las partículas durante un período de semanas a años, e incluir factores ambientales como la batimetría (forma del fondo marino) y las corrientes de agua, es posible crear una imagen de cómo es probable que se distribuyan los residuos en el entorno bentónico (fondo marino) de los centros de cultivo de acuicultura. Aunque el Modelo no incorpora actualmente una unidad de biogeoquímica, los usuarios pueden hacer sus

²¹ SAMS Research Services Limited, NewDepomod Team, 2019-2020, NewDepomod User Guide

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

propias asociaciones entre el flujo calculado y los impactos de interés (por ejemplo, Normas de Calidad Ambiental (EQS) especificadas por el regulador).

Los distintos procesos del Modelo que no fueron activados se resumen en la siguiente tabla N°16. En Anexos del presente documento, se incorpora la carpeta denominada “Recomendación SAMS” que contiene el detalle de sus recomendaciones respecto de la desactivación de los módulos indicados en la tabla N°16.

Tabla 16. Detalle de los módulos y procesos del modelo NewDepomod que no fueron activados.

MÓDULOS	PROCESOS	ACTIVACIÓN
Bed Module	Consolidación	-
	Degradación	NO
	Erosión	NO
Resuspensión	Resuspensión	NO

Adicionalmente, es importante aclarar que el Módulo de sedimento (Bed Module) corresponde aún a un sub-modelo experimental que no arroja cambios significativos en los resultados cuando es modificado, de acuerdo a lo que indica el documento de validación de NewDepomod (*Refining Sea-Bed Process Models For Aquaculture*²², pp., 40). Se transcribe a continuación el texto:

“El "módulo de sedimento" en NewDEPOMOD describe la consolidación y relajación de sedimentos enterrados y exhumados que altera la tensión de cizalla (*shear stress*) crítica requerida para la erosión. En los experimentos, la variación de los parámetros del módulo de sedimento no mostró ningún efecto observable. Por lo tanto, esta característica se ha ignorado provisionalmente, con miras a realizar más pruebas exploratorias en una fecha posterior.” Este es el motivo principal por el que este sub-módulo no ha sido activado.

Con el fin de entregar una breve descripción del funcionamiento del modelo NewDepomod, y conocer algunas de sus limitaciones y supuestos, a continuación, se describen los procesos que afectan el destino de las partículas del modelo, de manera secuencial y en el

²² <https://www.sams.ac.uk/t4-media/sams/pdf/publications/REFINING-SEA-BED-PROCESS-MODELS-FOR-AQUACULTURE-Final-Report-for-web.pdf>

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

orden en que tienen lugar dentro de cada subsección. Se presentan los diagramas y ecuaciones que introducirán los parámetros claves.

Generación de residuos

La primera etapa en el modelo es la producción de partículas de residuos. Esto se lleva a cabo desde jaulas que ocupan un volumen fijo debajo de la superficie del agua. A las jaulas se les asigna una densidad de población (kg m^{-3}) y una serie de tiempo que describe los insumos de alimentación. El nivel de almacenamiento y la información de las entradas de alimentación permiten una serie temporal que describe la cantidad de partículas de residuos que salen de las jaulas del centro de cultivo que se simulará. Las partículas de residuos que caen de los centros de cultivo se agrupan en dos categorías:

- Residuos de alimento
- Fecas

Estas dos clases de partículas difieren en sus características: tamaño, densidad y composición (proporción de masa compuesta de carbono, agua y residuos químicos), lo que afecta su velocidad de sedimentación. En realidad, no hay dos partículas exactamente iguales, y el modelo representa esta variabilidad seleccionando tamaños de partículas y tasas de sedimentación de una distribución. Estas características alteran cómo se mueve una partícula individual en cada etapa posterior de la ejecución del Modelo. A lo largo de una simulación, las partículas se liberan continuamente de las jaulas del centro de cultivo modelo y comienzan su viaje hacia el fondo marino.

Transporte de partículas en suspensión: asentamiento y advección

Una vez que las partículas salen de las jaulas, su movimiento está sujeto a las condiciones que encuentran cuando se asientan ("Módulo de seguimiento de partículas", Figura N° 4). Las partículas pueden moverse horizontal y verticalmente, sujetas a las corrientes de agua (advección), procesos difusivos y hundimiento. De manera predeterminada, la columna de agua se representa en 3 dimensiones como una cuadrícula que consta de celdas cuadradas regulares horizontalmente y una serie de capas definidas por los datos del medidor actual suministrados y la información de batimetría. El movimiento "horizontal" de las partículas es verdaderamente lateral (perpendicular a vertical), en lugar de seguir la forma del fondo marino. En términos generales, los sólidos de interés (en términos de impactos bentónicos)

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

no son flotantes; en ausencia de fuerza externa, se hunden hacia el fondo del mar. Como se señaló anteriormente, la velocidad de hundimiento puede variar entre las partículas, pero permanece constante para una partícula dada durante su vida útil en el modelo. Las corrientes de agua varían con la profundidad y generalmente son más altas cerca de la superficie del agua. Esta variación se representa en los registros de series temporales actuales que se recopilan en los centros de cultivo, por lo que se recomienda tener una medición de superficie (alrededor de 0,1 x profundidad de la columna de agua), una medición de profundidad media (alrededor de 0,5 x profundidad de la columna de agua) y una medición cercana al lecho (alrededor de 0,95 x profundidad de la columna de agua). La velocidad horizontal para una partícula dada se obtiene interpolando linealmente las corrientes a profundidades por encima y por debajo de la profundidad de partícula actual. Las partículas también están sujetas a lo que colectivamente se denominan "procesos difusivos". Debido a las fluctuaciones a pequeña escala en las corrientes y los movimientos del agua debido a la turbulencia, las partículas que se mueven en el agua tienden naturalmente a separarse unas de otras. Esto tiene lugar tanto horizontal como verticalmente, y se representa en el modelo mediante pequeñas adiciones aleatorias a (o sustracciones de) los movimientos que las partículas realizan debido al hundimiento o a las corrientes horizontales. La magnitud de esta dispersión aleatoria está representada por tres dimensiones, x, y (ambas horizontales) y z (vertical). El tipo de caminata aleatoria implementada se puede definir en el modelo como una de dos ecuaciones:

1. Reticular:

$$x_{i,t+\Delta t} = x_{i,t} + (\Delta t \times u_{i,t}) + (\sqrt{2k_x \Delta t} \times R)$$

$$y_{i,t+\Delta t} = y_{i,t} + (\Delta t \times u_{i,t}) + (\sqrt{2k_x \Delta t} \times R)$$

2. Uniforme

$$x_{i,t+\Delta t} = x_{i,t} + (\Delta t \times u_{i,t}) + (\sqrt{6k_y \Delta t} \times U)$$

$$y_{i,t+\Delta t} = y_{i,t} + (\Delta t \times u_{i,t}) + (\sqrt{6k_y \Delta t} \times U)$$

donde $x_{i,t}$ y $y_{i,t}$ son las ubicaciones de una partícula i en los ejes este y norte (en m) en el tiempo t (por lo tanto, el subíndice t + Δt indica la ubicación después de un paso de tiempo de longitud Δt). u y v son las velocidades de corriente este y norte (en m s⁻¹) en la ubicación de la partícula, y el término adicional incorpora el efecto de difusión horizontal, basado en

el paso de tiempo, el parámetro de escala $k(x, y)$. $R = +1$ o -1 , y U es un número aleatorio uniforme entre -1 y 1

Del mismo modo, el movimiento vertical puede estar representado por una de las siguientes dos ecuaciones:

1. Reticular:

$$z_{i,t+\Delta t} = z_{i,t} + (\Delta t \times V_{\text{sink},i}) + (\sqrt{2k_z \Delta t} \times R)$$

2. Uniforme

$$z_{i,t+\Delta t} = z_{i,t} + (\Delta t \times V_{\text{sink},i}) + (\sqrt{6k_z \Delta t} \times U)$$

donde $z_{i,t}$ es la posición vertical de la partícula, k_z es el coeficiente de difusión vertical y $V_{\text{sink},i}$ es la velocidad de hundimiento de la partícula i . El período de tiempo para que una partícula llegue al fondo marino depende de la profundidad del agua, la forma del fondo marino y la velocidad de hundimiento de la partícula. Finalmente, la partícula interceptará el fondo marino. Esto generalmente ocurre entre dos puntos de tiempo de modelo. En el caso de que se calcule una nueva posición de partículas por debajo del fondo marino, un algoritmo de interpolación busca identificar el momento preciso en el que la partícula llegó al fondo marino, y la partícula se coloca en el fondo marino en ese punto y tiempo. Una representación de este escenario se da en la figura N° 4.

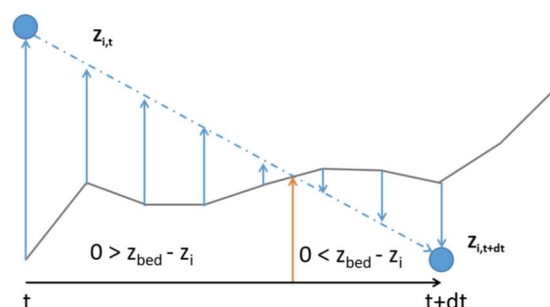


Figura 4. Representación de la interacción de partículas con el fondo marino.

Los altos caudales reducen las tasas de sedimentación de partículas y, en casos extremos, les permiten mostrar velocidades de sedimentación negativas, lo que les permite tener una flotabilidad positiva. Esto puede representarse en el modelo habilitando el "asentamiento modificado por cizallamiento", que altera el v_{sink} de acuerdo con la velocidad de fricción local, f_v :

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

$$v_{sinkMod} = v_{sink} \left(1 - \left(\frac{f_v}{\sqrt{\alpha} v_{sink}} \right)^2 \right)$$

Donde α es un parámetro de ajuste. Una referencia adicional a esto, entregando rango adecuado de valores, se puede encontrar en el paper de Black et al. (2016). Se proporciona una opción adicional para habilitar o prevenir la flotabilidad en este caso. De acuerdo a lo indicado por el fabricante del modelo, en la mayoría de los casos, no es necesario o recomendable el uso de asentamiento modificado por cizallamiento o habilitación de flotabilidad, motivo por el cual no fue activado en la presente modelación.

Esta recomendación se debe a que el módulo aún corresponde a un sub-modelo experimental que no arroja cambios significativos en los resultados cuando es modificado, de acuerdo a lo que indica el documento de validación de NewDepomod (*Refining Sea-Bed Process Models For Aquaculture*²³, pp., 40). Se transcribe a continuación el texto y se copia también el párrafo original: “El “módulo bentónico” en NewDEPOMOD describe la consolidación y relajación de sedimentos enterrados y exhumados que altera la tensión de cizalla (*shear stress*) crítica requerida para la erosión. En los experimentos, la variación de los parámetros del módulo de sedimento no mostró ningún efecto observable. Por lo tanto, esta característica se ha ignorado provisionalmente, con miras a realizar más pruebas exploratorias en una fecha posterior.”

Procesos en el sedimento

Cuando los módulos de sedimento (Bed Module) y el módulo de resuspensión en NewDEPOMOD son activados, una vez que una partícula alcanza el fondo marino, se deposita en una capa de sedimento en la superficie del fondo marino. Después de que las partículas han estado en el fondo marino por un cierto tiempo (definido por un parámetro modelo), se produce la consolidación, lo que significa que la capa de partículas depositadas se convierte en parte del fondo marino y puede estar cubierta por nuevas partículas que se depositan sobre ellos. Las partículas en el fondo marino pueden sufrir degradación (descomposición del carbono y/o concentraciones químicas). Las partículas en la superficie del fondo marino son susceptibles a la erosión. Esto significa que, si el esfuerzo de cizalla

²³ <https://www.sams.ac.uk/t4-media/sams/pdf/publications/REFINING-SEA-BED-PROCESS-MODELS-FOR-AQUACULTURE-Final-Report-for-web.pdf>

en el fondo marino es suficientemente alto, las partículas se eliminan del fondo marino y vuelven a entrar en la columna de agua. Este proceso se representa en la figura N°5.

El fondo marino dentro de una unidad horizontal dada se modela como una serie de capas. La capa superior (en la superficie del fondo marino) es la capa que recibe partículas depositadas de la columna de agua. Cuando se depositan las partículas, comienzan a formar una nueva capa, que cubre las capas establecidas. La dureza de las capas en el fondo marino aumenta con el tiempo. Como las capas depositadas más recientemente están en la superficie del fondo marino, esto significa que la dureza aumenta al incrementarse la profundidad debajo de la superficie del fondo marino (z_b), y que el esfuerzo de cizalla requerido para erosionar las capas más profundas es mayor que para las capas menos profundas. Cuando se agrega una nueva capa, la capa debajo de ella aumenta en dureza (su esfuerzo crítico de cizallamiento por erosión “ τ_{crit} , z ” aumenta), acercándose a una dureza máxima de lecho de equilibrio. La configuración de las capas en el modelo de fondo y su dureza se muestran en la figura N° 5.

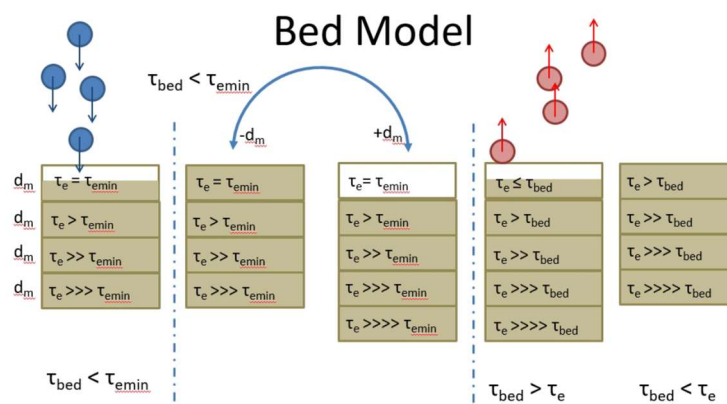


Figura 5. Representación del movimiento de partículas en el modelo de fondo desde la deposición (a la izquierda), hasta la consolidación (centro) y la erosión (derecha).

La materia en el fondo marino se degrada con el tiempo. Esto significa que la masa química se elimina de la masa depositada de acuerdo con las velocidades definidas para la ejecución del modelo particular (se utilizan valores predeterminados razonables). El sub-modelo “Bed Module” también puede permitir la degradación del carbono a lo largo del tiempo, aunque, como se indicó anteriormente, se requieren pruebas adicionales de este proceso tanto para el material lábil como para el refractario, a fin de tener en cuenta los cambios en este proceso con la temperatura, la profundidad y, por lo tanto, el oxígeno

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

(SAMS, 2019²⁴). Debido a ello, el módulo de sedimento no fue activado en la presente modelación.

Al no estar activos ninguno de los dos sub-módulos de sedimento ni de resuspensión, como ya se explicó, la modelación no genera una reducción de la concentración de carbono producto de la resuspensión ni tampoco producto de la oxidación del carbono orgánico, por lo que en este caso se está modelando una condición más desfavorable para la acumulación de carbono orgánico.

3.1.2 Definición del Área de Influencia (AI)

El límite entre condiciones naturales sin impacto a condiciones de enriquecimiento detectable se da entre 1.000 y 1.500 g C/m²/año según diversos autores (Hargrave 1994²⁵, Findlay – Watling 1997, Cromeey et al. 2002a²⁶, Chamberlain & Stucchi 2007²⁷). Por otro lado, Hargrave B.T., 2010²⁸, establece este límite entre 473,46 y 912,5 g C/m²/año.

Corresponde por lo tanto a un límite relativamente variable. En la búsqueda de evaluar la condición más desfavorable posible, en Chile se ha establecido el valor de 365 g C/m²/año para establecer el límite del área de influencia, a partir del cual existen condiciones de enriquecimiento orgánico que pueden ser detectables y podrían ser atribuibles a la actividad acuícola.

Por este motivo se seleccionó el valor de 365 g C/m²/año como el límite inferior a mostrar en los resultados y por ende para la definición del área de influencia del proyecto.

3.2 Objetivos de la modelación

Entregar antecedentes que permitan:

- Determinar los aportes adicionales sobre el sedimento del ciclo de sobreproducción 2017 – 2019.

²⁴ SAMS Research Services Limited, NewDepomod Team, 2019-2020, NewDepomod User Guide

²⁵ Hargrave BT (1994) A benthic enrichment index. In: Hargrave BT (ed) Modelling benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. Can Tech Rep Fish Aquat Sci 1949: 79–91

²⁶ Cromeey CJ, Nickell TD, Black KD (2002a) DEPOMOD— modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. Aquaculture 214: 211–239

²⁷ Chamberlain J, Stucchi D (2007) Simulating the effects of parameter uncertainty on waste model predictions of marine finfish aquaculture. Aquaculture 272: 296–311

²⁸ Hargrave B.T. (2010) Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. Aquacult Environ Interact Vol. 1: 33–46

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

- Comparación relativa de los ciclos de producción reducida y 2017 – 2019 respecto de un ciclo con producción autorizada.
- Determinar el efecto ambientalmente favorable del ciclo de producción reducida propuesto.
- Identificar y evaluar el aporte adicional sobre los diferentes componentes expuestos a la sedimentación: sedimento y biota principalmente.

3.3 Datos de entrada del balance de masas

Se detalla a continuación la configuración productiva que tuvieron los ciclos de producción autorizada, 2017 – 2019 y de producción reducida con la información que se utilizó para alimentar el modelo.

Cabe mencionar que en el ciclo de producción autorizada, las toneladas de producción y alimento indicadas corresponden a la máxima producción autorizada mediante RCA 032/2014, mientras que el resto de los parámetros son idénticos a los del ciclo 2017 – 2019.

Tabla 17. Configuración productiva de los 3 escenarios a partir de la cual se alimentaron las modelaciones de dispersión NewDepomod.

	Unidad	Ciclo RCA	Ciclo 2017 – 2019	Ciclo producción reducida
Meses ciclo	Meses	22	22	22
Numero de Jaulas	Jaulas	14	14	16
dimensiones	Metros	40x40x20	40x40x20	40x40x20
Producción (biomasa + mortalidad)	Ton	7000	7271	6729
Cosecha	Ton	6862	7127	6523
Mortalidad	%	1.98%	1.98%	3.05%
Mortalidad	Ton	139	144	205
Alimento	Ton	8160	8475	7180
Digestibilidad Alimento*	%	90%	90%	90%
FCRb	-	1.17	1.17	1.07
	%	1%	1%	1%
Alimento no consumido	Ton	82	85	72
	%	10%	10%	10%
Fecas	Ton	816	847	718
Contenido agua en alimento*	%	9%	9%	9%
% Carbono en alimento*	%	49%	49%	49%
% Carbono en fecas	%	30%	30%	30%
Módulo de Resuspensión y de fondo	-	NO	NO	NO

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Máximo calibre pellets alimento	Mm	12	12	12
Velocidad hundimiento pellets*	m/s	0.127	0.127	0.127
Velocidad hundimiento fecas	m/s	0,032	0,032	0,032

3.4 Descripción del área de estudio

3.4.1 Batimetría

Para el modelo se utilizó la batimetría del sector, a partir de la cual se definió el tamaño del Dominio de modelación, esto quiere decir que el modelo es capaz de representar la sedimentación que se genere dentro de esta área.

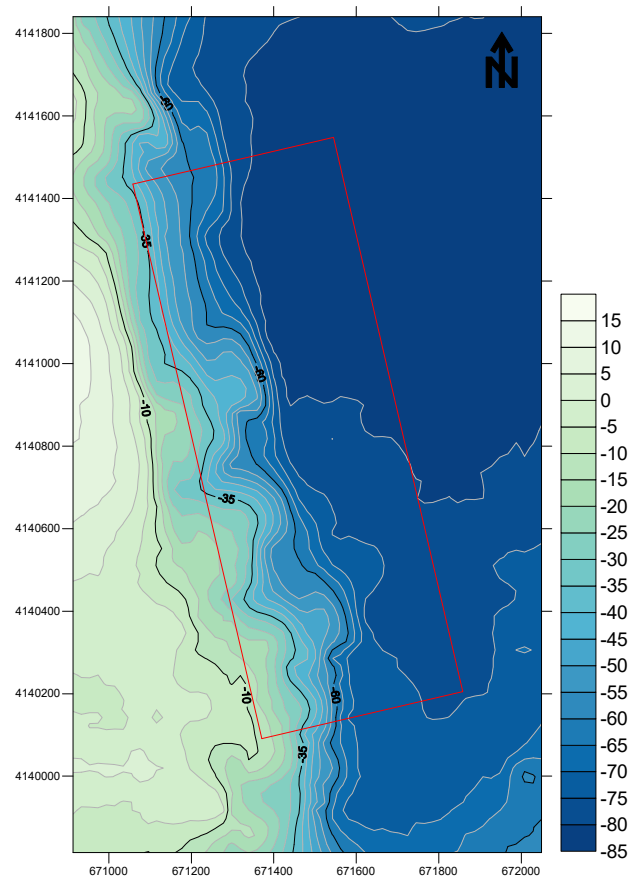


Figura 6. Vista bidimensional de la Batimetría del dominio de Modelación en Estero Riquelme. Área de la concesión en color rojo.

Las profundidades bajo la concesión se distribuyen entre los 15 y los 80 metros de profundidad aproximadamente (profundidades corregidas al nivel de reducción de sondas).

3.4.2 Hidrodinámica del área modelada

La correntometría fue realizada entre los días 01 de septiembre y 10 de octubre de 2017, por un período de 40 días y utilizando para ello un Correntómetro ADCP. Ver informe de corrientes en Anexos para mayor detalle. Cabe destacar que el titular optó por modelar utilizando la correntometría más actual y extensa realizada en la concesión. Se analizó una serie de tiempo de magnitud y dirección de velocidad de corrientes, constituida por 14 capas, entre los 4,0 y 30,0 m, con un ancho de capa de 2,0 m, y con registros cada 10 minutos, durante 40 días. Cabe mencionar que la capa más superficial no fue incluida en la modulación, por ser considerada por la Autoridad competente, no representativa.

Según el análisis de velocidades de corrientes, en la capa más profunda (Figura 7) el 51% de las velocidades de fondo registradas durante el período de medición superan los 9,4 cm/s, lo que clasifica a este centro como **dispersivo** (dispersivos son aquellos con >50% de registros con velocidades superiores a 9,4 cm/s, según Keeley et.al., 2013²⁹). Las frecuencias de velocidades en la capa más profunda se distribuyeron de acuerdo con el siguiente gráfico.

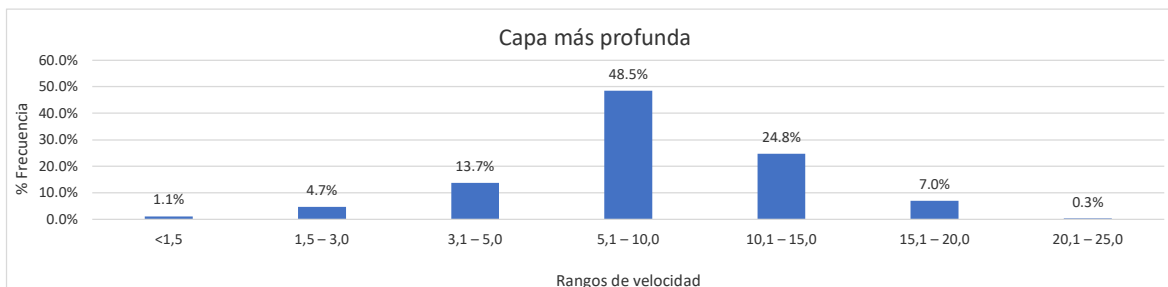


Figura 7. Distribución de frecuencias de las velocidades de corriente en la capa más profunda registrada de la columna.

3.4.2.1 Filtrado y selección de capas de la correntometría

En todas las modelaciones realizadas, se utilizó el 100% de las capas de medición de corrientes entre los -5 y los -31 m de profundidad.

Las capas utilizadas para modelar corresponden por lo tanto a las siguientes profundidades -30,-28,-26,-24,-22,-20,-18,-16,-14,-12,-10,-8 y -6.

²⁹ Keeley N.B., Cromey C.J., Goodwin E.O., Gibbs M.T., Macleod C.M., 2013, Predictive depositional modelling (DEPOMOD) of the interactive effect of current flow and resuspension on ecological impacts beneath salmon farms. Aquacult Environ Interact. Vol. 3: 275-291, 2013

Cabe mencionar que la capa más superficial no fue incluida en la modulación, por ser considerada por la Autoridad competente, no representativa.

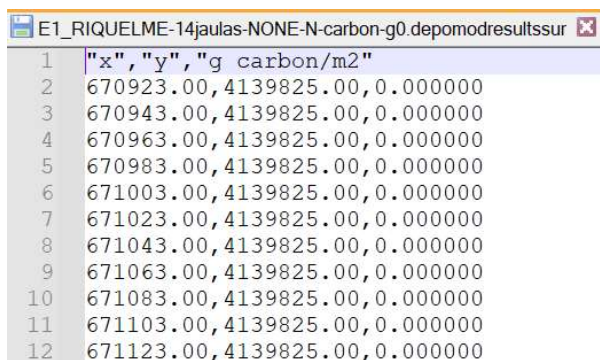
3.5 Antecedentes de la modelación

3.5.1 Grilla de Modelación

Para la generación del modelo se utilizó una Grilla con malla de 20x20 m, con un offset promedio (desfase respecto de balsas jaulas) de 300 metros aproximadamente.

3.5.2 Cálculo de los valores de flujo diario y flujo anual de carbono

El modelo NewDepomod fue alimentado en primer lugar con la información del ciclo productivo de 22 meses que se describe en la Tabla 1. Es importante recalcar que la información que entrega el modelo corresponde al flujo acumulado de carbono durante todo el período de modelación, es decir **22 meses** en este caso. Esto es posible verificarlo revisando el archivo generado automáticamente por el software, ubicado en la carpeta del presente informe: **Anexo 2_Archivos modelaciones / “nombre modelación” como “E1_RIQUELME” u otro / Depomod / results / E1_RIQUELME-14JAULAS-NONE-N-carbon-g0**. Al abrir el archivo, se observan 3 columnas, las que corresponden de izquierda a derecha a: eje X, eje Y, gramos de Carbono / m² (ver Figura 8).



	x	y	g carbon/m2
1	670923.00	4139825.00	0.000000
2	670943.00	4139825.00	0.000000
3	670963.00	4139825.00	0.000000
4	670983.00	4139825.00	0.000000
5	671003.00	4139825.00	0.000000
6	671023.00	4139825.00	0.000000
7	671043.00	4139825.00	0.000000
8	671063.00	4139825.00	0.000000
9	671083.00	4139825.00	0.000000
10	671103.00	4139825.00	0.000000
11	671123.00	4139825.00	0.000000
12	671143.00	4139825.00	0.000000

Figura 8. Resultados de flujo de carbono extraídos de NewDepomod. De izquierda a derecha: columnas eje X, eje Y y carbono acumulado por m².

La naturaleza del resultado obtenido es por lo tanto un valor acumulado, no asociado de forma explícita a una unidad de tiempo, que representa la acumulación de carbono a lo largo de todo el ciclo productivo modelado. Por lo tanto, se debe en

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

primer lugar conocer el período de tiempo que representan los valores de carbono obtenidos, con el objetivo de poder obtener un valor de flujo de carbono por unidad de tiempo, por ejemplo, diario (gC/m²/día) o anual (gC/m²/año).

Por lo tanto, dado que el ciclo productivo representado es de 22 meses, se debe en primer lugar dividir cada uno de los valores de carbono acumulado por el número de días que hay en 22 meses. Ello nos permite obtener el valor de flujo de carbono diario (gC/m²/día), el cálculo para obtener el valor de flujo diario de carbono es el siguiente:

$$(\text{g carbono} / \text{m}^2) / (\text{n}^\circ \text{ días en 22 meses})$$

Como es lógico, para transformar este valor a un flujo de carbono anual, se deberá multiplicar por 365 el resultado anterior

3.6 Resultados de la modelación

Tal como se indicó en el punto 2.2 del presente análisis, se delimita el área de influencia como aquella área comprendida dentro de la isolínea de 1 gC/m²/día de sedimentación, o su equivalente de 365 gC/m²/año, al expresarlo mediante flujo anual. Adicionalmente, se define como área de impacto a la zona comprendida dentro de la isolínea de 1.800 gC/m²/año de sedimentación, de acuerdo con descrito en el punto 2.3 anterior. Se detallan y grafican a continuación los resultados de flujo de carbono obtenidos.

Tabla 18. Concentraciones máximas de deposición de carbono y área de sedimentación, delimitada por la isolínea de 365 gC/m²/año.

	gC/m ² /año	Superficie AI (m ²)	Aporte adicional flujo carbono (gC/m ² /año)	Aporte adicional área sedimentación (m ²)
Ciclo producción autorizada	1,905	119,569	-	-
Ciclo 2017 – 2019	1,997	123,357	91.98	3,788
Ciclo de producción reducida	1,147	114,590	- 757.46	- 4,979

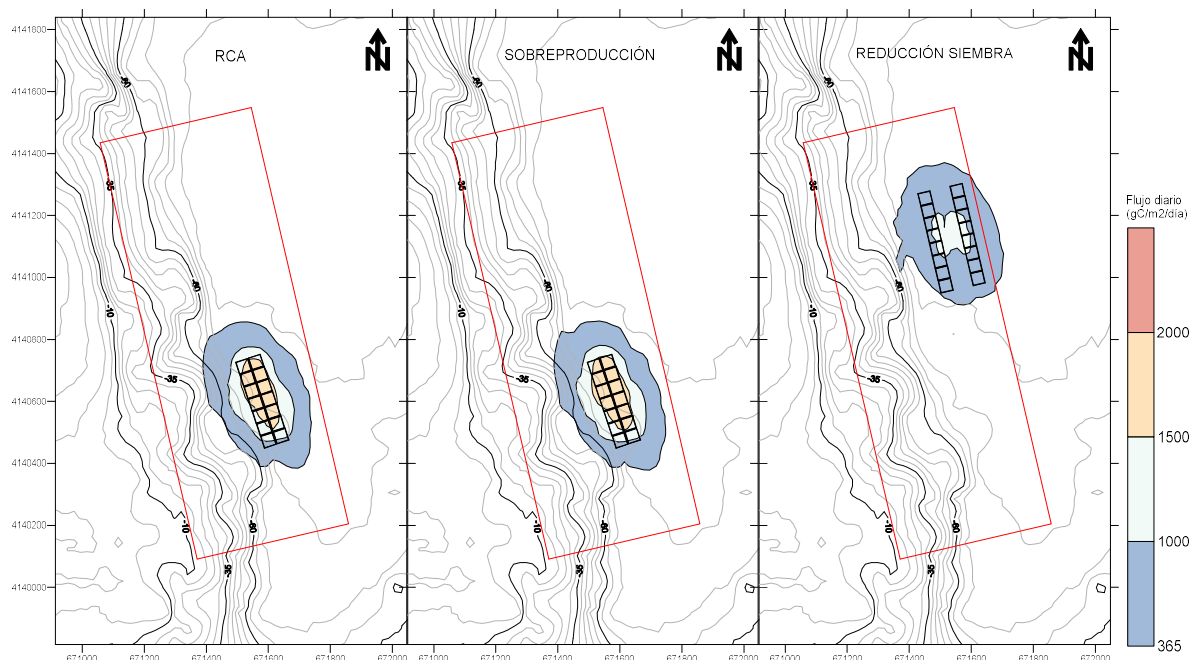


Figura 9. Flujo anual de carbono. Tasa de sedimentación en gC/m²/año. De izq. a dcha.: Ciclo RCA, ciclo 2017 – 2019 y ciclo de producción reducida.

Los valores máximos de flujo anual de carbono en los escenarios de producción autorizada, y 2017 – 2019, son de 1,905 y 1,997 gC/m²/año respectivamente, lo que significa un aporte adicional de 91.98 gC/m²/año por parte del ciclo 2017 – 2019. El ciclo con producción reducida genera un flujo máximo de 1,147 gC/m²/año, por lo que genera un efecto ambientalmente favorable de -757.46 gC/m²/año al comprarlo con el ciclo de producción autorizada, lo que excede el aporte adicional calculado para el ciclo 2017 – 2019.

El área de influencia en el sedimento corresponde a 119,569 y 123,357 m² en los ciclos de producción autorizada y 2017 – 2019 respectivamente, lo que significa un aporte adicional de 3,788 m². El escenario de producción reducida, con un área de influencia de 114,590 m², genera un efecto ambientalmente favorable en relación al efecto adicional del ciclo 2017 – 2019, de -4.979 m², al comparar su área de influencia con la del ciclo de producción autorizada.

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

3.7 Uso de antibióticos y antiparasitarios

Se adjunta en Anexo “Informe Fármacos Intesal” el informe realizado por Intesal, en el que se analiza el uso de antibióticos y antiparasitarios en el caso del centro con sobreproducción. Se extraen a continuación algunos de los párrafos relevantes para entender las conclusiones de dicho trabajo: “se realizó un análisis del riesgo ambiental para el antibiótico florfenicol administrado por vía oral en el CES Riquelme de la empresa Cermaq Chile.

El registro ecotoxicológico de especies marinas representantes para los niveles tróficos microalgas, invertebrado y peces no sugieren un riesgo a las concentraciones estimadas por el modelo predictivo, lo cual podría explicarse por la distribución a causa de las corrientes y otros mecanismos de transporte (difusivos y no difusivos) del antibiótico producto de la integración de estas variables en el modelación, así como también un patrón que sería determinado por las propiedades físicas y químicas del antibiótico florfenicol.”

3.8 Conclusiones

Alimento adicional entregado: como se desprende de la Tabla 17, el alimento utilizado en el ciclo con producción autorizada corresponde a 8,160 Ton., mientras que en el ciclo de sobreproducción 2017 – 2019 se entregaron 8,475 Ton. En la siguiente tabla se muestra el cálculo hasta llegar a los valores de carbono diario adicional aportado por cada jaula, en el mes de máxima producción del ciclo de sobreproducción, comparándolo también con el ciclo de producción reducida y su efecto ambientalmente favorable.

Tabla 19. Cálculo de los aportes adicionales de carbono por día y por jaula, en el ciclo de sobreproducción (2017 – 2019) durante el mes de máxima entrega de alimento y su comparación con el ciclo de producción reducida.

		Ciclo RCA	Ciclo 2017 – 2019	Ciclo producción reducida
Total alimento entregado	Ton.	8,160	8,475	7,180
Máxima entrega de alimento mensual	Ton.	842.8	875.3	671.0
	%	1%	1%	1%
Pérdida de alimento	Ton.	8.4	8.8	6.7
	Kg/Día.	281	292	224
	Kg/día/jaula	20.1	20.8	14.0

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental	
	Proyecto 24157		

	% Carbono	49%	49%	49%
	Kg C/día/jaula	9.8	10.2	6.9
Aporte adicional	Kg C/día/jaula	-	0.4	-3.0

El aporte adicional diario de carbono por alimento no consumido, a nivel de jaula, en el mes de máxima entrega de alimento, habría sido de 0.4 kg en el ciclo 2020 – 2021, mientras que el ciclo de producción reducida generaría un efecto ambientalmente favorable de -3.0 Kg C/jaula/día.

Concentraciones de carbono y área de sedimentación: como puede verse en la tabla 18, los valores de máximo flujo anual de carbono corresponden a 1,905 y 1,997 gC/m²/año en los escenarios de producción autorizada y de 2017 – 2019 respectivamente. Ello implica un aporte adicional máximo sobre el ciclo con producción autorizada, de 91.98 gC/m²/año. Sin embargo el ciclo de producción reducida, de -757.46 gCm²/año al comparar su máximo flujo de carbono anual (1,147 gC/m²/año) con el del ciclo de producción autorizada, generaría un efecto ambientalmente positivo sobre el efecto del ciclo 2017 – 2019.

En cuanto al área de sedimentación adicional del ciclo 2017 – 2019, ésta corresponde a 3,788 m², mientras que el ciclo de producción reducida generaría un efecto ambientalmente favorable de -4,979 m² sobre el efecto del ciclo 2017 – 2019, al comprar el ciclo de producción reducida con el ciclo de producción autorizada.

Uso de fármacos: El análisis de riesgo ambiental de químicos utilizados en el CES Estero Riquelme, adjunto en Anexos, concluye que “basado en los antecedentes de uso del antibiótico florfenicol en centro de cultivo Riquelme de la empresa Cermaq Chile no se sugiere un riesgo ambiental durante el periodo de producción 2018-2019, donde la posibilidad de generar afectación al ambiente marino se encuentra 10.000 veces por debajo a una condición adversa no tolerable por organismos marinos modelos, como corrobora la Figura 2. En efecto, de acuerdo a las implicancias ambientales de esta caracterización del riesgo, para que exista una afectación sobre el ecosistema se debería reportar concentraciones del antibiótico en el ambiente acuático marino por sobre el 1 µg/L.”

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

Informe elaborado por:



Matías E. Gargiulo

Biólogo Marino

IA Consultores

Ago-2024	Informe Integrado de Análisis Ambientales CES Estero Riquelme	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24157	

4 Anexos (adjuntos en formato digital)

1. Anexo 1_AutoCad Modelaciones.
2. Anexo 2_Modelaciones NewDepomod.
3. Anexo 3_Correntometria.
4. Anexo 4_Monitoreos INFA.
5. Anexo 5_Nutrientes E Riquelme.
6. Anexo 6_Informe fármacos Intesal
7. Anexo 7_Tablas

FUENTES DE INCERTIDUMBRE EN LA DETERMINACIÓN DEL PESO DE LA MORTALIDAD ENSILADA

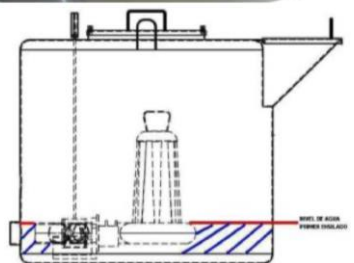
1. El art. 22 A del D.S. (MINECON) N° 319 de 2001, reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (RESA), y sus modificaciones posteriores, señala - en lo que interesa - que el titular de un centro de cultivo debe retirar diariamente las mortalidades de peces de cada unidad de cultivo (balsa-jaula) y someterla a ensilaje o incineración. En el caso del ensilaje, este debe efectuarse dentro de las 24 horas. En este mismo artículo se señala la obligación de clasificar toda la mortalidad extraída.
2. Adicionalmente, la Res. Ex. N° 1468, de 2012, del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), y sus modificaciones posteriores, establece el Programa Sanitario General de Manejo de Mortalidades y su sistema de Clasificación Estandarizado (PSGM). Dicho programa contine los procedimientos específicos de clasificación y manejo de las mortalidades entre otros, indicando claramente que la información que debe registrar el titular es: fecha, hora, N° de ejemplares y biomasa sometida al proceso de desnaturalización, medidas correctivas si aplican; observaciones; nombre y firma del operador responsable del procedimiento, además se deberá registrar el volumen de ácido fórmico empleado y pH de la mezcla homogénea alcanzado en el proceso. Asimismo, establece como obligación que semanalmente el titular del centro de cultivo deberá reportar al Sernapesca el número de mortalidades clasificadas según su causa, de acuerdo a la sumatoria de los registros diarios que el centro mantiene.
3. Como se observa, la actual normativa no exige determinar el peso de cada evento de mortalidad y la biomasa se calcula determinando el número de peces registrados como muertos diariamente y se multiplica por el peso promedio de la totalidad de los peces existente en el centro. Por tanto, la biomasa muerta indicada es una cifra referencial que no puede ser considerada como exacta en términos del peso final del ensilaje.
4. Por otra parte, la propia normativa establece que el proceso de ensilaje debe efectuarse mediante la aplicación de un ácido suave, en este caso el ácido fórmico, de manera que la mezcla resultante de este proceso no exceda el valor máximo de pH 4,0. Esto determina que los fabricantes de las plataformas de ensilajes recomienden la siguiente tabla de acuerdo con la cantidad de materia prima (peces muertos) que se encuentren tratándose en el sistema, cuestión que constituye un elemento más de incertidumbre respecto al peso de las partidas sometidas a ensilaje.

TABLA RELACIÓN KILOS MORTALIDAD / VOLUMEN DE ÁCIDO

Kilos de Mortalidad	Litros de Ácido	Kilos de Mortalidad	Litros de Ácido	Kilos de Mortalidad	Litros de Ácido	Kilos de Mortalidad	Litros de Ácido
5	0,2	110	3,3	210	6,3	310	9,3
10	0,3	120	3,6	220	6,6	320	9,6
20	0,6	130	3,9	230	6,9	330	9,9
30	0,9	140	4,2	240	7,2	340	10,2
40	1,2	150	4,5	250	7,5	350	10,5
50	1,5	160	4,8	260	7,8	360	10,8
60	1,8	170	5,1	270	8,1	370	11,1
70	2,1	180	5,4	280	8,4	380	11,4
80	2,4	190	5,7	290	8,7	390	11,7
90	2,7	200	6,0	300	9,0	400	12,0
100	3,0						

Fuente: Manual de operación unidad de ensilaje de Pesquera La Portada S.A.

5. Otro factor importante de incertidumbre lo constituye el peso de los peces muertos. Ello, porque las enfermedades que causan la muerte de los peces cursan con un menor índice de crecimiento y menor consumo de alimentos, lo que explica que los peces muertos tengan un peso menor al promedio de la población de la jaula o del centro de cultivo. Igual fenómeno sucede cuando en la mortalidad se encuentran ejemplares desadaptados, deformes o estresados, toda vez que también registran un menor consumo de alimento y peso en comparación con el promedio de la población.
6. Además, y de acuerdo con las indicaciones de los propios fabricantes de los sistemas de ensilaje, el estanque triturador funciona con un nivel de ensilado mínimo que se denomina Nivel Base, y que coincide con la posición de la voluta de acero inoxidable que contiene el rodete de la bomba (carcaza del estanque triturador). Así, en ocasiones, no es posible descargar todo el producto ensilado, lo que puede llegar a representar el 25% del volumen total del estanque triturador, tal como se puede apreciar en la siguiente fotografía y esquema.



Fuente: Manual de operación unidad de ensilaje de Pesquera La Portada S.A.

7. Otro elemento de incertidumbre corresponde a los casos en que parte de la mortalidad está constituida por ataques de lobos marinos, toda vez que los ejemplares son contabilizados como uno. Sin embargo, solo se logra recuperar la parcialidad del pez, reduciendo significativamente el peso que finalmente ingresa al ensilaje, pero para efectos de los registros exigidos por el propio Sernapesca se contabiliza como si se ingresara el pez entero para indicar la biomasa, tal como se observa en la siguiente imagen.



8. Luego, otro proceso de incertidumbre lo constituye el propio sistema de retiro de material ensilado desde el centro de cultivo. En efecto con la finalidad de que el proceso de retiro de este material sea económicamente eficiente, en ocasiones se produce una mezcla de diferentes centros en una misma embarcación de retiro. Esto sucede en particular cuando se retiran las mortalidades de una misma empresa en la misma ruta de una embarcación.
9. Finalmente, otro elemento de incertidumbre en relación con las diferencias observadas entre lo que el centro de cultivo despacha y lo que recibe la planta reductora, está constituido por los remanentes que quedan en los diversos medios de transporte, como camiones o bodegas.
10. En consecuencia, es posible advertir que existen diversas fuentes de incertidumbre que pueden explicar las diferencias observadas en la determinación del peso de la mortalidad ensilada entre lo informado por el centro de cultivo versus lo reportado por la planta reductora.

Powered by  Firma electrónica avanzada
JOSE MIGUEL BURGOS
GONZALEZ
2024.08.28 13:50:30 -0400

José Miguel Burgos
Médico Veterinario

Powered by  Firma electrónica avanzada
EUGENIO ANDRES
ZAMORANO
VILLALOBOS
2024.08.28 13:39:00 -0400

Eugenio Zamorano Villalobos
Médico Veterinario

2. FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO

Para la elaboración de un PDC se recomienda utilizar el formato presentado a continuación, diseñado de acuerdo a las indicaciones descritas en el capítulo precedente. Este formato contempla cuatro aspectos principales:

1. Descripción del hecho constitutivo de infracción, la normativa pertinente y los efectos negativos asociados. Respecto de los efectos negativos generados, se debe describir asimismo la forma en que estos efectos se eliminan o contienen y reducen, fundamentar, si corresponde, la imposibilidad de eliminar los efectos producidos y, en caso de afirmar que no se generan efectos negativos, fundamentar debidamente dicha afirmación.
2. El Plan de Acciones y Metas para volver al cumplimiento, y eliminar o contener y reducir los efectos negativos.
3. El Plan de Seguimiento del Plan de Acciones y Metas.
4. Cronograma.

➤ Para lo indicado en los puntos 1 y 2, el formato se aplica a cada uno de los hechos constitutivos de infracción, de acuerdo a la formulación de cargos respectiva, cuando sea procedente la presentación de un PDC.

➤ Para lo indicado en los puntos 3 y 4, el formato se aplica para el conjunto de acciones contenidas en el Programa, de forma única.

Se recomienda presentar el programa únicamente a través de este formato y **no duplicar esfuerzos en la presentación adicional en formato de texto plano, a menos que existan aspectos relevantes a considerar de forma complementaria a lo señalado a través del formato**. Cabe señalar que en el caso en se presenten ambos formatos y se encuentren inconsistencias, la Superintendencia dará prioridad a lo que sea presentado en el formato de tabla.

En el Anexo 5.4 de este documento se encuentra un ejemplo del uso de este formato.

COMPLETAR PARA CADA INFRACCIÓN:

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS

IDENTIFICADOR DEL HECHO	Hecho N°1	
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	Superación de la producción máxima autorizada en el CES Estero Riquelme durante el ciclo productivo iniciado el 6 de noviembre de 2017 y finalizado el 22 de agosto de 2019.	
NORMATIVA PERTINENTE	Considerando 3, RCA 032/2014. “(…) el proyecto “Centro de Cultivo de Salmones estero Riquelme, Comuna de Río Verde, Provincia de Magallanes, Décima Segunda Región de Magallanes y Antártica Chilena, N° pert 207121034” corresponde a un centro de engorda de salmonídeos en mar (…) para una producción máxima de 7.000 toneladas de producción y tratamiento de las mortalidades mediante un sistema de ensilaje.” Considerando 3.2.1.2.1, RCA 032/2014. “Esta etapa contempla la instalación de un máximo de 30 balsas jaulas, para producir un máximo de 7.000 toneladas a partir del primer año de operación, que corresponde a la máxima biomasa en cultivo (…)” Artículo 15, D.S. N°320/2001 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción “El titular de un centro de cultivo no podrá superar los niveles de producción aprobados en la resolución de calificación ambiental” D.S. N°320/2001 Ministerio de Economía. Reglamento Ambiental para la Acuicultura: Artículo 15: “[…] El titular de un centro de cultivo no podrá superar los niveles de producción aprobados en la resolución de calificación ambiental.”	
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	En conformidad con el Análisis ambiental integrado del CES Estero Riquelme (RNA 120165), suscrito por Matías E. Gargiulo, de IA Consultores SpA, en base a antecedentes provenientes de campañas de muestreo de la Caracterización Preliminar de Sitio (CPS), ASC, e INFA, y en complemento con modelaciones NewDepomod de distintos escenarios respecto a sobreproducción, al límite autorizado por la Resolución de Calificación Ambiental y el comprometido como	

	reducción, es posible descartar efectos ambientales negativos producto de la superación de la producción máxima autorizada durante el ciclo productivo materia de los cargos.
FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS	Principalmente, se adoptarán las medidas para hacerse cargo de la sobreproducción constatada durante el periodo de los cargos, rebajando 271,4 toneladas de la producción (según definición del literal n) del artículo 2° del Decreto Supremo N°320/2001 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción) del ciclo 2024-2025 en CES Estero Riquelme (RNA 120165) respecto de lo autorizado por su Resolución de Calificación Ambiental. Asimismo, se compromete acción para que, por vía de educación ambiental, se capacite a los colaboradores de Cermaq que tienen injerencia en el proceso de planificación de producción y en proceso productivo efectivo del centro, desde la siembra del primer smolt hasta la cosecha del último pez del ciclo, enfocado en el concepto de producción, su forma de cálculo y los límites autorizados, con el objeto de asegurar su cumplimiento en ciclos posteriores. Lo anterior, en base a un protocolo que tenga por objeto identificar tempranamente contingencias relacionadas a la planificación de la producción, respetando siempre los límites máximos autorizados por su respectiva Resolución de Calificación Ambiental.

2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS

2.1 METAS

Hacerse cargo de la sobreproducción materia de los cargos en el CES Estero Riquelme (RNA 120165), disminuyendo su producción en el ciclo productivo 2023-2025 en la misma cantidad que se imputa haber producido en exceso (271,4 toneladas) respecto de la autorizada por su RCA (Acción N°1) y permear en los colaboradores con injerencia directa en el ciclo productivo del CES Estero Riquelme (RNA 120165) el entendimiento del concepto de producción, como lo define la normativa, teniendo en cuenta no solo la biomasa producida, sino que además, las injerencias de la mortalidad y los demás egresos para su cálculo, todo ello, relacionados con los límites autorizados en las Resoluciones de Calificación Ambiental y demás limitaciones normativas, propias del sector regulado, lo que además, deberá quedar plasmado en el respectivo protocolo.

2.2 PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS

Incluir todas las acciones cuya ejecución ya finalizó o finalizará antes de la aprobación del Programa.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN (fechas precisas de inicio y de término)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	
N/A	Acción	N/A	N/A	Reporte Inicial	N/A	
	N/A					
	Forma de Implementación					
	N/A					

2.2.2 ACCIONES EN EJECUCIÓN

Incluir todas las acciones que han iniciado su ejecución o se iniciarán antes de la aprobación del Programa.

N° IDENTIFI CADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN (fecha precisa de inicio para acciones ya iniciadas y fecha estimada para las próximas a iniciarse, y plazo de ejecución)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial, Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
1	Acción		Producción final obtenida en el ciclo 2023-2025 no es superior a 6.728,6 toneladas.	Reporte Inicial	\$59.000 (Considerand o un margen bruto promedio de la industria de 0.24 USD/kg LWE, y un valor del dólar observado de 911.01 a la	Impedimentos
	Disminuir la producción en el ciclo productivo 2023-2025 del CES Estero Riquelme (RNA 120165) en 271,4 toneladas respecto de lo autorizado por su RCA (7.000 toneladas), para hacerse cargo de la sobreproducción del mismo Ces generada el ciclo 2017-2019.			Declaración jurada de siembra efectiva.		Situaciones o circunstancias fuera del control operacional del regulado, tales como situación sanitaria excepcional (ej: situación de contingencia sanitaria en que por orden de autoridad o disposición normativa se deba efectuar eliminación, cosecha o traslado
	“Producción” se denomina, de acuerdo al literal n) del artículo 2 del D.S. N°320/2001 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, al “ <i>resultado de la suma de todos los egresos,</i>			Certificado de autorización de movimiento (CAM) de siembra.		
				Reportes de avance		

<i>expresados en toneladas, kilos o unidades, y al remanente existente en un centro de cultivo en un período determinado”.</i> Por tanto, se limitará la producción total a un máximo de 6.728,6 toneladas, considerando la información de mortalidad y eliminaciones según se registra en el sistema de fiscalización para la acuicultura o “SIFA” (información entregada por el CES a Sernapesca) y de cosecha según se informa en sistema de Trazabilidad (información entregada por plantas de proceso a Sernapesca).			fecha del 26/08/2024)	urgente de ejemplares de otros centros de cultivo, que impliquen que Cermaq no pueda contar con los medios logísticos con que planifica efectuar o procesar la cosecha de Estero Riquelme), o catástrofes naturales (ejemplo: maremoto, terremoto, epidemia, temporal imprevisible u otras situaciones de fuerza mayor que impliquen un retraso imprevisto en la cosecha del centro).
Forma de Implementación	<u>Fecha de inicio:</u> septiembre 2024 <u>Plazo de ejecución:</u> 12 meses			Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
Con el fin de hacerse cargo de la sobreproducción generada en el ciclo productivo 2017-2019 en el CES Estero Riquelme, se ejecutará la cosecha en el momento y plazos necesarios para lograr una producción total de no más de 6.728,6 toneladas en el ciclo 2023-2025. Para lograr este objetivo, la siembra se inició en mayo de 2023 y se estima que la cosecha finalice durante el 2025 antes del inicio del descanso sanitario fijado para la ACS. El plazo de finalización fue establecido y será revisado periódicamente y ajustado según la evolución y crecimiento de los peces, de modo de lograr el objetivo propuesto.				Reportar a la Autoridad, situación asociada al impedimento, que pudiese afectar la cosecha del centro. Asimismo, el titular implementará las acciones correctivas consideradas en el protocolo de control de producción, las cuales pueden consistir en disminución de entrega de alimento; someter la biomasa a ayunos; y cosechar anticipadamente todo o parte del CES.

La clasificación de esta acción como acción en ejecución tiene en consideración que el CES Estero Riquelme está en pleno ciclo productivo, por lo que su implementación deberá efectuarse desde septiembre del presente año. De esta forma, se considera reducir la producción del CES Canal Estero Riquelme, en 271,4 toneladas, para el próximo ciclo productivo. Con lo anterior, el titular compensará la totalidad de la biomasa sobre producida,				Reporte final	
				Reporte que consolide en forma metódica la información sobre: 1. Detalle de mortalidad informado en SIFA; 2. Cosecha efectiva informada por planta en sistema Trazabilidad; y 3. Declaración jurada de cosecha efectiva	
2	Acción			Reporte inicial	Impedimentos
	Implementar capacitaciones semestrales vinculadas al procedimiento para el control de la biomasa del CES Estero Riquelme.	<u>Fecha de inicio:</u> septiembre 2024 <u>Plazo de ejecución:</u> 12 meses	Capacitación del 100% del personal, realizada en la forma y plazo comprometido.	Informe que considere el estado de la implementación de esta acción, con los siguientes antecedentes: - Listado de trabajadores del titular que indique operarios encargados y responsables de la aplicación del procedimiento. - Registro de asistencia de capacitaciones semestrales, donde se consigne el contenido de la respectiva capacitación. - Presentación en formato digital (PowerPoint) de las	Costo interno Que alguna de las personas que deben asistir a la reunión, no puedan hacerlo dentro del plazo comprometido por razones personales justificadas, no imputables a Cermaq, tales como acto de autoridad, enfermedad (al menos con justificación de profesional idóneo) o problemas personales o familiares acreditados.

			capacitaciones realizadas por el encargado respectivo.	
			Reporte de avance	
			N/A	
			Reporte final	Acción alternativa
	Forma de implementación Se efectuarán capacitaciones semestrales dirigidas a todo el personal que sea responsable de la aplicación del Procedimiento para el control de la biomasa (acción 1), como a toda persona nueva que se incorpore en dichas labores. El contenido esencial de estas capacitaciones se relacionará con la difusión del contenido del Procedimiento para el Control de Producción de Biomasa en Centro de Cultivo “Estero Riquelme”; debiendo considerar -al menos - lo siguiente: • Siembra y carga de información al Sistema BluFarming. • Control de Producción y verificación empírica. • Sistema de alertas y criterios de aplicación de acciones correctivas. • Acciones correctivas.		En el caso de ausencia, se gestionará y realizará una reunión adicional con aquellas personas faltantes, para efectos de que puedan contar con la información de los contenidos de aquella reunión que se ausentaron. En el caso que persistan los impedimentos más allá del plazo de ejecución de la medida, se dará aviso a la SMA, a la oficina de partes, con el objeto de ampliar dicho plazo.	

	Se acompaña en a esta presentación, una tabla excel con personal encargado de la ejecución del Procedimiento Para el Control de Producción de Biomasa en Centro de Cultivo, a capacitar.					
3	Acción			Reporte inicial		Impedimento
	-Comprobante de carga del Procedimiento al sistema integrado de gestión BLUAPPS. - Listado de trabajadores del titular que indique todo el personal de la empresa que tenga relación con el control de producción.			N/A		
	Reporte de avance					
	Elaboración e implementación de un protocolo de control de producción para el CES Estero Riquelme, para asegurar el cumplimiento de la acción correspondiente a la Acción N°1 y el cumplimiento normativo aplicable a la producción del mismo. Este será difundido según lo descrito en la acción N°2.	<u>Fecha de inicio:</u> septiembre 2024 <u>Plazo de ejecución:</u> 12 meses	Procedimiento para el Control de Producción de Biomasa en Centro de Cultivo “Estero Riquelme” – 120165 elaborado y difundido en tiempo y en la forma comprometida.	-Declaración Jurada de siembra de CES, si corresponde para el período reportado. -Declaración Jurada de cosecha de CES, si corresponde para el período reportado. -Copias de correos electrónicos remitidos con el procedimiento de control de biomasa, a todo el personal de la empresa que tenga relación con el control de producción, u otro comprobante de recepción del procedimiento, en caso de que cambien las personas encargadas de su aplicación, de	Costo interno	

				ser aplicable al período reportado. - Listado de trabajadores del titular que indique todo el personal de la empresa que tenga relación con el control de producción, en caso de que cambien las personas encargadas, de ser aplicable al período reportado. -Compilado de reportes semanales del Sistema Blufarming, aplicables al período reportado.		
	Forma de implementación			Reporte final		Acción alternativa
	Durante el mes de agosto de 2024, Salmones Blumar elaboró un Procedimiento para el Control de Producción de Biomasa, para ser aplicable al Centro de Cultivo “Estero Riquelme” – 120165, en base a los datos de movimiento periódico de peces y registro de mortalidades que se reportan en la Plataforma del Sistema de Información de Fiscalización de la Acuicultura de SERNAPESCA (SIFA). Este Procedimiento pasará a formar parte del sistema integrado de gestión denominado BLUAPPS que tiene la compañía. El procedimiento, acompañado en la presentación del PdC, tiene por objetivo describir y establecer las actividades a ser ejecutadas para controlar la biomasa del CES Canal Estero			Informe consolidado con el análisis de cumplimiento de la acción comprometida.		N/A

	Riquelme, con el objeto de cumplir con la producción máxima autorizada ambientalmente, según su proyecto técnico, considerando a su vez cualquier restricción de producción sectorial o ambiental aplicable. Junto con establecer las definiciones de los términos esenciales de este Procedimiento y la individualización de los responsables de la aplicación de este instrumento, se detallan las actividades que deben ejecutarse, previo a la siembra de los peces en el centro de cultivo y durante toda la duración del ciclo productivo. El control de producción del CES se realiza mediante el uso del sistema BluFarming, que entrega, en base a monitoreos manuales y proyecciones diarias, la información necesaria para determinar el estado actual y proyectado de la biomasa del CES. Esto, con base en los datos de movimiento periódico de peces y registro de mortalidades que se reportan en la Plataforma del Sistema de Información de Fiscalización de la Acuicultura de SERNAPESCA (SIFA). Mediante la recopilación de datos que realiza este sistema y la utilización de un Modelo de Crecimiento, se estima la fecha proyectada de cosecha para cada jaula del CES. Esta proyección se contrasta periódicamente con datos					
--	--	--	--	--	--	--

	reales y actualizados durante la operación del Centro. El sistema BluFarming está configurado para emitir una alerta en caso de que se cumplan los siguientes dos criterios: (1) Que, según la biomasa que se encuentre en el agua, resten 1000 toneladas para cumplir con el límite autorizado ambientalmente, considerando cualquier restricción sectorial o ambiental que fuese aplicable. (2) Que la biomasa proyectada al final del ciclo sea igual o superior al 97% de la producción máxima autorizada, considerando cualquier restricción sectorial o ambiental que fuese aplicable. Cumplidos ambos criterios, las gerencias y subgerencias responsables individualizadas en el acápite 5.3 del Procedimiento, deben adoptar en el plazo aproximado de 10 días hábiles una o más de las siguientes acciones correctivas: (i) Ejecución anticipada de cosecha: consiste en adelantar la fecha de cosecha originalmente proyectada en 10 -90 días, dependiendo del total de jaulas involucradas. El objetivo de esta medida es adelantar el inicio y/o final en la fecha de cosecha del					
--	--	--	--	--	--	--

	centro, lo que generará que se coseche a un menor peso, disminuyendo el total de biomasa producida. (ii) Disminución de entrega de alimento: medida a implementar en un rango entre 10 -90 días, dependiendo del total de jaulas involucradas, cuyo objetivo es ralentizar el crecimiento/engorda de peces. (iii) Ayuno: no entrega de alimento se genera en un rango entre 10 -90 días dependiendo del total de jaulas involucradas. El objetivo de esta medida, considerada de última ratio, aplicable únicamente en aquellos casos que no sean efectivas o no sean posibles de aplicar las medidas precedentes, es ralentizar el crecimiento/engorda de peces. La ejecución de estas acciones, van acompañadas de monitoreos biológicos efectuados de manera manual o mediante dispositivos de estimación biomasa, lo que servirá para corroborar la información entregada por el sistema BluFarming. Este monitoreo es realizado a lo largo de todo el ciclo productivo, con					
--	--	--	--	--	--	--

	una periodicidad de 60 días, esto es, cada 2 meses. Concluida la ejecución de estas acciones correctivas, se evalúa su resultado, verificando los datos que arroje el sistema BluFarming. Si la proyección vuelve a un estado de cumplimiento o no. De no ser ese el caso, BluFarming continuará enviando alertas para adoptar nuevamente la(s) medida(s) correctivas. En cuanto a la aplicación del Procedimiento, este será en forma permanente en el CES, incluyendo el ciclo productivo como los periodos de planificación, anteriores a su entrada en operación.					
--	--	--	--	--	--	--

2.2.3 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR

Incluir todas las acciones no iniciadas por ejecutar a partir de la aprobación del Programa.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE EJECUCIÓN (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
	Acción			Reportes de avance	Costo interno	Impedimentos

4	Informar a la SMA los reportes y medios de verificación que acrediten la ejecución de las acciones comprendidas en el programa de cumplimiento a través de los sistemas digitales que se dispongan al efecto para implementar el SPDC.			N/A	Problemas exclusivamente técnicos que pudieren afectar el funcionamiento del sistema digital en el que se implemente el SPDC, y que impidan la correcta y oportuna entrega de los documentos correspondientes.
	Forma de implementación	Fecha de inicio: desde la notificación de la resolución que apruebe el programa de cumplimiento.	Comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC.	Reporte final	Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	Dentro del plazo y según la frecuencia establecida en la resolución que apruebe el programa de cumplimiento, se accederá al sistema digital que se disponga para este efecto, y se cargará el programa de cumplimiento y la información relativa al reporte inicial, los reportes de avance o el informe final de cumplimiento, según se corresponda con las acciones reportadas, así como los medios de verificación para acreditar el cumplimiento de las acciones comprometidas. Una vez ingresados los reportes y/o medios de verificación, se conservará el comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC.	Plazo de ejecución: durante la ejecución del PDC hasta el respectivo reporte final de la última acción de más larga data.		Comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC.	Se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, especificando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC, remitiendo comprobante del error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación. La entrega del reporte se realizará a más tardar el día siguiente hábil del vencimiento del plazo correspondiente, en la Oficina de Partes digital o física de la Superintendencia del Medio Ambiente.

2.2.4 ACCIONES ALTERNATIVAS

Incluir todas las acciones que deban ser realizadas en caso de ocurrencia de un impedimento que imposibilite la ejecución de una acción principal.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA (N° Identificador)	PLAZO DE EJECUCIÓN (a partir de la ocurrencia del impedimento)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	
5	Acción	1	Reporte: 5 días hábiles. Acciones correctivas: 1 mes.	Reportar a la Autoridad situación asociada al impedimento, que pudiese afectar la cosecha del centro. Implementar las acciones correctivas consideradas en el protocolo de control de producción, las cuales pueden consistir en disminución de entrega de alimento; someter la biomasa a ayunos; y cosechar anticipadamente todo o parte del CES.	Reportes de avance	Costo interno	
	Reportar a la Autoridad situación asociada al impedimento que pudiese afectar los plazos de cosecha del CES Estero Riquelme. Asimismo, el titular implementará las acciones correctivas consideradas en el protocolo de control de producción, las cuales pueden consistir en disminución de entrega de alimento; someter la biomasa a ayunos; y cosechar anticipadamente todo o parte del CES.				N/A		
	Forma de implementación				Reporte final		
	Informar el impedimento a la SMA mediante presentación vía e-mail				Correo electrónico enviado a Oficina de Partes de la SMA, indicando las medidas correctivas		

	enviado a Oficina de Partes y a el/la Fiscal instructor(a).				que están siendo o serán implementadas.		
6	Acción	4	1 día hábil desde el vencimiento del plazo, para entregar los documentos en la Oficina de Partes de la SMA.	Dar aviso inmediato a la SMA con los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC.	Reportes de avance	Costo interno	
	Dar aviso inmediato a la SMA con los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC.				N/A		
	Forma de implementación				Reporte final		
	Comunicación, vía correo electrónico, especificando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC, remitiendo comprobante del error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación. La entrega del reporte se realizará a más tardar el día siguiente hábil al vencimiento del plazo correspondiente, en la Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente.				Correo electrónico enviado a Oficina de Partes de la SMA; y Comprobante de entrega de los documentos en Oficina de Partes de la SMA.		

1. DESCRIPCIÓN DEL HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN Y SUS EFECTOS

IDENTIFICADOR DEL HECHO	Hecho N°2	
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	No disponer en un lugar autorizado de 6.975 kg de mortalidad ensilada y despachada desde el CES Estero Riquelme.	
NORMATIVA PERTINENTE	Considerando 3.3.3, RCA 032/2014. Residuos Sólidos (...) “La mortalidad generada se almacenará en el sistema de ensilaje descrito en la DIA. Una vez ensilada se retirará una vez al mes o quincenal, y/o según requerimiento del centro, por vía marítima y terrestre hacia empresas reductoras”	
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	Según la información contenida en el Programa de Cumplimiento y su anexo presentado el 12 de septiembre de 2022, como la información acompañada al presente PdC Refundido y su anexo, específicamente respecto al informe de Acuiestudios relacionado a “Fuentes de incertidumbre en la determinación del peso de la mortalidad ensilada”, es posible acreditar que no existen efectos negativos producidos por la infracción.	
FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS	El referido efecto sobre la percepción de autenticidad de los datos de los registros de despacho de mortalidad ensilada a sitio de destino autorizado, en lo que depende del regulado, puede ser atenuado, enriqueciendo dicho registro con datos adicionales, que sean obtenidos de acuerdo con un protocolo escrito y previamente conocido.	

2. PLAN DE ACCIONES Y METAS PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA, Y ELIMINAR O CONTENER Y REDUCIR LOS EFECTOS NEGATIVOS GENERADOS

2.1 METAS

Enriquecer el registro de despacho de mortalidad ensilada desde el centro de cultivo a sitio de destino autorizado, con datos adicionales, que sean obtenidos de acuerdo con un protocolo escrito y previamente difundido y conocido.

2.2 PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS

Incluir todas las acciones cuya ejecución ya finalizó o finalizará antes de la aprobación del Programa.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN (fechas precisas de inicio y de término)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial)	COSTOS INCURRIDOS (en miles de \$)	
	Acción	N/A	N/A	Reporte Inicial	N/A	
	Forma de Implementación			N/A		
	N/A					

2.2.2 ACCIONES EN EJECUCIÓN

Incluir todas las acciones que han iniciado su ejecución o se iniciarán antes de la aprobación del Programa.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	FECHA DE INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN (fecha precisa de inicio para acciones ya iniciadas y fecha estimada para las próximas a iniciarse, y plazo de ejecución)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reporte Inicial, Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
7	Acción			Reporte Inicial	Costo interno	Impedimentos
						N/A

Elaborar e implementar un protocolo de control y registro de la mortalidad ensilada y su despacho a planta reductora, para el CES Estero Riquelme.			Protocolo de control y registro de mortalidad ensilada. Formato de registro de ensilaje	
Forma de Implementación	Fecha de inicio: iniciado con esta fecha mediante el envío del borrador de protocolo a la SMA. Fecha de término: 1 mes desde la aprobación del PDC.	Existencia de un protocolo de control y registro de mortalidad ensilada para el CES Estero Riquelme.	Reportes de avance	Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
El protocolo considerará el conteo de la mortalidad y el procedimiento de su ensilaje, así como el registro del ensilaje despachado a la planta reductora, incluido los factores para su estimación de volumen. Su difusión se realizará de acuerdo a la Acción N°10. Dado que el CES Estero Riquelme está actualmente en operación, la instalación del instrumento de medición de volumen de mortalidad ensilada es altamente riesgosa (originalmente propuesta en el PDC presentado con fecha 12 de septiembre de 2022). En efecto, al estar el centro operativo, el sistema de ensilaje tiene parte de su capacidad de almacenamiento en ocupación. Por otro lado, la instalación del instrumento de medición de volumen de mortalidad ensilada requiere la ejecución de una perforación en el sistema de ensilaje, lo cual haría perder la hermeticidad del sistema, cuyo objetivo es la protección de la vida y salud de las personas, en			Reporte final	N/A

	consideración a la eventual presencia de ácido sulfhídrico. En atención a lo anterior, se propone un protocolo ejecutable en un centro ya en operación.:				
8	Acción	Fecha de inicio: Durante el segundo semestre del 2024. Plazo de ejecución: 10 meses.	Corresponderá al 100% de personal capacitado establecido en la forma de implementación, el que será evaluado en función de la nómina de personas que tengan relación directa con el protocolo y el listado de asistencia a las capacitaciones, que deberán desarrollarse de manera semestral.	Reporte inicial	Impedimentos
	Capacitar y difundir el Procedimiento de control y registro de la mortalidad ensilada y su despacho a planta reductora, para el CES Estero Riquelme			Registro de asistencia de capacitaciones semestrales, donde se consigne el contenido de la respectiva capacitación; nómina de personas que tengan relación directa con el mencionado protocolo; registros fotográficos fechados de las capacitaciones; presentación, en formato digital (PowerPoint) de las capacitaciones donde figurará el encargado de su realización y los temas a tratar. Considerará las capacitaciones realizadas hasta el momento de este efectuarse este reporte.	N/A
	Forma de implementación			Reporte de avance	Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento.
	Se capacitará al personal del CES Estero Riquelme respecto del Procedimiento de control y registro de mortalidad ensilada y su despacho a la planta reductora. Se sostendrá, al menos, una reunión por cada equipo de trabajo que lideren las			N/A	
				Reporte final	
				Registro consolidado de asistencia de capacitaciones semestrales, donde se consigne el contenido de la respectiva capacitación; nómina de personas que tengan relación directa con el mencionado protocolo; registros	N/A

	personas que ocupen los siguientes cargos: 1. Jefe de Centro Estero Riquelme para el ciclo en curso; y 2. Asistentes de Centro Estero Riquelme para el ciclo en curso.			fotográficos fechados de las capacitaciones; presentación, en formato digital (PowerPoint) de las capacitaciones donde figurará el encargado de su realización y los temas a tratar.		
--	--	--	--	--	--	--

2.2.3 ACCIONES PRINCIPALES POR EJECUTAR

Incluir todas las acciones no iniciadas por ejecutar a partir de la aprobación del Programa.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	PLAZO DE EJECUCIÓN (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	IMPEDIMENTOS EVENTUALES (indicar según corresponda: acción alternativa que se ejecutará y su identificador, implicancias que tendría el impedimento y gestiones a realizar en caso de su ocurrencia)
	Acción			Reportes de avance		Impedimentos
	N/A					
	Forma de Implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	N/A					

2.2.4 ACCIONES ALTERNATIVAS

Incluir todas las acciones que deban ser realizadas en caso de ocurrencia de un impedimento que imposibilite la ejecución de una acción principal.

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario)	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA (N° Identificador)	PLAZO DE EJECUCIÓN (a partir de la ocurrencia del impedimento)	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas)	MEDIOS DE VERIFICACIÓN (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente)	COSTOS ESTIMADOS (en miles de \$)	
	Acción				Reportes de avance		
	N/A						
	Forma de implementación				Reporte final		
	N/A						

COMPLETAR PARA LA TOTALIDAD DE LAS INFRACCIONES:

3. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS

3.1 REPORTE INICIAL		
REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN.		
PLAZO DEL REPORTE (en días hábiles)	30	Días hábiles desde de la notificación de la aprobación del Programa.
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción por reportar
	1	Disminuir la producción en el ciclo productivo 2023-2025 del CES Estero Riquelme (RNA 120165) en 271,4 toneladas respecto de lo autorizado por su RCA (7.000 toneladas), para hacerse cargo de la sobreproducción del mismo Ces generada el ciclo 2017-2019
	2	Implementar capacitaciones semestrales vinculadas al procedimiento para el control de la biomasa del CES Estero Riquelme.
	3	Elaboración e implementación de un protocolo de control de producción para el CES Estero Riquelme, para asegurar el cumplimiento de la acción correspondiente a la Acción N°1 y el cumplimiento normativo aplicable a la producción del mismo. Este será difundido según lo descrito en la acción N°2.
	7	Elaborar e implementar un protocolo de control y registro de la mortalidad ensilada y su despacho a planta reductora, para el CES Estero Riquelme.
	8	
3.2 REPORTES DE AVANCE		
REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.		
TANTOS REPORTES COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN		
PERIODICIDAD DEL REPORTE (Indicar periodicidad con una cruz)	Semanal	
	Bimensual (quincenal)	
	Mensual	
	Bimestral	
	Trimestral	
	Semestral	X
A partir de la notificación de aprobación del Programa. Los reportes serán remitidos a la SMA en la fecha límite definida por la frecuencia señalada. Estos reportes incluirán la información hasta una determinada fecha de corte comprendida dentro del periodo a reportar.		
ACCIONES A REPORTAR	N° Identificador	Acción por reportar

(N° identificador y acción)	3	Elaboración e implementación de un protocolo de control de producción para el CES Estero Riquelme, para asegurar el cumplimiento de la acción correspondiente a la Acción N°1 y el cumplimiento normativo aplicable a la producción del mismo. Este será difundido según lo descrito en la acción N°2.
-----------------------------	---	--

3.3 REPORTE FINAL

REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.

PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON ENTREGA DEL REPORTE FINAL	30	Días hábiles a partir de la finalización de la acción de más larga data.
---	----	--

ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción) ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción por reportar
	1	Disminuir la producción en el ciclo productivo 2023-2025 del CES Estero Riquelme (RNA 120165) en 271,4 toneladas respecto de lo autorizado por su RCA (7.000 toneladas), para hacerse cargo de la sobreproducción del mismo Ces generada el ciclo 2017-2019
	2	Implementar capacitaciones semestrales vinculadas al procedimiento para el control de la biomasa del CES Estero Riquelme.
	3	Elaboración e implementación de un protocolo de control de producción para el CES Estero Riquelme, para asegurar el cumplimiento de la acción correspondiente a la Acción N°1 y el cumplimiento normativo aplicable a la producción del mismo. Este será difundido según lo descrito en la acción N°2.
	4	Informar a la SMA los reportes y medios de verificación que acrediten la ejecución de las acciones comprendidas en el programa de cumplimiento a través de los sistemas digitales que se dispongan al efecto para implementar el SPDC.
	8	Capacitar y difundir el Procedimiento de control y registro de la mortalidad ensilada y su despacho a planta reductora, para el CES Estero Riquelme

4. CRONOGRAMA

EJECUCIÓN ACCIONES															Desde la aprobación del programa de cumplimiento													
	En Meses					En Semanas																						
N° Identificador de la Acción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1												X																
2												X																
3												X																
4												X																
7	X																											
8										X																		
ENTREGA REPORTES															Desde la aprobación del programa de cumplimiento													
	En Meses					En Semanas																						
Reporte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
Reporte inicial (N/A)	X																											
Reporte Final													X															



Juan Nicolás Vial Cosmelli
pp. Cermaq Chile S.A.

BLUMAR	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE BIOMASA CES RIQUELME 120165	Fecha Elab.: 26 de agosto de 2024
---------------	---	-----------------------------------

**PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE
PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CENTRO DE
CULTIVO “CES RIQUELME” - 120165**

		
Elaborado por Subgerencia de Asuntos Regulatorios	Revisado por Representante de Gerencia	Aprobado por Gerente de Farming

BLUMAR	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE BIOMASA CES RIQUELME 120165	Fecha Elab.: 26 de Agosto de 2024
---------------	---	-----------------------------------

1. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es describir y establecer las actividades que se deben ejecutar para controlar la biomasa a producir en el centro de cultivo denominado "RIQUELME"-120165, de titularidad de Salmones Blumar Magallanes SpA., y con ello cumplir la producción máxima autorizada por su Resolución de Calificación Ambiental (RCA) y su Proyecto Técnico (PT), además de las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable. El presente protocolo toma en consideración que se disminuirá la producción en el ciclo productivo 2023-2025 del CES Estero Riquelme (RNA 120165) en 271,4 toneladas respecto de lo autorizado por su RCA (7.000 toneladas), no sobrepasando una producción de 6.728,6 para dicho ciclo.

2. ALCANCE

Este procedimiento será aplicable al centro de cultivo "Riquelme" y deberá ser ejecutado por todas las áreas de la empresa que tengan relación con el control producción de salmónidos en dicho centro de cultivo.

3. DEFINICIONES

- a) BluFarming: software diseñado e implementado para planificar y controlar la producción de Salmones Blumar Magallanes SpA. en su Centro.
- b) Centro: centro de cultivo de salmones denominado "Riquelme", código de Sernapesca 120165
- c) Ciclo productivo: período que va entre el ingreso o siembra de una generación de ejemplares hasta su cosecha total o el despoblamiento total del centro de cultivo.¹
- d) Modelo de Crecimiento: Formulación matemática basada en la historia productiva de la compañía, bajo ciertos parámetros acotados (cepa, lugar geográfico, condiciones de cultivo, entre otras) con los cuales se construye una ecuación que depende de la temperatura y el alimento, para emular el desempeño (crecimiento esperado) que tendrán los peces.
- e) Producción: resultado de la suma de todos los egresos, expresados en toneladas, kilos o unidades, y del remanente existente en un centro de cultivo en un período determinado². Los egresos corresponden a la biomasa cosechada más la mortalidad durante un ciclo productivo.
- f) Proyecto Técnico (PT): documento que contiene la información productiva más relevante del Centro, en relación al titular de la concesión, las especies y biomasa máxima a producir, las estructuras a utilizar y el tiempo en que se ejecutará el proyecto.
- g) Resolución de Calificación Ambiental (RCA): documento administrativo que se obtiene una vez culminado el proceso de evaluación de impacto ambiental, que coordina el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Este documento establece las condiciones, exigencias o medidas de carácter ambiental que Salmones Blumar Magallanes SpA. deberá cumplir durante la operación del Centro. El centro se rige por la RCA N°32/2014.

4. RESPONSABILIDADES

Gerencia de Farming: tomar conocimiento del estado de producción de biomasa del Centro y participar en la toma de decisiones respecto de las medidas conducentes a que la producción no sobrepase el límite autorizado por su RCA ni las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable.

Gerencia de Producción: tomar conocimiento del estado de producción de biomasa del Centro, participar en la toma de decisiones conducentes a que la producción no sobrepase el límite autorizado por su RCA, ni las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable, así como coordinar y velar por la correcta ejecución de las acciones para lograr este objetivo.

¹ Art. 2º, w) RAMA

² Art. 2º n), RAMA

BLUMAR	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE BIOMASA CES RIQUELME 120165	Fecha Elab.: 26 de Agosto de 2024
---------------	---	-----------------------------------

Subgerencia de Producción XII Región: tomar conocimiento del estado de producción de biomasa del Centro, participar en la toma de decisiones conducentes a que la producción no sobrepase el límite autorizado por su RCA ni las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable, así como coordinar las acciones en terreno y velar por su correcta ejecución.

Subgerencia de Salud: tomar conocimiento del estado de producción de biomasa del Centro, participar en la toma de decisiones conducentes a que la producción no sobrepase el límite autorizado por su RCA, ni las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable coordinar y velar por la correcta ejecución de las acciones para lograr este objetivo en el ámbito sanitario.

Subgerencia de Asuntos Regulatorios: tomar conocimiento del estado de producción de biomasa del Centro, informar oportunamente cualquier desviación detectada, reportarla a la Gerencia de Farming y participar en la toma de decisiones respecto de las acciones tendientes a que la producción no sobrepase el límite autorizado por su RCA, ni las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable.

Jefe de Área: tomar conocimiento del estado de producción de biomasa del Centro, participar en la toma de decisiones conducentes a que la producción no sobrepase el límite autorizado por su RCA, así como coordinarlas en terreno directamente con el personal del Centro y velar por su correcta ejecución.

Jefe de Centro: tomar conocimiento del estado de producción de biomasa del Centro, informar oportunamente al Jefe de Área cualquier desviación de la producción de la que tenga conocimiento, ejecutar las acciones tendientes a no sobrepasar la producción autorizada y velar porque el personal del Centro las cumpla cuando corresponda.

Jefe de Planificación y Control de Gestión Farming: velar porque el software BluFarming cumpla con los parámetros de planificación requeridos para un correcto funcionamiento y reportabilidad.

Jefe de Alimentación: velar porque el software BluFarming cumpla con los parámetros de alimentación requeridos para un correcto funcionamiento y reportabilidad.

Jefe de TI: junto con el Jefe de Alimentación, tiene la responsabilidad de velar porque el software BluFarming se encuentre operativo y reportando correctamente a quienes corresponda.

Jefe de Cosecha: deberá reportar oportunamente la disponibilidad para eventualmente anticipar la cosecha de la biomasa del Centro.

5. ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO

5.1 Siembra y carga de Información al Sistema de BluFarming

Para efectos de determinar la cantidad de peces a sembrar, se considera el porcentaje promedio histórico de mortalidad del Centro y el peso de cosecha que se pretende alcanzar, denominado “peso cosecha *target*”, que va entre los 5 a 5,5 kg por individuo. Con esos datos, utilizando un Modelo de Crecimiento estandarizado, se define la fecha estimada de cosecha para cada jaula del CES.

La Gerencia de Farming, la Gerencia de Producción y la Subgerencia de Producción XII Región, tienen la responsabilidad de velar porque la proyección productiva en el sistema BluFarming se haya realizado correctamente, esto es, que la producción máxima configurada en el sistema coincida con los valores indicados tanto en la resolución que fija las densidades de cultivo para las concesiones de acuicultura, así como en lo señalado en la RCA, el Proyecto Técnico autorizado del Centro y en las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES. En caso de que esta verificación defina que la proyección de biomasa es incorrecta, la acción correctiva es ordenar que se realice nuevamente con el ingreso de los datos de conformidad a los antecedentes descritos.

BLUMAR	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE BIOMASA CES RIQUELME 120165	Fecha Elab.: 26 de Agosto de 2024
---------------	---	-----------------------------------

En segundo lugar, estos profesionales tienen la responsabilidad de resguardar que se siembre el centro con la cantidad de peces consistente con esta proyección, que se encuentra conforme con la biomasa máxima autorizada por la RCA respectiva, el PT y las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable.

Para ello se realiza un riguroso seguimiento de los peces a sembrar desde las pisciculturas (Centros de agua dulce) de donde provienen los Smolts que ingresarán al Centro. Asimismo, la cantidad de peces que ingresan al CES se encuentran respaldadas por generación de los correspondientes Certificados Sanitarios de Movimiento y los Certificados de Autorización de Movimiento. Además, las pisciculturas cuentan con equipos contadores de peces, que permiten dar un grado de certeza respecto de la cantidad de peces a sembrar.

En el evento de que la cantidad de peces efectivamente sembrada no coincida con la cantidad ya definida previamente, esto es, que se haya sembrado un número mayor al definido para el ciclo, el sistema BluFarming realizará una adecuación del estado actual y proyectado de la biomasa del centro, con el objeto de cumplir con los parámetros productivos (por ejemplo ajustando la fecha de cosecha).

De esta forma, durante el inicio de cada ciclo productivo del Centro, el Jefe de Planificación y Control de Gestión de Farming tiene la responsabilidad de verificar en el sistema de BluFarming que la proyección de biomasa del

Centro coincida con los valores indicados tanto en la resolución que fija las densidades de cultivo para las concesiones de acuicultura, así como en lo señalado en la RCA, el PT autorizado del Centro y en las eventuales restricciones sectoriales y ambientales aplicables al CES que puedan afectar su producción máxima alcanzable.

5.2 Control de producción

El control de la producción del Centro se realiza por medio del uso de BluFarming, que entrega la información necesaria para determinar el estado actual y proyectado de la biomasa del Centro. Este sistema BluFarming es utilizado durante todo el ciclo productivo (desde el primer día de siembra del centro hasta el término de la cosecha).

Como se mencionó anteriormente, al inicio del ciclo se utiliza un Modelo de Crecimiento mediante el cual se estima la fecha proyectada de cosecha para cada jaula del CES. No obstante, ya que esa proyección se realiza en abstracto, el modelo debe ser alimentado con los datos reales de cada ciclo para poder predecir de forma certera cual será la biomasa que se proyecta a la fecha del término del ciclo. De esta forma, con el ingreso de los datos productivos reales de cada ciclo, esto es, alimentación entregada, temperatura del agua y mortalidad a la fecha, el sistema BluFarming realizará una adecuación del estado actual y proyectado de la biomasa del centro. Dichas variables son monitoreadas diariamente.

De esta forma, se va actualizando automáticamente el estado actual y proyectado de biomasa del Centro, según el comportamiento de las variables ingresadas.

Además, cada 60 días se realiza una verificación empírica del peso promedio de los peces en el centro, mediante planes de muestreos manuales y dispositivos de estimación de biomasa, lo que permite calibrar el Modelo de Crecimiento utilizado, en el caso en que no se condiga con los resultados de los muestreos realizados. En otras palabras, la verificación empírica se traduce en monitoreos biológicos, los que corresponden a muestreos de peso y longitud de cada individuo en una muestra de la población en cada una de las jaulas del centro de cultivo. Esto permite apreciar la evolución de los parámetros y el cumplimiento del modelo y constituye un mecanismo de revisión de la proyección realizada, lo que permitiría calibrar el modelo o los datos ingresados, en caso de evidenciar una inconsistencia entre lo señalado por el programa Blufarming y el estado de los peces en el agua.

Finalmente, de forma periódica se emitirá un compilado de los reportes semanales del sistema Blufarming.

	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE BIOMASA CES RIQUELME 120165	Fecha Elab.: 26 de Agosto de 2024
---	---	-----------------------------------

5.3. Alertas

El sistema BluFarming está configurado para emitir una alerta en caso que se cumplan los siguientes criterios:

- (i) Que, según la **biomasa que se encuentre en el agua**, resten 1000 toneladas para cumplir con el límite autorizado ambientalmente; y
- (ii) Que la **biomasa proyectada** al final del ciclo sea igual o superior al 97% de la producción máxima autorizada.

Cumpléndose estos dos criterios, el sistema BluFarming emitirá una alerta que se enviará automáticamente mediante correo electrónico a las siguientes Gerencias, Subgerencias y Jefes: Gerencia de Farming, Gerencia de Producción, Subgerencia de Producción, Subgerencia de Asuntos Regulatorios, Subgerencia de Salud, Jefe de Área, Jefe de Centro, Jefe de Planificación y Control Farming y al Jefe de Alimentación.

Esta alerta indica la biomasa actual del centro (del día anterior al despacho del correo), la mortalidad acumulada, la biomasa proyectada hasta el final del ciclo productivo y la mortalidad proyectada, arrojando como resultado final un guarismo, correspondiente a las toneladas de biomasa total a producir de continuar con las condiciones y parámetros hasta ese momento. A partir de esta alerta se toman las acciones o medidas correctivas de control de biomasa, explicadas a continuación.

5.4. Acciones correctivas

Una vez recibida la alerta, los destinatarios deberán determinar conjuntamente, en un plazo aproximado de 10 días hábiles, las acciones a seguir para cumplir con la biomasa total autorizada ambientalmente. Para ello, deberán verificar los parámetros productivos, sanitarios, ambientales y aquellos que puedan incidir en las certificaciones, tales como la Certificación *Aquaculture Stewardship Council* (ASC) o *Best Aquaculture Practices* (BAP).

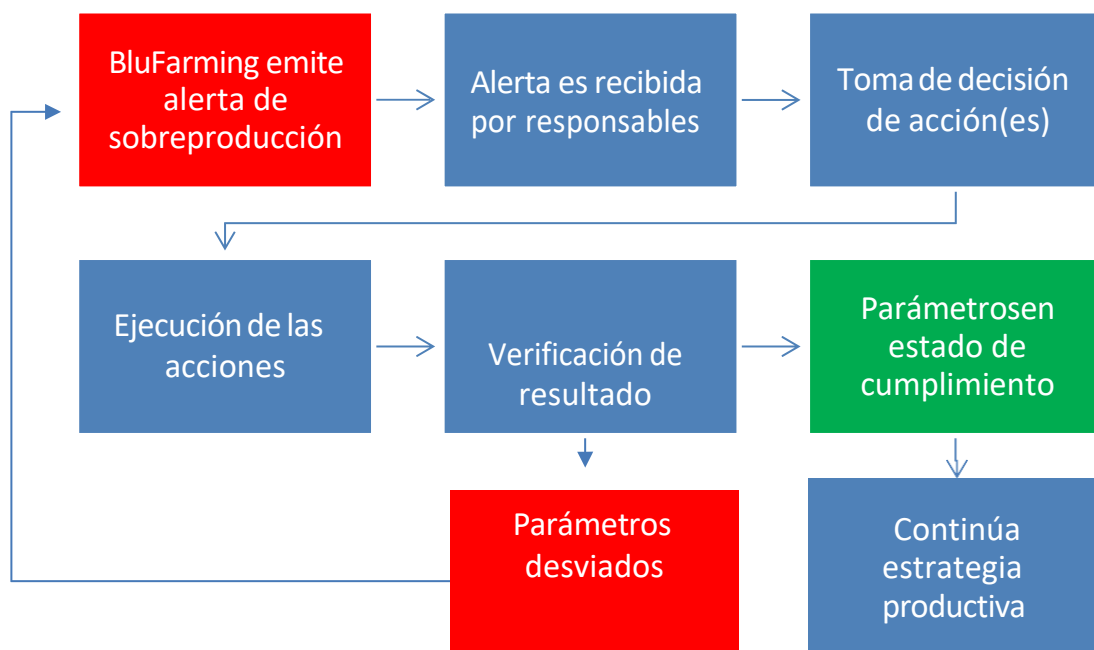
Las acciones correctivas a ser implementadas podrán ser una o más de las siguientes:

- a) **Ejecución anticipada de cosecha**: dicha medida consiste en adelantar la fecha de cosecha originalmente proyectada en 10-90 días, dependiendo principalmente del total de jaulas involucradas. El objetivo de esta medida es adelantar el inicio y/o final en la fecha de cosecha del centro, lo que generará que se coseche a un menor peso, disminuyendo el total de biomasa producida. Dichas medidas se harán a través de una coordinación entre las áreas logísticas y operativas para concretar la cosecha, explicitadas en el plan productivo del período correspondiente.
- b) **Disminución de entrega de alimento**: La disminución de entrega de alimento se genera en un rango entre 10-90 días, dependiendo del total de jaulas involucradas. El objetivo de esta medida es ralentizar el crecimiento/engorda de peces. Dichas medidas se ejecutarán a través del área operativa de cada centro de cultivo. Definido el peso objetivo que permita no sobrepasar la biomasa autorizada se distribuye el alimento necesario.
- c) **Ayuno**: La no entrega de alimento se genera en un rango entre 10-90 días, dependiendo del total de jaulas involucradas. El objetivo de esta medida, considerada de última ratio, aplicable únicamente en aquellos casos que no sean efectivas o no sean posibles de aplicar las medidas a) o b) precedentes, es ralentizar el crecimiento/engorda de peces. Dichas medidas se ejecutarán a través del área operativa de cada centro de cultivo. Definido el peso objetivo que permita no sobrepasar la biomasa autorizada.

Todas estas acciones van acompañadas de monitoreos biológicos efectuados de manera manual o mediante dispositivos de estimación de biomasa, lo que servirá para corroborar la información entregada por el sistema BluFarming.

5.5. Verificación de resultado

Una vez concluida la ejecución de la(s) acción(es) correctiva(s), se deberá evaluar su resultado, verificando los datos que arroje BluFarming. Si la proyección vuelve a un estado de cumplimiento, se continuará con el desarrollo de la estrategia productiva. Si de lo contrario, BluFarming continúa enviando alertas, significará que se debe continuar con la ejecución de las acciones correctivas o bien adicionar otras. De ser así, se volverá al paso 5.3. previo, con el objetivo de evitar la sobreproducción de forma oportuna y eficaz.

5.6. Diagrama de flujo

Protocolo de control y registro de mortalidad ensilada

Versión: «*dcDocumentRevisionsCurrentViewRevisionNu*»

Fecha Revisión: «*EffectiveDate*»

Código Documento: «*dcDocumentsDocumentNumber*»

Autor: «*Document.CurrentRevision.Author*»

Contenido

1. Objetivo.....	2
2. Alcance	2
3. Responsabilidad.....	2
4. Definiciones	2
5. Extracción y conteo de mortalidad	2
6. Proceso de ensilaje.....	2
7. Procedimiento de despacho del ensilaje de mortalidad.....	3
8. Registros	3

1. Objetivo

Establecer el método aplicable a la estimación de volumen de ensilaje, su registro y procedimiento de despacho.

2. Alcance

El presente procedimiento se aplicará en el CES Estero Riquelme.

Las obligaciones y responsabilidades establecidas en este protocolo son sin perjuicio de las obligaciones que impone la normativa vigente.

3. Responsabilidad

El Jefe de Centro y/o Asistentes de centro a cargo son responsables de que se cumpla el procedimiento, sin perjuicio de la posibilidad de delegar las actividades que este procedimiento implique en operarios del centro de cultivo.

La empresa externa reductora de mortalidad es la encargada de los retiros de ésta de acuerdo con las condiciones estipuladas en el contrato de prestación de servicios.

4. Definiciones

Mortalidad: Muertes producidas en una población de especies hidrobiológicas durante un tiempo determinado.

Ensilaje de Mortalidad: Procedimiento de transformación de la mortalidad mediante una molienda y adición de ácido fórmico hasta alcanzar una mezcla homogénea donde el producto puede permanecer varios días inactivada hasta su recolección y disposición final.

5. Extracción y conteo de mortalidad

De acuerdo a la normativa vigente, la mortalidad generada en el centro de cultivo debe ser retirada diariamente.

Salvo situaciones excepcionales o de contingencia, y sin importar el método de extracción, la mortalidad debe ser contada de manera efectiva, pez a pez, previo a su ensilaje.

Una vez finalizada la extracción de mortalidad, esta deberá ser trasladada al sector de necropsia o ensilaje (en ambos casos se debe resguardar cualquier peligro de contaminación), donde se realizará la clasificación de mortalidad.

Se deberá registrar el conteo y clasificación según causa del número de peces muertos diariamente en cada unidad de cultivo.

Esta información deberá ser cargada en el sistema de control productivo de la empresa.

6. Proceso de ensilaje

Una vez finalizada la clasificación de mortalidad, esta deberá ser desnaturalizada en un plazo no mayor a 24 horas posterior a su extracción.

El operario a cargo de ensilaje de mortalidad es el responsable de trasladar la mortalidad hasta el sistema de ensilaje.

El proceso consiste en depositar la mortalidad en forma diaria a un estanque de acero inoxidable

(picador), el que tiene la función de triturar la mortalidad y mezclarla con ácido fórmico.

Una vez dispuesta la mortalidad en el estanque picador, se adicionará Ácido Fórmico según la dosis indicada en las especificaciones técnicas del producto.

La cantidad de ácido a aplicar debe ser tal que la mezcla alcance un pH que no deberá ser superior a 3,9. En caso de detectarse un pH superior a 4 se deberá aplicar más ácido fórmico. La cantidad de ácido fórmico requerido para efectuar el ensilaje dependerá de la biomasa a procesar, aproximadamente manteniendo una relación de litros de ácido fórmico v/s kilos de mortalidad.

Se debe considerar que la mezcla tendrá también un componente de agua asociada al traslado y manejo de los peces y al proceso de manejo de la mortalidad.

Considerando lo anterior y lo indicado en el punto 5. anterior, se efectúa un procedimiento de estimación o determinación del peso de la mortalidad ensilada, el cual considera el número de ejemplares muertos, su peso promedio y la cantidad de ácido fórmico adicionado.

Una vez que el producto alcanzó la consistencia, y el pH no es superior a 4 y se llenó la unidad de ensilaje, se debe traspasar el ensilaje al estanque de almacenamiento, en donde permanecerá hasta ser retirada para disposición final por el servicio autorizado.

7. Procedimiento de despacho del ensilaje de mortalidad

Periódicamente la empresa externa contratada y autorizada para procesar dicho desecho, retirará la mortalidad desde el centro y la llevará a una planta reductora.

El Jefe de centro o Asistente a cargo deberá emitir una guía de despacho con el volumen estimado a retirar, para respaldar el retiro de mortalidad, y dejar registro de su retiro por parte de la empresa externa correspondiente.

En el caso de mortalidades masivas se aplicará el Plan de contingencia ante mortalidades masivas correspondiente para tal efecto.

8. Registros

- Guía de despacho de mortalidad.
- Registro de despacho de ensilaje