

Puerto Montt, 28 de agosto de 2025

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

At.: Sr. Daniel Garcés Paredes – Jefe de la División de Sanción y Cumplimiento.  
Juan José Galdámez Riquelme – Fiscal Instructor Titular.

**Ref.: Presenta Programa de Cumplimiento Refundido para Centro de Engorda de Salmónidos (CES) Quicaví, en relación a las observaciones formuladas mediante Resolución Exenta N°3/ Rol D-066-2025 de 14 de julio de 2025.**

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 ("*Cermaq*"), estando dentro de plazo, conforme a lo establecido en la Resolución Exenta N°3/Rol D-066-2025, notificada a esta parte el 28 de julio de 2025 ("*Resolución con Observaciones*"), y la Resolución Exenta N°4/Rol D-066-2025, notificada a esta parte el 19 de agosto de 2025, todas de la Superintendencia del Medio Ambiente ("*SMA*"), relativas a la observaciones al programa de cumplimiento (PdC) presentado por Cermaq en el presente procedimiento administrativo, en contra de la unidad fiscalizable "*CES Quicaví (RNA 110425)*" ("*CES Quicaví*"), venimos en presentar un PdC Refundido, con el objeto de que sea aprobado en los términos propuestos.

Al respecto, le indicamos que el PdC Refundido acogió la totalidad de las observaciones formuladas por vuestra autoridad en la Resolución con Observaciones. A mayor abundamiento, señalamos las siguientes precisiones, que a continuación se detallan:

1. En el considerando N° 27 de la Resolución con Observaciones se observó lo siguiente: "*respecto del **plazo de ejecución** declarado, si bien el titular ha señalado como fecha de termino mayo de 2026 -fundado en razones técnicas, biológicas y normativas que, según afirma, impedirían el ingreso de peces a partir de dichas fecha-, lo cierto es que el cumplimiento efectivo de la medida comprometida solo podrá verificarse al término real del período productivo correspondiente, esto es, abril de 2027*". Asimismo, el considerando N° 28 de la Resolución con Observaciones continúa con la misma idea, indicando que "*A causa de lo anterior, el titular deberá modificar el plazo de ejecución de la acción, de modo que este se extienda hasta el hito que permita verificar materialmente la reducción comprometida. Asimismo, considerando que el período productivo 2025-2027 ya se encuentra en curso, corresponde modificar su **estado de ejecución** desde Por ejecutar a En ejecución*";
2. En razón de lo anteriormente expuesto, se ha acogido lo observado, y se ha

cambiado el estado de ejecución de las acciones N° 1 y 4 a “En ejecución”.


3. Sin perjuicio de lo anterior, cabe señalar que el inciso tercero del artículo 58G del Decreto Supremo N° 319, de 2001, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el cual aprueba el Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (“RESA”), establece que *“El Servicio no autorizará la siembra de ejemplares en la agrupación de concesiones a la que le reste menos de seis meses para iniciar el descanso sanitario coordinado”*. En este sentido, no resultará posible sembrar el CES Quicaví dentro de los últimos 6 meses de su período productivo, esto es, a partir de **octubre de 2026**. Atendido lo anterior, se ha cambiado en el PdC Refundido la fecha de término de las acciones N°1 y N°4 a **octubre de 2026**.
4. De manera alternativa y, de considerarlo pertinente, solicitamos modificar de oficio la fecha de término de las acciones N° 1 y N° 4 a abril de 2027, aun cuando existirá una imposibilidad jurídica de operar el CES desde octubre de 2026.
5. Se hace presente que los considerandos N° 23 y N° 24 de la Resolución con Observaciones, relativos al uso de fármacos, no resultan exactos y aplicables a nuestro PdC, ya que fue durante el ciclo productivo 2021-2022 en donde no se registró el uso de florfenicol y benzoato de emamectina, mientras que el análisis y modelamiento del uso de antibióticos y antiparasitarios en el CES Quicaví fue realizado para la totalidad del ciclo productivo 2018-2019, y no únicamente para la proporción del ciclo posterior a la sobreproducción. En dicho sentido, el informe técnico de INTESAL, acompañado en el informe de efectos del PdC presentado el pasado 16 de abril, así como su actualización presentada en esta oportunidad, evalúa el riesgo ambiental considerando todos los tratamientos efectuados durante el ciclo, proyectando la concentración máxima esperada en el ambiente y concluyendo que no existe riesgo significativo para la biota marina. En consecuencia, cualquier efecto potencial asociado al uso de fármacos ya está debidamente considerado en la evaluación global del ciclo, no correspondiendo un análisis adicional restringido a la fracción anterior a la sobreproducción.

En conclusión, basado en los antecedentes de uso del antibiótico florfenicol y el antiparasitario emamectina en centro de cultivo Quicaví de la empresa Cermaq Chile, no se sugiere un riesgo durante el periodo de producción 2018-2019, donde la posibilidad de generar efectos negativos al ambiente marino se encuentra varias órdenes de magnitud por debajo a una condición adversa para generar efectos observables sobre organismos marinos representados en este estudio, como se corrobora en la Figura 2. Por lo tanto, de acuerdo con el análisis desarrollado, los niveles estimados de florfenicol en agua no generan efectos negativos, por lo que existirían efectos adversos solo si las concentraciones en agua superan el 1 µg/L.

*Extracto de informe técnico de INTESAL que da cuenta del uso de fármacos únicamente durante el periodo de producción 2018-2019*

**Por lo tanto, le solicitamos tener por presentado el PdC Refundido y aprobarlo en los términos propuestos, atendido que cumple con los requisitos normativos y acoger las observaciones establecidas a su primera versión.**

**Por último, le solicitamos tener por presentados los siguientes documentos adjuntos:**

1. PdC Refundido asociado al procedimiento de sanción Rol D-066-2025 y “Protocolo para el control de Producción en CES Quicaví”; y
2. “Informe Integrado de Efectos Ambientales” para el CES Quicaví y sus anexos, los que se pueden descargar en el siguiente enlace: 

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.



Francisca Farías Fuenzalida  
p.p. CERMAQ CHILE S.A.

## 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 | Superar la producción máxima autorizada en el <b>CES QUICAVI (RNA 102041)</b> , durante el ciclo productivo ocurrido entre el 2 de agosto de 2018 y el 25 de agosto de 2019.  |
| NORMATIVA PERTINENTE   | <p><b>RCA N° 263/2012:</b><br/><b>Considerando 3</b><br/><i>“El proyecto corresponde a la ampliación de producción en la operación de un centro de cultivo de recursos hidrobiológicos, específicamente engorda de salmónidos para una biomasa de <b>3.750 Ton.</b> (...)”.</i></p> <p><b>Considerando 4.1. Normas de emisión y otras normas ambientales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• D.S. N°320/2001 MINECON “Reglamento Ambiental para la Acuicultura”</li></ul> <p><b>Considerando 4.2. Permisos ambientales sectoriales.</b></p> <p>Artículo N° 74. Permiso para realizar actividades de cultivo y producción de recursos hidrobiológicos, a que se refiere el Título VI de la Ley N° 18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura y sus modificaciones, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado se contiene en el D.S. N° 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.</p> <p>Subsecretaría de Pesca se pronuncia conforme a los antecedentes Permiso Ambiental Sectorial para una <b>producción máxima de 3.750 toneladas</b> de salmónidos, consignando lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• El titular deberá <b>dar cumplimiento al Reglamento Ambiental para la Acuicultura, D.S. (MINECON) N° 320 de 2001.</b></li><li>• El titular deberá cumplir con el cronogramade actividades y programa de producción señalado en el respectivo Proyecto Técnico de la solicitud de concesión de acuicultura.”</li></ul> <p><b>D.S. N°320/2001 Ministerio de Economía. Reglamento Ambiental para la Acuicultura:</b><br/><b>Artículo 15:</b> “[...] El titular de un centro de cultivo no podrá superar los niveles de producción aprobados en la resolución de calificación ambiental.”</p> |

DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS  
NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA  
INFRACCIÓN O  
FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA  
DE EFECTOS NEGATIVOS

Conforme al “Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales CES Quicaví”, de agosto de 2025, de IA Consultores, en base — entre otros— a antecedentes provenientes de campañas de muestreo de las INFA y modelaciones NewDepomod de distintos escenarios respecto a la producción por sobre el límite autorizado por la Resolución de Calificación Ambiental y a la no operación comprometida, es posible señalar que la producción por sobre los límites autorizados en el **ciclo 2018-2019** generó una mayor emisión introducida al ambiente marino de materia orgánica y nutrientes, principalmente por concepto de pérdida de alimento no consumido (**312,3 toneladas adicionales en total en el ciclo**), lo cual se evidencia en **el incremento de las áreas de sedimentación modeladas (3.916,9 m²)**. No obstante, no se verifica un efecto negativo adicional que este limitado aporte pueda haber producido sobre hábitats y especies de mayor sensibilidad presentes dentro del área de sedimentación. Asimismo, se descarta también la generación de un efecto negativo por concepto de uso de fármacos.

|  |   |
|--|---|
| <p>FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS</p> | <p>Los efectos negativos producidos indicados anteriormente, serán abordados mediante la Acción N°1, consistente en la no operación del CES Quicaví por todo el periodo productivo 2025-2027, lo cual implica una reducción de producción de 3.750 toneladas de salmónidos, según lo autorizado por la RCA N° 263/2012. Lo anterior, en orden a disminuir los aportes de materia orgánica y nutrientes asociados a la cantidad de alimento no consumido y fecas generadas durante el ciclo productivo donde se constató la sobreproducción y demás emisiones identificadas, así como reducir el aumento del área de influencia ocasionada por la comisión del hecho infraccional.</p> |
|--|---|

## 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 Quicaví (RNA 102041), mediante: a) La no operación del CES Quicaví por todo el periodo productivo 2025-2027, lo cual implica una reducción de 3.750 toneladas de producción de salmónidos, según lo autorizado por la RCA N° 263/2012 (Acción N°1).
- Elaborar y difundir un protocolo de control de biomasa y capacitar al personal respectivo, para permear en los colaboradores con injerencia directa la producción del CES Quicaví (RNA 102041) el entendimiento del concepto de producción, tal como lo define la normativa aplicable, 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, para el cumplimiento del límite autorizado en la Resolución de Calificación Ambiental (acciones N°2 y N°3).

### 2.2 PLAN DE ACCIONES

#### 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  | FECHA DE IMPLEMENTACIÓN                  | INDICADORES DE CUMPLIMIENTO  | MEDIOS DE VERIFICACIÓN          | COSTOS INCURRIDOS | IMPEDIMENTOS EVENTUALES  |
|------------------|--|--|--|---------------------------------|-------------------|--|
|                  | (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario) | (fechas precisas de inicio y de término) | (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el cumplimiento de las acciones y metas definidas) | (a informar en Reporte Inicial) | (en miles de \$)  | (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  | <div>Fecha de inicio: mayo de 2025</div> <div>Fecha de término: octubre de 2026<sup>1</sup></div> | El CES Quicaví (RNA 102041) no operará en el periodo productivo 2025-2027. | Reporte Inicial  | \$3.727.351<br>(Considerando un margen bruto promedio de la industria de 1,03 USD/kg LWE, y un valor del dólar observado de \$ 965,01 a la fecha del 27 de agosto de 2025). | Impedimentos  |
|   | Reducción efectiva de producción en el CES Quicaví (RNA 102041), en el periodo productivo que va desde mayo de 2025 hasta abril de 2027, equivalente a 3.750 toneladas.   |   |  | <div>1. Declaración de intención de siembra relativa al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027;</div> <div>2. Programa de Manejo Individual de Reducción de Siembra (PRS) relativa al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027;</div> <div>3. Resolución que fija densidad de cultivo previa al desistimiento relativo al CES Quicaví para el ciclo productivo 2025-2027;</div> <div>4. Resolución que fija densidad de cultivo posterior al desistimiento relativo al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027;</div> <div>5. INFA Oficial aeróbica relativa al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027;</div> |   | N/A   |
|   | Forma de Implementación   |   |  |  |   | Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento |
|   | Durante el periodo productivo 2025-2027 del CES Quicaví, se efectuará una rebaja efectiva de 3.750 toneladas a la producción autorizada por la RCA (no existen restricciones sectoriales o ambientales), mediante la no operación en el período productivo completo. Lo anterior implicará que nunca se materializará la siembra ni, en consecuencia, una cosecha en el referido período, según se da dará cuenta en los documentos que se ofrecen como medios de verificación en la presente acción. |   |  | Reporte final  |   | N/A   |

<sup>1</sup> Considerando que el inciso tercero del artículo 58G del Decreto Supremo N° 319, de 2001, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el cual aprueba el Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (“RESA”), establece que “El Servicio no autorizará la siembra de ejemplares en la agrupación de concesiones a la que le reste menos de seis meses para iniciar el descanso sanitario coordinado”, normativamente no resultará posible sembrar el CES Quicaví dentro de los últimos 6 meses de su período productivo, esto es, a partir de octubre de 2026.



|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | Informe que acredite los costos incurridos para la ejecución de la acción. |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|

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  | INDICADORES DE CUMPLIMIENTO   | MEDIOS DE VERIFICACIÓN   | COSTOS ESTIMADOS | IMPEDIMENTOS EVENTUALES  |
|------------------|--|---|---|--|------------------|--|
|                  | (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario) | (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones) | (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas) | (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente) | (en miles de \$) | (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) |
| 2                | Acción   | Fecha de inicio: desde aprobado el PdC.<br><br>Fecha de término: 1 mes desde aprobado el PdC.   | Protocolo de Control de Biomasa elaborado en forma y plazo.   | Reportes de avance   | Costo interno    | Impedimentos   |
|                  | Elaboración del Protocolo de Control de Producción ("Protocolo").  |   |   | Texto definitivo del protocolo de control de producción.           |                  | N/A  |
|                  | Forma de Implementación  |   |   | Reporte final  |                  | Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento  |

|   |   |   |   |  |               |                     |
|---|---|---|---|--|---------------|---------------------|
|   | <p>A partir de la notificación de la aprobación del PdC, dentro del primer mes, la Gerencia Legal en conjunto con el Departamento de Planificación de Concesiones elaborarán un protocolo para el control de la producción, con el objeto de prevenir y evitar superaciones de límite de producción del CES Quicaví, conforme a la RCA, y considerando las eventuales restricciones sectoriales que se presenten, en su caso.</p> <p>Al efecto, en Anexo se acompaña el borrador definitivo del Protocolo, el cual considera dentro de sus contenidos: 1. Alcance; 2. Objetivo; 3. Antecedentes y registro de información; 4. Control de producción; 5. Revisión periódica de la información productiva en Fishtalk; 6. Variables productivas considerables en la planificación; y 7. Responsables.</p> <p>Considerando que el CES Quicaví no operará en el periodo productivo 2025-2027 (Acción N° 1), el protocolo tiene por objeto informar a los encargados de su producción y establecer directrices generales de adecuado y oportuno control de producción.</p> |   |   | Texto definitivo del protocolo de control de producción.   |               | N/A                 |
| 3 | <b>Acción</b>   | <u>Fecha de inicio:</u> 1 mes desde aprobado el PdC     | Capacitación respecto del contenido del Protocolo a que se refiere la Acción N° 2 del PdC efectuada en tiempo y forma, al Gerente de Producción a cargo del CES Quicaví, al personal de la Gerencia de Control y Planificación, y al personal del Departamento de Planificación de Concesiones. | <b>Reportes de avance</b>  | Costo Interno | <b>Impedimentos</b> |
|   | Realización de capacitación al personal a cargo, al que se le difundirá el Protocolo a que se refiere la Acción N° 2 del PdC.   | <u>Fecha de término:</u> 3 meses desde aprobado el PdC. |   | <ol style="list-style-type: none"><li>Nómina actualizada del personal con responsabilidad directa en la ejecución del protocolo respectivo;</li><li>Constancia de la difusión de la capacitación mediante correo electrónico o comunicación interna;</li></ol> |               | N/A                 |

|  |   |  |  |   |  |   |
|--|---|--|--|---|--|---|
|  |   |  |  | <div>3. Registro de asistencia que consigne la fecha, participantes y contenidos tratados;</div> <div>4. Registros gráficos fechados (como fotografías o capturas de pantalla) que den cuenta de la realización efectiva de la actividad; y</div> <div>5. Copia digital de la presentación utilizada, señalando expresamente la o las personas responsables de su elaboración y ejecución.</div>  |  |   |
|  | <div>Forma de implementación</div> <div>Un(a) abogado(a) de la compañía o externo que maneje el contenido regulatorio del Protocolo a que se refiere la Acción Nº 2 del PdC, capacitará al personal a cargo del plan productivo del CES, esto es, al Gerente de Producción a cargo del CES Quicaví, al personal de la Gerencia de Control y Planificación, y al personal del Departamento de Planificación de Concesiones. De ello se dará cuenta con un registro de asistencia de personal y encargado de las capacitaciones, así como el material entregado durante la capacitación.</div> <div>La capacitación se desarrollará sobre la base de la versión final del Protocolo, acompañado a la presentación de este PdC Refundido. Dicho Protocolo considera umbrales de alerta, medidas correctivas asociadas, responsables y plazos de ejecución relativas a dichos umbrales.</div> |  |  | <div>Reporte final</div> <div>1. Nómina actualizada del personal con responsabilidad directa en la ejecución del protocolo respectivo;</div> <div>2. Constancia de la difusión de la capacitación mediante correo electrónico o comunicación interna;</div> <div>3. Registro de asistencia que consigne la fecha, participantes y contenidos tratados;</div> <div>4. Registros gráficos fechados (como fotografías o capturas de pantalla) que den cuenta de la realización efectiva de la actividad; y</div> <div>5. Copia digital de la presentación utilizada, señalando expresamente la o las personas responsables de su</div> |  | <div>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</div> <div>N/A</div> |

|  |  |  |  |                          |  |  |
|--|--|--|--|--------------------------|--|--|
|  | La capacitación considerará los contenidos técnicos mínimos para la operatividad del Protocolo, tales como los criterios de activación, las respuestas programadas ante desviaciones y los mecanismos de seguimiento, evaluación y medios de verificación. |  |  | elaboración y ejecución. |  |  |
|--|--|--|--|--------------------------|--|--|

# 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   | Superar la producción máxima autorizada en el <b>CES QUICAVI (RNA 102041)</b> , durante el ciclo productivo ocurrido entre el 15 de marzo de 2021 y el 29 de mayo de 2022.  |
| NORMATIVA PERTINENTE   | <p><b>RCA N° 263/2012:</b><br/><b>Considerando 3</b><br/><i>“El proyecto corresponde a la ampliación de producción en la operación de un centro de cultivo de recursos hidrobiológicos, específicamente engorda de salmónidos para una biomasa de <b>3.750 Ton.</b> (...)”.</i></p> <p><b>Considerando 4.1. Normas de emisión y otras normas ambientales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>D.S. N°320/2001 MINECON “Reglamento Ambiental para la Acuicultura”</li></ul> <p><b>Considerando 4.2. Permisos ambientales sectoriales.</b></p> <p>Artículo N° 74. Permiso para realizar actividades de cultivo y producción de recursos hidrobiológicos, a que se refiere el Título VI de la Ley N° 18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura y sus modificaciones, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado se contiene en el D.S. N° 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.</p> <p>Subsecretaría de Pesca se pronuncia conforme a los antecedentes Permiso Ambiental Sectorial para una <b><u>producción máxima de 3.750 toneladas</u></b> de salmónidos, consignando lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>El titular deberá <b><u>dar cumplimiento al Reglamento Ambiental para la Acuicultura, D.S. (MINECON) N° 320 de 2001.</u></b></li><li>El titular deberá cumplir con el cronogramade actividades y programa de producción señalado en el respectivo Proyecto Técnico de la solicitud de concesión de acuicultura.”</li></ul> <p><b>D.S. N°320/2001 Ministerio de Economía. Reglamento Ambiental para la Acuicultura:</b><br/><b>Artículo 15:</b> “[...] El titular de un centro de cultivo no podrá superar los niveles de producción aprobados en la resolución de calificación ambiental.”</p> |
| DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS | Conforme al “Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales CES Quicaví”, de agosto de 2025, de IA Consultores, en base — entre otros— a antecedentes provenientes de campañas de muestreo de las INFA y modelaciones NewDepomod de distintos escenarios respecto a la producción por sobre el límite autorizado por la Resolución de Calificación Ambiental y los comprometidos como reducción, es posible señalar que la producción por sobre los límites autorizados en el <b>ciclo 2021-2022</b> , generó una mayor emisión introducida al ambiente marino de materia orgánica y nutrientes, principalmente por concepto de pérdida de alimento no consumido ( <b>1.864,6 toneladas adicionales en total en el ciclo</b> ), lo cual se evidencia en <b>el incremento de las áreas de sedimentación modeladas (22.577,7 m²)</b> . No obstante, no se verifica un efecto negativo adicional que este limitado aporte pueda haber producido sobre hábitats y especies de mayor sensibilidad presentes dentro del área de sedimentación. Asimismo, se   |

|  |  |
|--|--|
|  | descarta también la generación de un efecto negativo por concepto de uso de fármacos |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <p>FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS</p> | <p>Los efectos adversos generados por la infracción se abordarán mediante la ejecución de la acción de reducción de la producción en el CES (acción N°4) -consistente en la no operación del CES Quicaví por todo el periodo productivo 2025-2027-, en orden a disminuir los aportes de materia orgánica y nutrientes asociados a la cantidad de alimento no consumido y fecas generadas durante el ciclo productivo donde se constató la sobreproducción y demás emisiones identificadas, así como reducir el aumento del área de influencia ocasionada por la comisión del hecho infraccional.</p> |
|--|--|

## 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 Quicaví (RNA 102041), mediante: a) La no operación del CES Quicaví por todo el periodo productivo 2025-2027, lo cual implica una reducción de 3.750 toneladas de salmónidos, según lo autorizado por la RCA N° 263/2012 (Acción N°4).
  - Elaborar y difundir un protocolo de control de biomasa y capacitar al personal respectivo, para permear en los colaboradores con injerencia directa la producción del CES Quicaví (RNA 102041) el entendimiento del concepto de producción, tal como lo define la normativa aplicable, 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, para el cumplimiento del límite autorizado en la Resolución de Calificación Ambiental (Acciones N°5 y N°6).

### 2.2 PLAN DE ACCIONES

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

| 4 | Acción   | <u>Fecha de inicio:</u> mayo de 2025<br><u>Fecha de término:</u> octubre de 2026 <sup>2</sup> | El CES Quicaví (RNA 102041) no operó en el ciclo productivo 2025-2027. | Reporte Inicial   | \$3.327.351<br>(Considerando un margen bruto promedio de la industria de 1,03 USD/kg LWE, y un valor del dólar observado de \$ 965,01 a la fecha del 27 de agosto de 2025). | Impedimentos  |
|---|--|---|--|---|---|---|
|   | Reducción efectiva de producción en el CES Quicaví (RNA 102041), en el periodo productivo que va desde mayo de 2025 hasta abril de 2027, equivalente a 3.750 toneladas.  |   |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Declaración de intención de siembra relativa al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027;</li><li>2. Programa de Manejo Individual de Reducción de Siembra (PRS) relativa al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027;</li><li>3. Resolución que fija densidad de cultivo previa al desistimiento relativa al CES Quicaví para el ciclo productivo 2025-2027;</li><li>4. Resolución que fija densidad de cultivo posterior al desistimiento relativa al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027;</li><li>5. INFA Oficial aeróbica relativa al CES Quicaví para el periodo productivo 2025-2027; y</li></ol> |   | N/A   |
|   | Forma de Implementación  |   |  | Reporte final   |   | Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento |
|   | Durante el periodo productivo 2025-2027 del CES Quicaví, se efectuará una rebaja efectiva de 3.750 toneladas a la producción autorizada por la RCA (no existen restricciones sectoriales o ambientales), mediante la no operación en el período productivo completo.<br>Lo anterior implicará que nunca se materializará la siembra ni, en consecuencia, una cosecha en el referido período, según se da dará cuenta en los documentos que se ofrecen como medios de verificación en la presente acción. |   |  | Informe que acredite los costos incurridos para la ejecución de la acción.  |   | N/A   |

<sup>2</sup> Considerando que el inciso tercero del artículo 58G del Decreto Supremo N° 319, de 2001, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el cual aprueba el Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas (“RESA”), establece que “El Servicio no autorizará la siembra de ejemplares en la agrupación de concesiones a la que le reste menos de seis meses para iniciar el descanso sanitario coordinado”, normativamente no resultará posible sembrar el CES Quicaví dentro de los últimos 6 meses de su período productivo, esto es, a partir de octubre de 2026.



| 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  | INDICADORES DE CUMPLIMIENTO   | MEDIOS DE VERIFICACIÓN   | COSTOS ESTIMADOS | IMPEDIMENTOS EVENTUALES  |
|  | (describir los aspectos fundamentales de la acción y forma de implementación, incorporando mayores detalles en anexos si es necesario) | (periodo único a partir de la notificación de la aprobación del PDC, definido con un inicio y término de forma independiente de otras acciones) | (datos, antecedentes o variables que se utilizarán para valorar, ponderar o cuantificar el avance y cumplimiento de las acciones y metas definidas) | (a informar en Reportes de Avance y Reporte Final respectivamente) | (en miles de \$) | (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) |
| 5  | Acción   | <u>Fecha de inicio:</u><br>desde aprobado el PdC.<br><br><u>Fecha de término:</u> 1 mes desde aprobado el PdC.                                  | Protocolo de Control de Biomasa elaborado en forma y plazo.   | Reportes de avance   | Costo interno    | Impedimentos   |
|  | Elaboración del Protocolo de Control de Producción ("Protocolo").  |   |   | Texto definitivo del protocolo de control de producción.           |                  | N/A  |
|  | Forma de Implementación  |   |   | Reporte final  |                  | Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento  |

|  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|-----|
|  | <p>A partir de la notificación de la aprobación del PdC, dentro del primer mes, la Gerencia Legal en conjunto con el Departamento de Planificación de Concesiones elaborarán un protocolo para el control de la producción, con el objeto de prevenir y evitar superaciones de límite de producción de CES Quicaví, conforme a la RCA, y considerando las eventuales restricciones sectoriales que se presenten, en su caso.</p> <p>Al efecto, el Protocolo considera dentro de sus contenidos: 1. Alcance; 2. Objetivo; 3. Antecedentes y registro de información; 4. Control de producción; 5. Revisión periódica de la información productiva en Fishtalk; 6. Variables productivas considerables en la planificación; y 7. Responsables.</p> <p>El CES Quicaví no operará en el periodo productivo 2025-2027 (Acción N° 5). En este sentido, el Protocolo tiene por objeto informar a los encargados de su producción y establecer directrices generales que permitan el adecuado y oportuno control de producción en el futuro.</p> |  |  | Texto definitivo del protocolo de control de producción. |  | N/A |
|--|--|--|--|--|--|-----|

| 6 | Acción   | <u>Fecha de inicio:</u> 1 mes desde aprobado el PdC<br><br><u>Fecha de término:</u> 3 meses desde aprobado el PdC. | Capacitación respecto del contenido del Protocolo a que se refiere la Acción Nº 5 del PdC efectuada en tiempo y forma, al personal al Gerente de Producción a cargo del CES Quicaví, al personal de la Gerenciade Control y Planificación, y al personal del Departamento de Planificación de Concesiones. | Reporte de avance  | Costo Interno | Impedimentos  |
|---|--|--|--|--|---------------|---|
|   | Realización de capacitación al personal al que se le difundirá el Protocolo a que se refiere la Acción Nº 5 del PdC. |  |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Nómina actualizada del personal con responsabilidad directa en la ejecución del protocolo respectivo;</li><li>2. Constancia de la difusión de la capacitación mediante correo electrónico o comunicación interna;</li><li>3. Registro de asistencia que consigne la fecha, participantes y contenidos tratados;</li><li>4. Registros gráficos fechados (como fotografías o capturas de pantalla) que den cuenta de la realización efectiva de la actividad; y</li><li>5. Copia digital de la presentación utilizada, señalando expresamente la o las personas responsables de su elaboración y ejecución.</li></ol> |               | N/A   |
|   | Forma de implementación  |  |  | Reporte final  |               | Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento |

|  |   |  |  |  |  |     |
|--|---|--|--|--|--|-----|
|  | <p>Un(a) abogado(a) de la compañía o externo que maneje el contenido regulatorio del Protocolo a que se refiere la Acción N° 5 del PdC, capacitará al personal a cargo del plan productivo del CES, esto es, al Gerente de Producción a cargo del CES Quicaví, al personal de la Gerencia de Control y Planificación, y al personal del Departamento de Planificación de Concesiones. De ello se dará cuenta con un registro de asistencia de personal y encargado de la capacitación, así como el material entregado durante la capacitación. La capacitación se desarrollará sobre la base de la versión final del Protocolo, acompañado a la presentación de este PdC Refundido. Dicho Protocolo considera umbrales de alerta, medidas correctivas asociadas, responsables y plazos de ejecución relativas a dichos umbrales. La capacitación considerará los contenidos técnicos mínimos para la operatividad del Protocolo, tales como los criterios de activación, las respuestas programadas ante desviaciones y los mecanismos de seguimiento, evaluación y medios de verificación.</p> |  |  | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Nómina actualizada del personal con responsabilidad directa en la ejecución del protocolo respectivo;</li><li>2. Constancia de la difusión de la capacitación mediante correo electrónico o comunicación interna;</li><li>3. Registro de asistencia que consigne la fecha, participantes y contenidos tratados;</li><li>4. Registros gráficos fechados (como fotografías o capturas de pantalla) que den cuenta de la realización efectiva de la actividad; y</li><li>5. Copia digital de la presentación utilizada, señalando expresamente la o las personas responsables de su elaboración y ejecución.</li></ol> |  | N/A |
|--|---|--|--|--|--|-----|

| 7 | Acción   |  |  | Reportes de avance   |      | Impedimentos   |
|---|--|--|--|--|------|--|
|   | Informar a la Superintendencia del Medio Ambiente, 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 la SMA disponga al efecto para implementar el SPDC y de conformidad a lo establecido en la Resolución Exenta N°166/2018 de la Superintendencia. | Desde la notificación de la aprobación del PdC y durante toda su vigencia. | Esta acción no requiere un reporte o medio de verificación específico, y una vez ingresados los reportes y/o medios de verificación para las restantes acciones, se conserva el comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC. | Esta acción no requiere un reporte o medio de verificación específico, y una vez ingresados los reportes y/o medios de verificación para las restantes acciones, se conserva el comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC. | \$ 0 | 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. |
|   |  |  |  |  |      | <b>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</b>   |
|   |  |  |  |  |      | Se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, especificando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en  |

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  | <b>Forma de implementación</b>   |  |  | <b>Reporte Final</b>   |  | el SPDC, remitiendo comprobante de 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. |
|  | Dentro del plazo, y según la frecuencia establecida en la Resolución que aprueba el PdC, se accederá al SPDC y se cargará el Programa 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. |  |  | Esta acción no requiere un reporte o medio de verificación específico, y una vez ingresados los reportes y/o medios de verificación para las restantes acciones, se conserva el comprobante electrónico generado por el sistema digital en el que se implemente el SPDC. |  |  |

**COMPLETAR PARA LA TOTALIDAD DE LAS INFRACCIONES:**

|  |                              |   |  |
|--|------------------------------|---|--|
| <b>3. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS</b>   |                              |   |  |
| <b>3.1 REPORTE INICIAL</b>   |                              |   |  |
| <b>REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN.</b>  |                              |   |  |
| <b>PLAZO DEL REPORTE</b><br>(en días hábiles)  | 30                           | Días hábiles desde de la notificación de la aprobación del Programa.  |  |
| <b>ACCIONES A REPORTAR</b><br>(N° identificador y acción)  | <b>N° Identificador</b>      | <b>Acción por reportar</b>  |  |
|  | 1                            | Reducción efectiva de producción en el CES Quicaví (RNA 102041), en el periodo productivo que va desde mayo de 2025 hasta abril de 2027, equivalente a 3.750 toneladas. |  |
|  | 4                            | Reducción efectiva de producción en el CES Quicaví (RNA 102041), en el periodo productivo que va desde mayo de 2025 hasta abril de 2027, equivalente a 3.750 toneladas. |  |
| <b>3.2 REPORTES DE AVANCE</b>  |                              |   |  |
| <b>REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.</b>  |                              |   |  |
| <b>TANTOS REPORTES COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN</b> |                              |   |  |
| <b>PERIODICIDAD DEL REPORTE</b><br>(Indicar periodicidad con una cruz)   | <b>Semanal</b>               |   | A partir de la notificación de aprobación del Programa.<br>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. |
|  | <b>Bimensual (quincenal)</b> |   |  |
|  | <b>Mensual</b>               |   |  |
|  | <b>Bimestral</b>             |   |  |
|  | <b>Trimestral</b>            |   |  |
|  | <b>Semestral</b>             | X   |  |
| <b>ACCIONES A REPORTAR</b>   | <b>N° Identificador</b>      | <b>Acción por reportar</b>  |  |

|  |                         |   |
|--|-------------------------|---|
| (N° identificador y acción)  | 2                       | Elaboración del Protocolo de Control de Producción (“ <i>Protocolo</i> ”).  |
|  | 3                       | Realización de capacitación al personal a cargo al que se le difundirá del Protocolo a que se refiere la Acción N° 2 del PdC.   |
|  | 5                       | Elaboración del Protocolo de Control de Producción (“ <i>Protocolo</i> ”).  |
|  | 6                       | Realización de capacitación al personal a cargo al que se le difundirá del Protocolo a que se refiere la Acción N° 5 del PdC.   |
| <b>3.3 REPORTE FINAL</b>   |                         |   |
| <b>REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.</b>       |                         |   |
| <b>PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON ENTREGA DEL REPORTE FINAL</b> | <b>30</b>               | <b>Días hábiles a partir de la finalización de la acción de más larga data.</b>   |
| <b>ACCIONES A REPORTAR</b><br>(N° identificador y acción)          | <b>N° Identificador</b> | <b>Acción por reportar</b>  |
|  | 1                       | Reducción efectiva de producción en el CES Quicaví (RNA 102041), en el periodo productivo que va desde mayo de 2025 hasta abril de 2027, equivalente a 3.750 toneladas. |
|  | 2                       | Elaboración del Protocolo de Control de Producción (“ <i>Protocolo</i> ”).  |
|  | 3                       | Realización de capacitación al personal a cargo al que se le difundirá del Protocolo a que se refiere la Acción N° 2 del PdC.   |
|  | 4                       | Reducción efectiva de producción en el CES Quicaví (RNA 102041), en el periodo productivo que va desde mayo de 2025 hasta abril de 2027, equivalente a 3.750 toneladas. |
|  | 5                       | Elaboración del Protocolo de Control de Producción (“ <i>Protocolo</i> ”).  |
|  | 6                       | Realización de capacitación al personal a cargo al que se le difundirá del Protocolo a que se refiere la Acción N° 5 del PdC.   |



4. CRONOGRAMA<sup>3</sup>

| EJECUCIÓN ACCIONES            |   | En Meses |   |   |   | X | En Semanas |   |   |    |    |              |    |    | Desde la aprobación del programa de cumplimiento |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|-------------------------------|---|----------|---|---|---|---|------------|---|---|----|----|--------------|----|----|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
| Nº 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 | X        | X | X | X | X | X          | X | X | X  | X  | X (oct 2026) |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 2                             | X |          |   |   |   |   |            |   |   |    |    |              |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 3                             |   |          | X |   |   |   |            |   |   |    |    |              |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 4                             | X | X        | X | X | X | X | X          | X | X | X  | X  | X (oct 2026) |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 5                             | x |          |   |   |   |   |            |   |   |    |    |              |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 6                             |   |          | X |   |   |   |            |   |   |    |    |              |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| 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               |   | X        |   |   |   |   |            |   |   |    |    |              |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Reporte de avance N°1         |   |          |   |   |   | X |            |   |   |    |    |              |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Reporte de avance N° 2        |   |          |   |   |   |   |            |   |   |    |    | X            |    |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| Reporte final                 |   |          |   |   |   |   |            |   |   |    |    |              | X  |    |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |

Francisca Fariás Fuenzalida  
pp. Cermaq Chile S.A.

<sup>3</sup> La elaboración del presente cronograma supone que la aprobación de este PDC será en octubre de 2025.

## Protocolo para el control de producción en centro de cultivo Quicaví

*Versión:*  
*Fecha Revision:*  
*Código Documento:*  
*Autor:*

### **I. Alcance**

| Centro de Engorda | Código de Centro | R.C.A.     |
|-------------------|------------------|------------|
| Quicaví           | 102041           | N°263/2012 |

### **II. Objetivo**

Controlar la producción del CES Quicaví, código RNA 102041 ("CES Quicaví" o "Centro"), de modo de no sobrepasar su producción autorizada en RCA N°263/2012 y dar cumplimiento, asimismo, a las resoluciones sectoriales que fijen las densidades de cultivo, el número máximo de ejemplares a sembrar en el Centro y, en general, cualquier otra restricción asociada a la normativa ambiental aplicable al proyecto que puedan incidir en la determinación de producción.

Se tiene presente que el concepto de **producción** corresponde al "*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 determinado*", según define el artículo 2° letra n) del Decreto Supremo N°320 de 2001 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que aprueba el Reglamento Ambiental para la Acuicultura ("RAMA").

En cumplimiento por lo requerido por la Resolución Exenta de la Superintendencia del Medio Ambiente N° 3/Rol D-066-2025, este protocolo contempla que el responsable directo de la implementación, supervisión y cumplimiento global del protocolo será el Gerente de Producción a cargo del CES Quicaví ("Gerente de Producción").

Dicho cargo tendrá el control y supervisión del cumplimiento de todas las acciones, medidas y reportes contempladas en este documento.

### **III. Antecedentes de planificación, producción y registro de información**

Previo a iniciar el ciclo productivo de un centro de cultivo existe una cantidad de producción autorizada de acuerdo con la Resolución de Calificación Ambiental de cada centro ("RCA"), y es en función de este número que se debe planificar su producción. A mayor abundamiento, para efectos de determinar la producción máxima que se puede alcanzar en un determinado ciclo productivo, se debe considerar no sólo la producción máxima autorizada en la RCA, sino que también lo dispuesto en las resoluciones sectoriales que fijen las densidades de cultivo, el número máximo de ejemplares a sembrar en el centro y, en general, cualquier otra restricción asociada a la normativa ambiental aplicable al proyecto que puedan incidir en la determinación de producción.

La planificación de la siembra está a cargo del área de Planificación de Producción, conforme lo permita la autoridad ambiental y sectorial.

Quien se encarga de ejecutar el ciclo productivo del CES Quicaví es la Gerencia de Producción de la Región de Los Lagos, desde el movimiento de *smolts* al Centro, hasta el envío a las plantas de procesamiento de los ejemplares en estado de cosecha.

Así, una vez comenzado el ciclo de engorda, la información productiva del Centro deberá ser reportada en diferentes plataformas:

**FISHTALK:** Sistema de control de producción interno de la compañía. Una vez imputada la información de siembra de un centro, se debe comenzar a registrar de forma diaria todos los manejos y parámetros

asociados al ciclo productivo (alimentación, mortalidades diarias, medición parámetros ambientales, etc.). Al llegar el periodo de cosecha, debe ser registrado en el sistema el detalle del manejo: información productiva, además de la información de transporte y destino final de los peces, y posteriormente el resultado final del proceso, en número de pescados y biomasa reportado por planta.

**SIFA:** Sistema de Fiscalización de la Acuicultura. Plataforma del Servicio donde se debe reflejar toda la información productiva y sanitaria de un ciclo de engorda (también opera en pisciculturas) desde la siembra, mortalidad diaria (se declara una vez a la semana), manejos productivos y sanitarios. Una vez comenzado el periodo de cosechas, cada traslado debe ir acompañado de un certificado que respalda el origen y destino de los peces, el que puede ser un acopio flotante o directamente una planta de procesos. Toda la información que se declara en este sistema se obtiene desde *Fishtalk*.

**TRAZABILIDAD:** Sistema de control productivo de Sernapesca para plantas de proceso. Plataforma donde se registra la información de los peces recepcionados en planta de acuerdo con el conteo pieza a pieza (peso neto) más la biomasa correspondiente.

#### **IV. Control de producción y revisión periódica de la información productiva en Fishtalk**

Es necesario establecer puntos de revisión y control en cuanto a la producción que se vaya generando durante un ciclo productivo, implementando para ello niveles de alerta que nos permitan detectar de forma temprana el umbral de producción máxima autorizada por RCA.

Como biomasa producida se considerará la estimación de biomasa en existencia, la biomasa de cosecha, mortalidad y eliminaciones según los datos reales mensuales y proyecciones de producción.

Sin perjuicio de lo anterior, la información productiva de cada centro se revisará durante los primeros 5 días hábiles del mes siguiente, generándose un **reporte resumen** por centro al momento de la revisión ("Reporte productivo").

El Reporte productivo mostrará la producción total producida que haya sido estimada por el sistema

productivo, la producción autorizada por RCA y los meses proyectados de producción para el término de operación de cada centro.

En cumplimiento con lo requerido por la Resolución Exenta de la Superintendencia del Medio Ambiente N° 3/Rol D-066-2025, este protocolo considera lo siguientes umbrales progresivos de producción:

**4.1 Alerta Temprana N° 1:** Como alerta temprana N° 1 se establecerá un punto límite de producción de un 75% respecto de la producción total autorizada a producir. Llegado a este punto, el reporte de la información productiva se emitirá cada 15 días. Las acciones y condiciones que considera la alerta temprana son las siguientes:

- a. El reporte señalado en el párrafo anterior será generado por el o la Asistente de Planificación de Concesiones del Departamento de Planificación de Concesiones y será enviado de forma directa a la Gerencia de Técnica, Gerencia de Producción y a los dos Especialistas de Planificación y Control de la Producción;
- b. Revisión de antecedentes: posteriormente, el gerente de Producción revisará esta información con los dos Especialistas de Planificación y Control de la Producción para aplicar la mejor estrategia de crecimiento y programación de cosecha que corresponda para asegurar que la producción respete el máximo autorizado por la respectiva RCA, analizando la necesidad de adopción de eventuales medidas correctivas;
- c. Acción correctiva: la alerta temprana N°1 tiene como acción correctiva asociada la cosecha anticipada del CES Quicaví;
- d. Plazo de ejecución: la acción correctiva previamente indicada será contemplada durante todo el período en el cual el CES Quicaví se encuentre en alerta temprana N° 1;
- e. Responsables: Gerente de Producción y los dos Especialistas de Planificación y Control de la Producción;

f. Justificación técnica: la cosecha anticipada es la acción menos invasiva respecto del bienestar animal, por lo que se considera para la alerta temprana N° 1, es decir, el umbral menos riesgoso desde el punto de vista del cumplimiento del límite establecido en el RCA;

g. Medios de Verificación:

i. El correo de alerta quincenal enviado por Departamento de Planificación de Concesiones de forma directa a la Gerencia de Técnica, Gerencia de Producción y a los Especialistas de Planificación y Control de la Producción.

ii. Plan productivo correspondiente hasta el cierre de ciclo, incluyendo las fechas de cosecha y las toneladas estimadas a recolectar dentro de los límites (formato Excel), evidenciando el cumplimiento del plan vigente.

**4.2 Alerta Temprana N° 2:** Como alerta temprana N° 2 se establecerá un punto límite de producción de un 85% respecto de la producción total autorizada a producir. Llegado a este punto, el reporte de la información productiva se emitirá cada 10 días. Las acciones y condiciones que considera la alerta temprana son las siguientes:

a. El reporte señalado en el párrafo anterior será generado por el o la Asistente del Planificación de Concesiones del Departamento de Planificación de Concesiones y será enviado de forma directa a la Gerencia de Técnica, Gerencia de Producción y a los dos Especialistas de Planificación y Control de la Producción;

b. Revisión de antecedentes: Posteriormente, el gerente de Producción revisará esta información con los Especialistas de Planificación y Control de la Producción para aplicar la mejor estrategia de crecimiento y programación de cosecha que corresponda para asegurar que la producción respete el máximo autorizado por la respectiva RCA, analizando la necesidad de adopción de eventuales medidas correctivas;

c. Acción correctiva: la alerta temprana N°2 tiene como acción correctiva asociada la

distribución de alimento de menor energía digestible con el fin de postergar su crecimiento;

d. Plazo de ejecución: La acción correctiva previamente indicada será contemplada durante todo el período en el cual el CES Quicaví se encuentre en alerta temprana N° 2;

e. Responsables: Gerente de Producción y los dos Especialistas de Planificación y Control de la Producción;

f. Justificación técnica: la distribución de alimento de menor energía digestible es la acción menos invasiva respecto del bienestar animal que el ayuno total del CES, por lo que se considera para la alerta temprana N° 2, es decir, el umbral intermedio en términos de riesgos desde el punto de vista del cumplimiento del límite establecido en el RCA;

g. Medios de Verificación:

i. El correo de alerta cada 10 días enviado por Departamento de Planificación de Concesiones de forma directa a la Gerencia de Técnica, Gerencia de Producción y a los dos Especialistas de Planificación y Control de la Producción.

ii. Plan productivo correspondiente hasta el cierre de ciclo, incluyendo las fechas de cosecha y las toneladas estimadas a recolectar dentro de los límites (formato Excel).

iii. Correo enviado por Especialistas de Planificación y Control de Producción a la Gerencia Técnica y Producción.

**4.3 Alerta Temprana N° 3:** Como alerta temprana N° 3 se establecerá un punto límite de producción de un 95% respecto de la producción total autorizada a producir. Llegado a este punto, el reporte de la información productiva se emitirá cada 5 días. Las acciones y condiciones que considera la alerta temprana son las siguientes:

a. El reporte señalado en el párrafo anterior será generado por el o la Asistente del Planificación de Concesiones del Departamento de Planificación de Concesiones y será enviado de forma directa a la Gerencia de Técnica, Gerencia de Producción y a los dos Especialistas de

Planificación y Control de la Producción;

b. Revisión de antecedentes: Posteriormente, el Gerente de Producción revisará esta información con los dos Especialistas de Planificación y Control de la Producción para aplicar la mejor estrategia de crecimiento y programación de cosecha que corresponda para asegurar que la producción respete el máximo autorizado por la respectiva RCA, analizando la necesidad de adopción de eventuales medidas correctivas;

c. Acción correctiva: la alerta temprana N°3 contempla el adelanto de la cosecha del CES Quicaví y el ayuno (en ese orden de prelación).

d. Plazo de ejecución: La acción correctiva previamente indicada será contemplada durante todo el período en el cual el CES Quicaví se encuentre en alerta temprana N° 3, durante el tiempo que se estime necesario para asegurar el cumplimiento del límite de producción;

e. Responsables: Gerente de Producción y los Especialistas de Planificación y Control de la Producción;

f. Justificación técnica: El ayuno es la acción más invasiva respecto del bienestar animal que el ayuno total del CES, por lo que se considera para la alerta temprana N° 3, es decir, el umbral más riesgoso desde el punto de vista del cumplimiento del límite establecido en el RCA;

g. Medios de Verificación:

i. El correo de alerta cada 5 días enviado por Departamento de Planificación de Concesiones de forma directa a la Gerencia de Técnica, Gerencia de Producción y a los Especialistas de Planificación y Control de la Producción.

ii. Plan productivo reprogramado correspondiente hasta el cierre de ciclo, incluyendo las fechas de cosecha y las toneladas estimadas a recolectar dentro de los límites (formato Excel).

iii. En caso de adoptarse la medida de ayuno, se presentará información de Fishtalk en la que consta el ayuno (no entrega de alimento), en formato Excel o similar.



**V. Planificación del peso de cosecha y variables productivas consideradas en la planificación**

Para realizar la planificación del ciclo productivo del CES Quicaví, se considerarán las siguientes variables, definidas por región y especie:

- a) Peso promedio objetivo de cosecha;
- b) Mortalidad (% de peces) esperada en el ciclo;
- c) Peso promedio de mortalidad esperado;
- d) Producción máxima autorizada según la RCA del centro de cultivo; y
- e) Duración del ciclo productivo y su compatibilidad con la ventana de producción de la ACS.

El Departamento de Planificación de Concesiones elaborará al final del ciclo un cálculo de producción que considere:

- a) Número de peces muertos registrados en SIFA, multiplicados por el peso promedio registrado también en SIFA al final de la semana reportada, transformado a toneladas. Esta información se extrae desde la plataforma SIFA.
- b) Información de cosecha cargada en Trazabilidad por la(s) planta(s) de proceso que corresponda. Esta información se descarga en forma de planilla Excel desde dicha plataforma y debe ser proveída por el titular de la planta a Cermaq y considerada o transformada a toneladas.
- c) La suma de los valores a y b, expresada en toneladas.

Los responsables de la ejecución de las acciones consideradas en este protocolo son el siguiente personal, los cuales son idóneas para el desempeño de estas labores por cuanto éstas están dentro de la esfera de sus competencias, atribuciones y control dentro de la compañía:

- a) Ingreso de información a FT: Personal del centro de cultivo.
- b) Ingreso de información de mortalidad semanal a SIFA: Planificación de Concesiones, en base a registros de FT.

- c) Ingreso de información de planta a Trazabilidad: Planta de proceso que corresponda (puede tratarse de una planta perteneciente a un tercero).
- d) Envío de reportes periódicos de producción y cálculo final de producción de acuerdo a este protocolo: Planificación de Concesiones.
- e) Toma de decisión acerca de fechas de cosecha y otras medidas para asegurar el cumplimiento del límite de biomasa: Gerente de Producción, en conjunto con las áreas pertinentes.

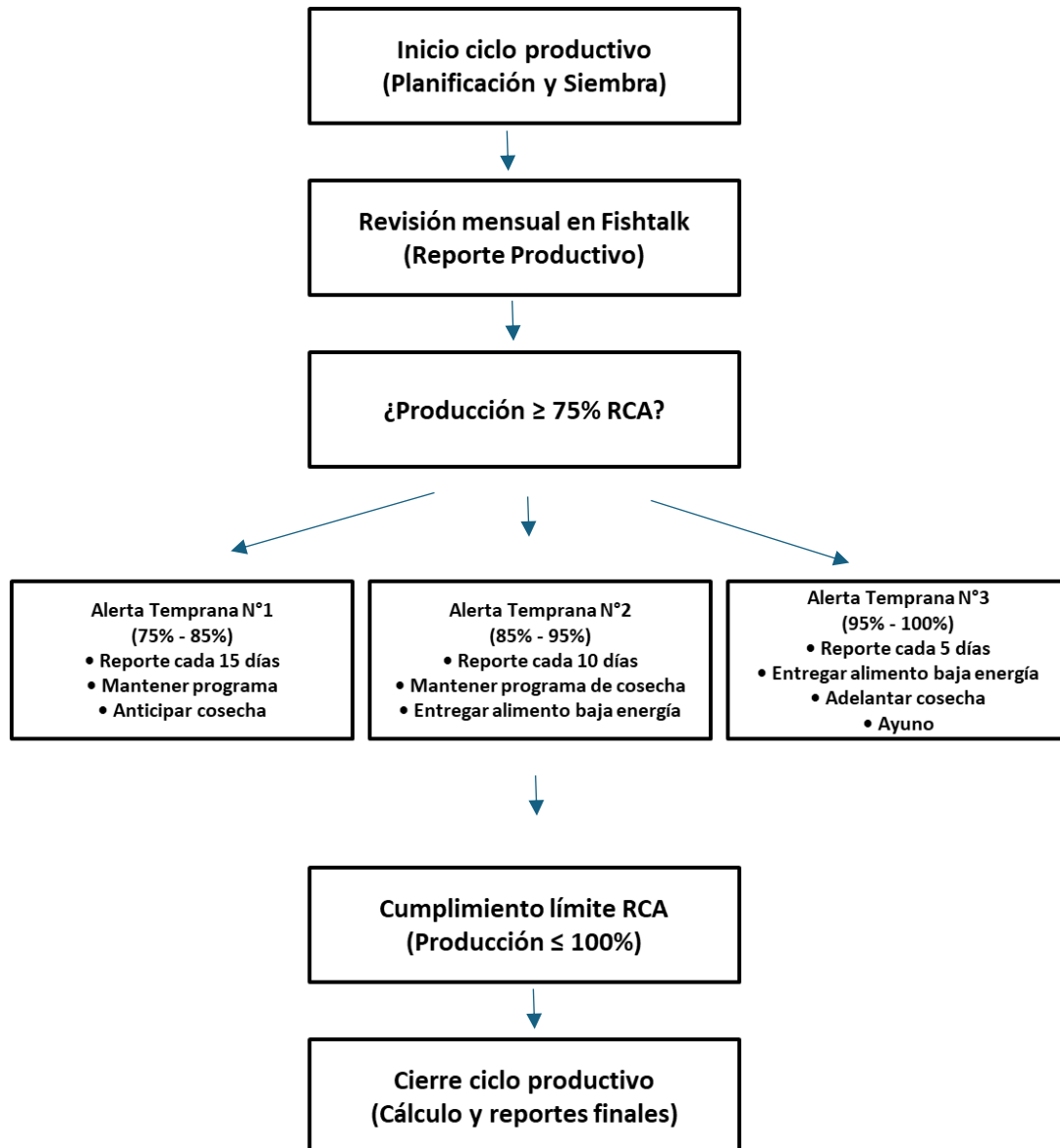
**VI. Medios de verificación de las acciones consideradas en la implementación de este protocolo y responsables**

| Medio de verificación                  | Plazo o frecuencia  | Qué información entrega  | Responsable                  |
|--|---|--|------------------------------|
| Declaración jurada de siembra efectiva | Dentro del plazo normativo, contado desde el fin de la siembra  | Especie y cantidad de peces sembrados en el centro                                       | Planificación de Concesiones |
| Reportes periódicos de producción      | Mensuales (hasta llegar al 75% del límite de biomasa a producir) y quincenales (luego de superar el 75% de biomasa a producir). | Mortalidad, cosechas, peso promedio de existencia, estimación de producción total        | Planificación de Concesiones |
| Declaración jurada de cosecha efectiva | Dentro del plazo normativo, contado desde el final de la cosecha  | Cosecha de acuerdo a información oficial (Trazabilidad informada por planta de procesos) | Planificación de Concesiones |

## VII. Difusión protocolo

El protocolo será difundido a los cargos y áreas responsables de asegurar el cumplimiento del límite de producción autorizada.

## VIII. Esquema de decisiones



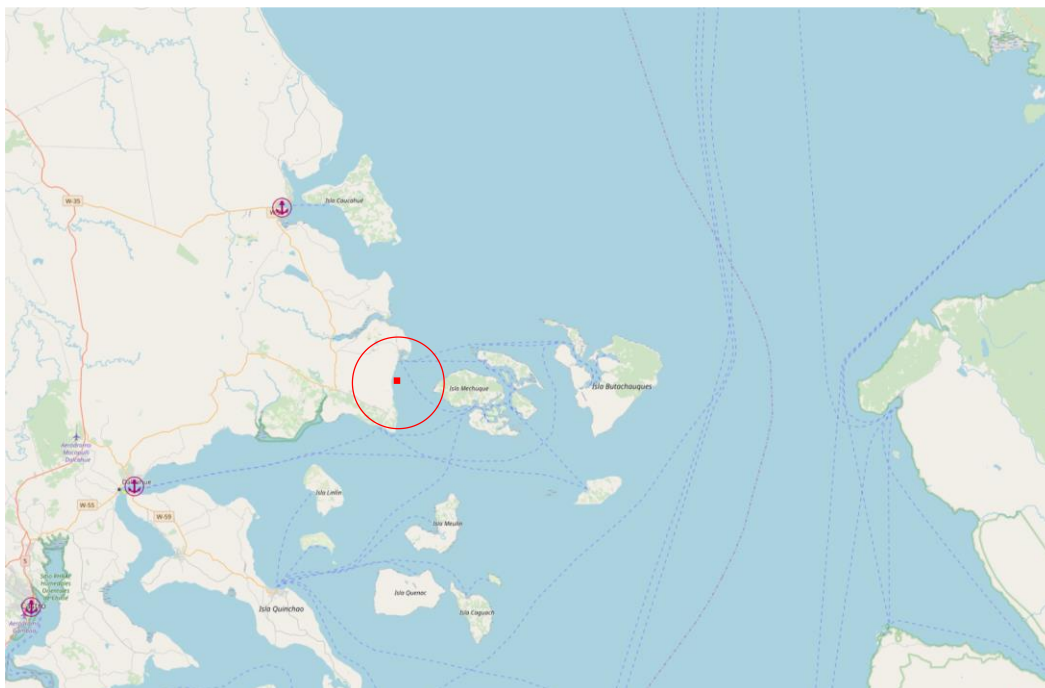
|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

## INFORME INTEGRADO DE ANÁLISIS DE EFECTOS AMBIENTALES


**Proyecto: “DIA Modificación del Proyecto Técnico, Centro de Cultivo de Salmones, Canal Quicaví, al Sur de Punta Huechuque, Pert N° 211103089”**

SOLICITANTE: CERMAQ CHILE S.A.

EJECUTOR: IA Consultores SpA.




Agosto de 2025

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

## TABLA DE CONTENIDO

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Introducción .....   | 3  |
| 2     | Análisis de Aportes Adicionales en la Columna .....  | 5  |
| 2.1   | Descripción del cuerpo de agua .....   | 6  |
| 2.1.1 | Perfiles de Oxígeno INFAs y CPS .....  | 7  |
| 2.1.2 | Análisis de Sedimento .....  | 13 |
| 2.2   | Cuantificación de la emisión de nutrientes orgánicos e inorgánicos mediante balance de masas ..... | 16 |
| 2.2.1 | Resultados .....   | 22 |
| 2.3   | Análisis del aporte adicional en el consumo de oxígeno .....                                       | 37 |
| 2.3.1 | Consumo por parte de los nutrientes .....  | 37 |
| 2.3.2 | Consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo .....  | 41 |
| 2.4   | Análisis de efectos en la columna de agua sobre otros componentes ambientales .....                | 43 |
| 2.5   | Conclusiones .....   | 50 |
| 3     | Análisis del Aporte Adicional en el Sedimento .....  | 55 |
| 3.1   | Metodología y Supuestos .....  | 56 |
| 3.1.1 | NewDepomod .....   | 56 |
| 3.1.2 | Definición del Área de Influencia (AI) .....   | 62 |
| 3.2   | Objetivos de la modelación .....   | 63 |
| 3.3   | Datos de entrada del modelo de balance de masas .....  | 63 |
| 3.4   | Descripción del área de estudio .....  | 65 |
| 3.4.1 | Batimetría .....   | 65 |
| 3.4.2 | Hidrodinámica del área modelada .....  | 66 |
| 3.5   | Antecedentes de la modelación .....  | 67 |
| 3.5.1 | Grilla de Modelación .....   | 67 |
| 3.5.2 | Cálculo de los valores de flujo diario y flujo anual de carbono .....                              | 67 |
| 3.6   | Resultados .....   | 69 |
| 3.7   | Análisis de efectos sobre otros componentes ambientales .....                                      | 71 |
| 3.7.1 | Análisis de efectos sobre <i>el sedimento</i> .....  | 71 |
| 3.7.2 | Análisis sobre hábitats y especies de mayor sensibilidad .....                                     | 73 |
| 3.8   | Uso de antibióticos y antiparasitarios .....   | 77 |
| 3.9   | Conclusiones .....   | 79 |
| 4     | Anexos (adjuntos en formato digital) .....   | 82 |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

## 1 Introducción


El presente análisis se realiza en el contexto de la formulación de cargos en contra de la titular del CES “Quicavi” (RNA 102041), CERMAQ CHILE S.A., por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante “SMA” o “Superintendencia”) en la RES. EX. N°1/ROL D-066-2025, en adelante Resolución N°1, en relación con lo indicado por la SMA sobre los potenciales efectos producidos en la columna de agua y sedimento, así como sobre la biota presente.

Además de lo anterior se aclara y/o rectifica en esta versión del informe aquellos considerandos especificados a continuación; solicitados en RES. EX. N°3/ROL D-066-2025:

**Considerando 19:** En este considerando se solicita que el titular incorpore nuevas tablas que represente la masa total acumulada en toneladas para cada ciclo de sobreproducción y ciclos combinados, para cada nutriente (orgánico e inorgánico) emitido a la columna de agua; no obstante la Tabla 5 (en esta versión Tabla 8) del informe presenta tal cual dicha información. Por otro lado se consideró el escenario más desfavorable, es decir, se realizó todo el balance con el máximo de calibre de alimento suministrado para todos los ciclos dejando: 14 mm únicamente.

**Considerando 20:** Se adjunta en Anexo en formato kmz editable los resultados espaciales de la modelación NewDepomod para todos los escenarios individualizados en la Figura 11 de este informe.

**Considerando 21:** Con respecto a complementar el análisis presentando mediante antecedentes que permitan establecer el estado de aquellas zonas más susceptibles de afectación dentro del área de influencia, el titular complementa este informe con el historial de CPS e INFAS desde el año 2008 al 2022, incluyendo las dos últimas INFAS de abril 2019 y marzo 2022 cercanas al periodo de máxima producción de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respectivamente (capítulo 2.1 de este informe); donde se podrá constatar que la mayoría de las estaciones de sedimento estarían dentro del área de influencia (Figura 12).

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |


**Considerando 22:** El titular complementa este informe con el historial de CPS e INFAS desde el año 2008 al 2022, incluyendo las dos últimas INFAS de abril 2019 y marzo 2022 cercanas al periodo de máxima producción de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respectivamente (capítulo 2.1 de este informe). Aquí se presenta bastante información del objeto de protección ambiental del instrumento infringido: sedimento; este estudio permite sustentar el descarte de efectos ambientales en el sedimento.

**Considerando 23 y 24:** el informe de “Análisis de químicos utilizado en el CES Quicaví (Código 102041) de la empresa Cermaq Chile durante los ciclos productivos 2018-2019 y 2021-2022” en el cual se desarrolla el análisis del uso de antibiótico y antiparasitario para el manejo sanitario en salmónidos, abarca todos los tratamientos efectuados durante el ciclo productivo 2018-2019 (en el ciclo 2021 – 2022 no hubo aplicación de estos en el CES). Estas estimaciones corresponden a escenarios que proyectan la concentración esperada en el ambiente, destacando la probabilidad de alcanzar la máxima concentración ambiental y sus eventuales interacciones. Una vez finalizado el período de tratamiento, los niveles estimados disminuyen, configurando un escenario con menor probabilidad de riesgo. Se indica además, que en ninguna parte de los informes se menciona un descarte de la vinculación directa entre estos tratamientos y la sobreproducción por haberse aplicado antes de la fecha de superación del límite autorizado; más bien se hace la vinculación respectiva y análisis como se describe anteriormente.

**Considerando 25:** Se adjunta en anexo las tablas con la información en formato editable de Excel y los mapas en formato georreferenciable: kmz.

El presente informe se centra en identificar y analizar los aportes adicionales en la columna de agua producto de la producción adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, mediante el uso de un balance de masas. La segunda parte corresponde al análisis de los aportes adicionales en el sedimento, mediante el uso del modelo de sedimentación NewDepomod y análisis de información disponible.

Respecto de las fechas específicas en las que se verificó la superación del límite de producción autorizada, el ciclo 2018 – 2019 tuvo una producción total de 4,022 Ton, superando en 272.373 Ton la producción autorizada de 3,750 Ton, según RCA N°263/2012.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

La superación de la producción autorizada tuvo lugar el día 03 de julio de 2019, día en que la producción alcanzó 3,753 Ton. En cuanto al ciclo 2021 – 2022, éste tuvo una producción de 5,423.48 Ton, superando en 1,673.48 Ton la producción autorizada. La superación de la producción autorizada tuvo lugar el día 14 de enero de 2022, día en que la producción alcanzó 3,769 Ton.

## 2 Análisis de Aportes Adicionales en la Columna


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 tanto en el mes de máxima emisión de nutrientes como en el ciclo completo, durante los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, objeto de la sobreproducción.
2. Calcular el aporte de nutrientes de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 comparándolos con el aporte de nutrientes de un ciclo productivo equivalente a cada uno de ellos, pero con máxima biomasa autorizada por RCA vigente para el CES Quicavi (en adelante “ciclo biomasa autorizada”).
3. Evaluar el efecto compensatorio de un ciclo sin producción, a desarrollarse en el período 2025 – 2027. Al no tener producción, su compensación es evaluada asumiendo que deja de generar los efectos que generaría un ciclo de producción autorizada, en este caso el ciclo RCA 2021 – 2022 por ser el que menos efecto genera (peor condición).
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 de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 y los ciclos según biomasa autorizada por RCA.

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

- Monitoreos CPS e INFA realizados en 2011 y 2022.
- Descripción de los ciclos productivos a analizar.



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

- Cálculo de la emisión de nutrientes a la columna de agua mediante balance de masas, de acuerdo con lo descrito por Wang et. al., 2012<sup>1</sup>.
- Cálculo del consumo de oxígeno por oxidación de los nutrientes, según Boyle, et.al., (© 2016–2021 Global Aquaculture Alliance<sup>2</sup>)
- Cálculo del consumo de oxígeno por parte de la biomasa en cultivo, según Bergheim et.al., 1993<sup>3</sup>

Adicionalmente, se incorpora el informe del Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL), denominado “Análisis de químicos utilizado en el CES Quicaví (Código 102041) de la empresa Cermaq Chile durante los ciclos productivos 2018-2019 y 2021-2022”, con el fin de abordar la potencial afectación producto del uso de fármacos asociado a la sobreproducción.

Para efectos del presente análisis, se identifica y evalúa el aporte adicional de nutrientes orgánicos e inorgánicos a la columna de agua producto del ciclo de sobreproducción.

## 2.1 Descripción del cuerpo de agua

En relación con las características oceanográficas del sector, se analizaron los perfiles de columna realizados en los INFA categoría 3 y 5 indicados a continuación (se adjuntan datos en **Anexo - Monitoreos INFA**)

**Tabla 1** Detalle de los monitoreos INFA realizados y analizados en el presente estudio.

|           | Categoría | Resultado | Fecha muestreo |
|-----------|-----------|-----------|----------------|
| CPS 2011  | 3         | Aeróbico  | 03-10-2011     |
| INFA 2008 | 3         | Aeróbico  | 10-11-2008     |
| INFA 2011 | 3         | Aeróbico  | 28-03-2011     |
| INFA 2013 | 3         | Aeróbico  | 21-02-2013     |
| INFA 2015 | 3         | Aeróbico  | 12-03-2015     |
| INFA 2017 | 3         | Aeróbico  | 17-11-2007     |

<sup>1</sup> 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.

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

<sup>3</sup> 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.

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|           |   |          |            |
|-----------|---|----------|------------|
| INFA 2019 | 3 | Aeróbico | 29-04-2019 |
| INFA 2022 | 3 | Aeróbico | 10-03-2022 |

## 2.1.1 Perfiles de Oxígeno INFAs y CPS

**Tabla 2** Resumen estadístico de cada uno de los monitoreos de oxígeno disuelto (OD) realizados. En rojo se mostrarían los valores donde se supere el límite de aceptabilidad de la Res. 3612/09.

| Monitoreo             | Mín. OD (mg/L) | Máx. OD (mg/L) | Promedio OD (mg/L) |
|-----------------------|----------------|----------------|--------------------|
| <b>CPS 03-10-2011</b> |                |                |                    |
| 03-10-2011            | 8,5            | 8,1            | 8,4                |
| <b>INFA 1</b>         |                |                |                    |
| 08-01-2008            | 14,3           | 7,7            | 9,0                |
| 05-03-2008            | 11,0           | 9,6            | 10,0               |
| 16-05-2008            | 11,3           | 8,8            | 9,6                |
| 18-07-2008            | 10,3           | 10,1           | 10,2               |
| 14-09-2008            | 6,8            | 5,2            | 5,8                |
| 10-11-2008            | 13,7           | 7,7            | 8,5                |
| <b>INFA 2</b>         |                |                |                    |
| 04-01-2010            | 7,2            | 5,7            | 6,4                |
| 07-03-2010            | 8,2            | 6,3            | 7,1                |
| 11-05-2010            | 8,2            | 6,4            | 7,2                |
| 14-07-2010            | 7,7            | 7,5            | 7,6                |
| 22-09-2010            | 7,9            | 6,8            | 7,3                |
| 17-11-2010            | 8,3            | 7,4            | 7,9                |
| 10-01-2011            | 7,6            | 7,1            | 7,3                |
| 28-03-2011            | 8,1            | 6,1            | 7,0                |
| <b>INFA 3</b>         |                |                |                    |
| 26-01-2012            | 9,4            | 7,4            | 8,1                |
| 18-04-2012            | 6,5            | 6,3            | 6,4                |
| 14-06-2012            | 8,0            | 7,3            | 7,6                |
| 10-08-2012            | 8,8            | 7,4            | 8,0                |
| 10-10-2012            | 11,2           | 7,8            | 9,6                |
| 17-12-2012            | 8,1            | 7,9            | 8,1                |
| 21-02-2013            | 7,2            | 4,7            | 5,4                |
| <b>INFA 4</b>         |                |                |                    |
| 12-03-2015            | 7,2            | 6,4            | 6,7                |
| <b>INFA 5</b>         |                |                |                    |
| 06-11-2017            | 11,5           | 10,5           | 10,9               |
| 17-11-2017            | 9,1            | 8,7            | 9,0                |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

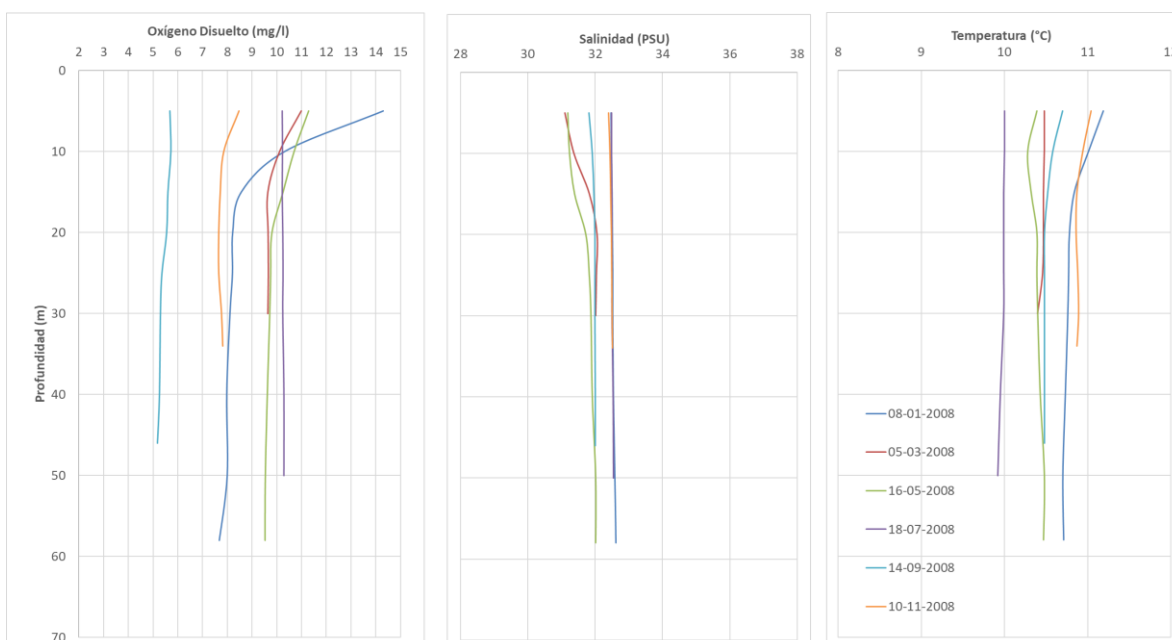
#### INFA 6

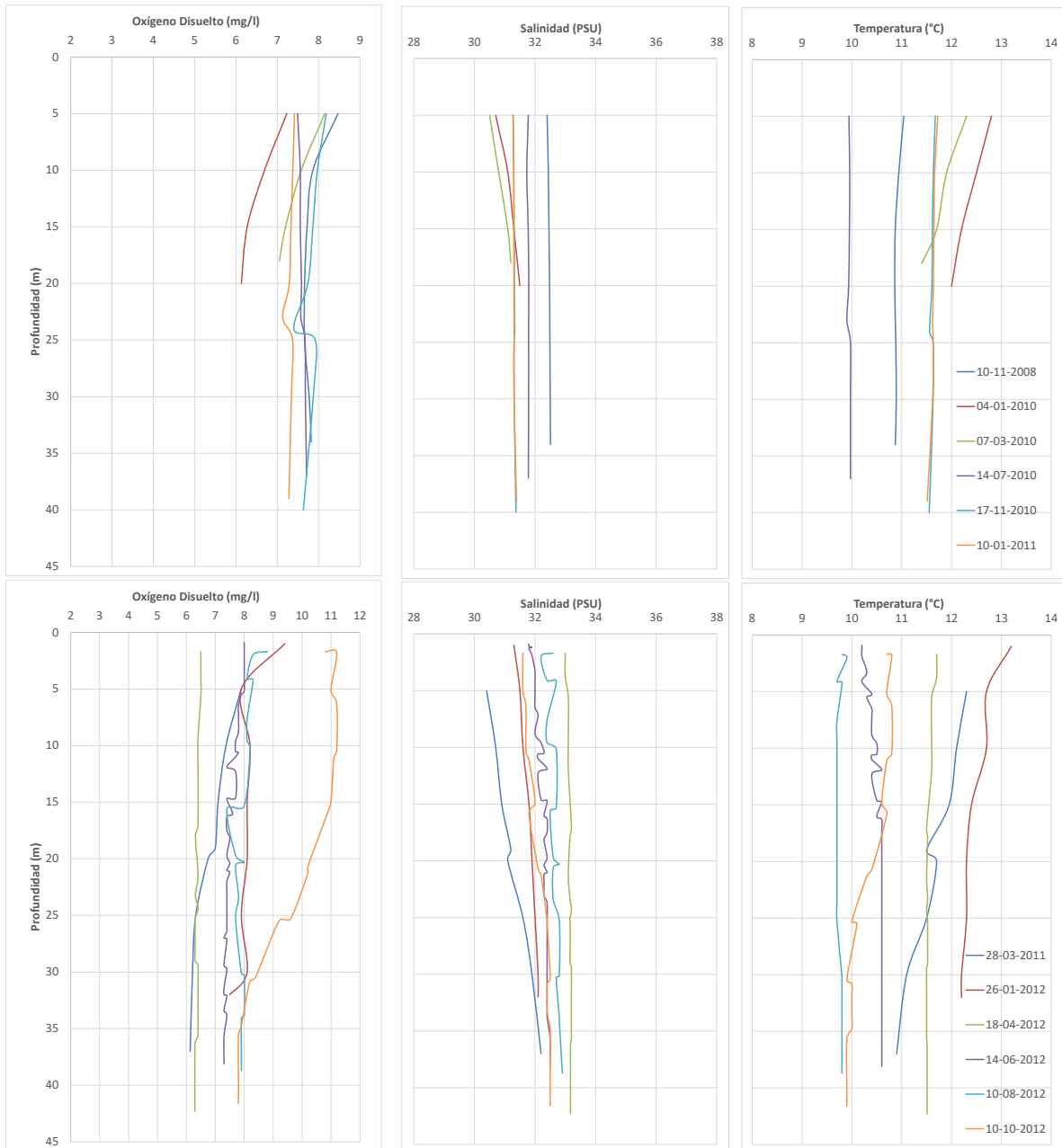
|            |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|
| 24-09-2019 | 6,9 | 5,7 | 6,5 |
|------------|-----|-----|-----|

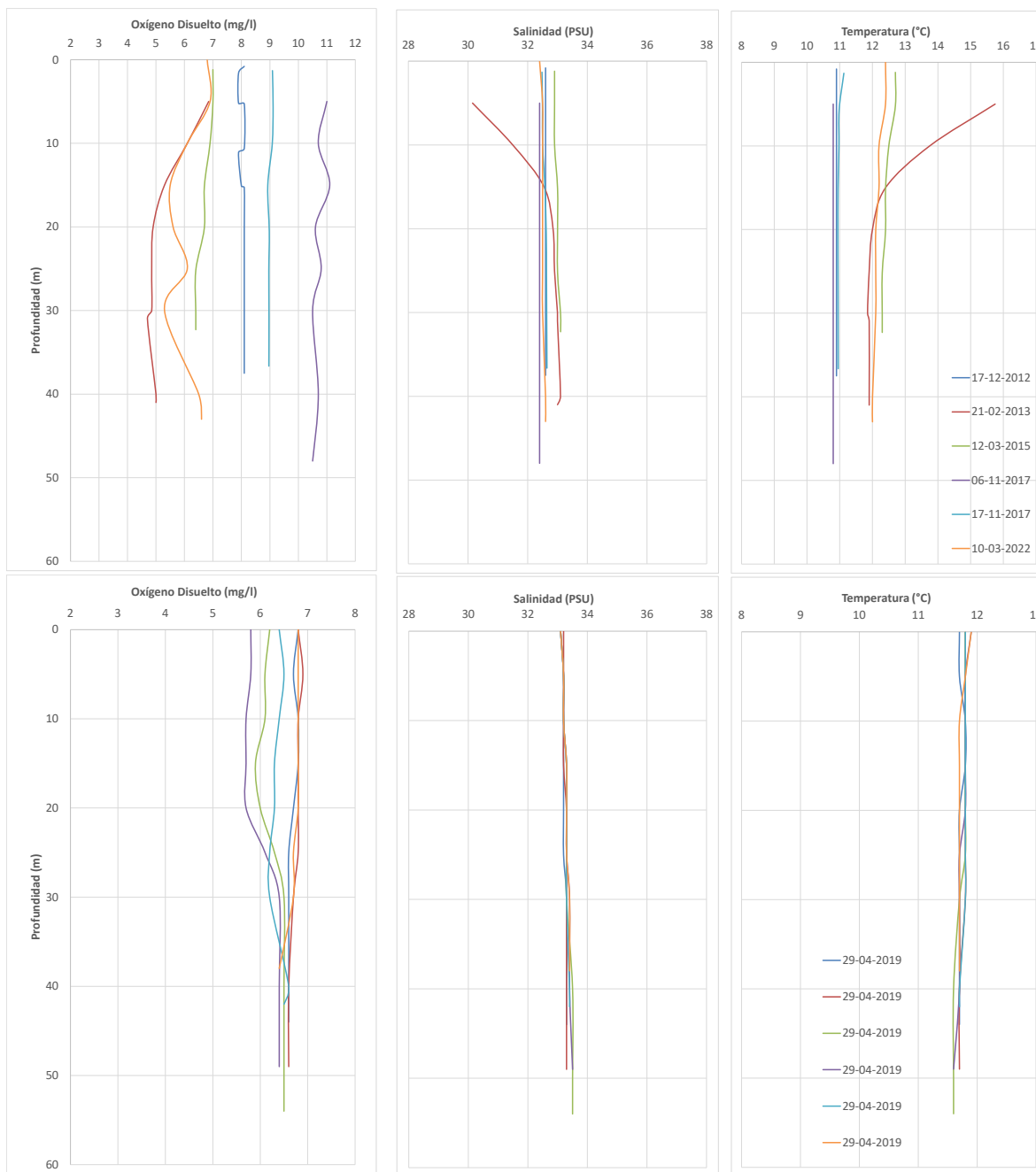
#### INFA 7

|            |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|
| 10-03-2022 | 7,0 | 5,3 | 6,5 |
|------------|-----|-----|-----|

El límite establecido en normativa es de  $\geq 2,5$  mg/l de oxígeno disuelto a un metro del fondo, límite que para indicar que un centro es anaeróbico debe superarse en al menos un 30% de las estaciones muestreadas (Res.3612/09), por lo tanto, en todas las INFAs se cumple lo establecido en la Res. 3612/09, para una condición **aeróbica**. Se adjuntan en Anexo las Resoluciones de Sernapesca que confirman lo indicado.








**Figura 1** Perfiles de columna obtenidos en los monitoreos INFA realizados entre 2011 y 2022. Se muestran los valores promedio obtenidos de varias estaciones en una misma fecha.

Se puede observar que a lo largo del año, la salinidad en toda la columna de agua se mantiene relativamente salina, con valores entre los 30 y 33 PSU. También es posible

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

observar una variación de la temperatura a lo largo del año, esto debido a la fuerte influencia de la temperatura ambiente.

Las concentraciones de oxígeno se muestran normales, con valores promedio de 7.6 mg/l.

La temperatura en la columna de agua se muestra relativamente homogénea en toda la columna, con valores entre 8.8 y 15.8°C con un promedio de 11.2°C.

**Tabla 3** Concentraciones de oxígeno disuelto en las máximas profundidades de cada perfil incluyendo el momento de máxima biomasa en que se realizó cada INFA.

| Estudio       | Fecha             | Estación | Profundidad (m) | Oxígeno disuelto (mg/L) |
|---------------|-------------------|----------|-----------------|-------------------------|
| <b>CPS</b>    |                   |          |                 |                         |
|               | <b>03-10-2011</b> | 1        | 34              | 8,1                     |
| <b>INFA 1</b> |                   |          |                 |                         |
|               | 08-01-2008        | 1        | 58              | 7.7                     |
|               | 05-03-2008        | 1        | 30              | 9.6                     |
|               | 16-05-2008        | 1        | 58              | 9.5                     |
|               | 18-07-2008        | 1        | 50              | 10.3                    |
|               | 14-09-2008        | 1        | 46              | 5.2                     |
|               | 10-11-2008        | 1        | 34              | 7.8                     |
|               | 08-01-2008        | 2        | 69              | 7.7                     |
|               | 05-03-2008        | 2        | 70              | 9.6                     |
|               | 16-05-2008        | 2        | 67              | 8.8                     |
|               | 18-07-2008        | 2        | 78              | 10.2                    |
|               | 14-09-2008        | 2        | 77              | 5.6                     |
|               | 10-11-2008        | 2        | 77              | 7.8                     |
| <b>INFA 2</b> |                   |          |                 |                         |
|               | 04-01-2010        | 1        | 20              | 6.1                     |
|               | 07-03-2010        | 1        | 18              | 7.1                     |
|               | 14-07-2010        | 1        | 23              | 7.6                     |
|               | 14-07-2010        | 1        | 20              | 7.5                     |
|               | 17-11-2010        | 1        | 24              | 7.4                     |
|               | 10-01-2011        | 1        | 23              | 7.1                     |
|               | 10-01-2011        | 1        | 20              | 7.2                     |
|               | 28-03-2011        | 1        | 19              | 7.0                     |
|               | 04-01-2010        | 2        | 39              | 5.7                     |
|               | 07-03-2010        | 2        | 36              | 6.3                     |
|               | 11-05-2010        | 2        | 38              | 6.4                     |
|               | 14-07-2010        | 1        | 37              | 7.7                     |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|               |   |    |      |
|---------------|---|----|------|
| 22-09-2010    | 1 | 39 | 6.8  |
| 17-11-2010    | 1 | 40 | 7.6  |
| 10-01-2011    | 1 | 39 | 7.3  |
| 28-03-2011    | 1 | 37 | 6.1  |
| <b>INFA 3</b> |   |    |      |
| 26-01-2012    | 1 | 32 | 7,5  |
| 18-04-2012    | 1 | 36 | 6,4  |
| 14-06-2012    | 1 | 34 | 7,4  |
| 10-08-2012    | 1 | 34 | 8    |
| 10-10-2012    | 1 | 36 | 7,8  |
| 17-12-2012    | 1 | 32 | 8,1  |
| 21-02-2013    | 1 | 41 | 5    |
| 26-01-2012    | 2 | 39 | 7,4  |
| 18-04-2012    | 2 | 42 | 6,29 |
| 14-06-2012    | 2 | 38 | 7,3  |
| 10-08-2012    | 2 | 39 | 7,9  |
| 10-10-2012    | 2 | 42 | 7,8  |
| 17-12-2012    | 2 | 38 | 8,1  |
| 21-02-2013    | 2 | 31 | 4,7  |
| <b>INFA 4</b> |   |    |      |
| 12-03-2015    | 1 | 32 | 6,4  |
| 12-03-2015    | 2 | 47 | 6,4  |
| <b>INFA 5</b> |   |    |      |
| 06-11-2017    | 1 | 48 | 10,5 |
| 17-11-2017    | 1 | 36 | 9,0  |
| 06-11-2017    | 2 | 30 | 10,9 |
| 17-11-2017    | 2 | 56 | 9,0  |
| <b>INFA 6</b> |   |    |      |
| 29-04-2019    | 1 | 44 | 6.6  |
| 29-04-2019    | 2 | 49 | 6.6  |
| 29-04-2019    | 3 | 52 | 6.5  |
| 29-04-2019    | 4 | 57 | 6.5  |
| 29-04-2019    | 5 | 54 | 6.5  |
| 29-04-2019    | 6 | 49 | 6.4  |
| 29-04-2019    | 7 | 42 | 6.5  |
| 29-04-2019    | 8 | 38 | 6.4  |
| <b>INFA 7</b> |   |    |      |
| 10-03-2022    | 1 | 43 | 6,6  |
| 10-03-2022    | 2 | 48 | 6,6  |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|            |   |    |     |
|------------|---|----|-----|
| 10-03-2022 | 3 | 51 | 6,7 |
| 10-03-2022 | 4 | 56 | 6,7 |
| 10-03-2022 | 5 | 48 | 6,6 |
| 10-03-2022 | 6 | 41 | 6,6 |
| 10-03-2022 | 7 | 38 | 6,5 |
| 10-03-2022 | 8 | 30 | 6,7 |

## 2.1.2 Análisis de Sedimento

Para la evaluación ambiental de las muestras de sedimento se utilizará la versión más actualizada de la normativa, correspondiente a la Res. 3612/09 en su última modificación del 27 de febrero de 2018.

| Parámetro        | Límite de aceptabilidad |
|------------------|-------------------------|
| Materia Orgánica | $\leq 9$                |
| pH               | $\geq 7.1$              |
| Eh (SNH)         | $\geq 50$ mV            |

Los muestreos fueron realizados en octubre de 2011 (CPS), noviembre de 2008 (INFA 1), marzo de 2011 (INFA 2), febrero de 2013 (INFA 3), marzo de 2015 (INFA 4), noviembre de 2017 (INFA 5), abril 2019 (INFA 6) y marzo de 2022 (INFA 7).

**Tabla 4** Resultados muestras de sedimento.

| Monitoreo      | Promedio de MO | Promedio de pH | Promedio de Potencial REDOX SNH (mV) |
|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| CPS 03-10-2011 |                |                |                                      |
| E1             | 1,0            | 7,2            | 314,0                                |
| E2             | 0,8            | 7,2            | 362,0                                |
| E3             | 0,7            | 7,6            | 342,0                                |
| E4             | 0,9            | 7,3            | 284,0                                |
| E5             | 1,1            | 7,3            | 335,0                                |
| E6             | 3,4            | 7,4            | 330,0                                |
| E7             | 1,2            | 7,3            | 352,0                                |
| E8             | 1,2            | 7,1            | 325,0                                |
| VA             | 1,3            | 7,1            | 336,0                                |
| VB             | 1,0            | 7,4            | 357,0                                |
| VC             | 1,3            | 7,5            | 343,0                                |
| VD             | 0,9            | 7,1            | 305,0                                |
| VE             | 1,3            | 7,1            | 295,0                                |



|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|                            |     |     |       |
|----------------------------|-----|-----|-------|
| VF                         | 0,9 | 7,0 | 340,0 |
| VG                         | 1,1 | 7,1 | 250,0 |
| VH                         | 1,4 | 7,5 | 266,0 |
| E9                         | 1,8 | 7,0 | 318,0 |
| E10                        | 0,8 | 7,0 | 307,0 |
| E11                        | 1,3 | 7,0 | 340,0 |
| E12                        | 1,0 | 7,3 | 355,0 |
| <b>INFA 1 _ 10-11-2008</b> |     |     |       |
| E1                         | 1,6 | 6,8 | 256,7 |
| E2                         | 1,4 | 7,6 | 275,3 |
| E3                         | 5,5 | 7,5 | 183,3 |
| E4                         | 1,4 | 7,6 | 277,3 |
| E5                         | 6,5 | 7,5 | 328,7 |
| E6                         | 3,4 | 7,6 | 218,3 |
| E7                         | 3,1 | 7,6 | 221,7 |
| E8                         | 2,6 | 7,5 | 243,3 |
| C1                         | 0,6 | 7,6 | 181,7 |
| C2                         | 1,9 | 7,6 | 226,3 |
| <b>INFA 2 _ 28-03-2011</b> |     |     |       |
| E1                         | 1,5 | 7,0 | 174,3 |
| E2                         | 1,2 | 7,0 | 156,5 |
| E3                         | 1,2 | 7,0 | 177,7 |
| E4                         | 1,3 | 7,0 | 133,3 |
| E5                         | 1,4 | 7,0 | 117,0 |
| E6                         | 1,3 | 7,0 | 189,3 |
| E7                         | 1,2 | 7,1 | 215,0 |
| E8                         | 1,4 | 6,9 | 198,0 |
| C1                         | 1,0 | 7,2 | 224,0 |
| C2                         | 1,0 | 7,1 | 233,0 |
| <b>INFA 3 _ 21-02-2013</b> |     |     |       |
| E1                         | 1,8 | 7,5 | 280,7 |
| E2                         | 1,6 | 7,5 | 231,7 |
| E3                         | 2,2 | 7,4 | 154,0 |
| E4                         | 1,7 | 7,1 | 135,0 |
| E5                         | 1,5 | 7,2 | 237,0 |
| E6                         | 1,6 | 7,3 | 329,7 |
| E7                         | 1,4 | 7,4 | 365,3 |
| E8                         | 1,5 | 7,6 | 172,3 |
| C1                         | 1,5 | 7,4 | 313,3 |
| C2                         | 1,4 | 7,2 | 195,3 |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

#### INFA 4 \_ 12-03-2015

|    |     |     |       |
|----|-----|-----|-------|
| E1 | 1,6 | 7,5 | 219,7 |
| E2 | 1,6 | 7,6 | 318,3 |
| E3 | 1,6 | 7,4 | 204,7 |
| E4 | 1,1 | 7,2 | 244,3 |
| E5 | 1,1 | 7,2 | 253,3 |
| E6 | 1,2 | 7,5 | 216,7 |
| E7 | 1,0 | 7,5 | 277,0 |
| E8 | 1,1 | 7,5 | 245,3 |
| C1 | 1,2 | 7,5 | 272,7 |
| C2 | 0,9 | 7,3 | 290,7 |

#### INFA 5 \_ 17-11-2017

|    |     |     |       |
|----|-----|-----|-------|
| E1 | 0,9 | 7,4 | 204,3 |
| E2 | 1,1 | 7,5 | 221,2 |
| E3 | 1,5 | 7,1 | 150,0 |
| E4 | 1,0 | 7,3 | 164,8 |
| E5 | 1,1 | 7,3 | 229,8 |
| E6 | 1,2 | 7,3 | 175,8 |
| E7 | 1,0 | 7,3 | 165,8 |
| E8 | 1,0 | 7,4 | 156,5 |
| C1 | 0,8 | 7,6 | 322,8 |
| C2 | 0,9 | 7,5 | 292,1 |

#### INFA 6 \_ 29-04-2019

|    |     |     |       |
|----|-----|-----|-------|
| E1 | 1.1 | 7.3 | 295.0 |
| E2 | 1.0 | 7.3 | 160.5 |
| E3 | 1.2 | 7.1 | 60.1  |
| E4 | 1.1 | 7.5 | 22.6  |
| E5 | 1.2 | 7.4 | 34.3  |
| E6 | 1.1 | 7.1 | 54.5  |
| E7 | 1.2 | 7.5 | 131.0 |
| E8 | 1.5 | 7.3 | 180.8 |
| C1 | 1.1 | 7.5 | 276.4 |
| C2 | 1.1 | 7.4 | 274.1 |

#### INFA 7 \_ 10-03-2022

|    |     |     |       |
|----|-----|-----|-------|
| E1 | 1,7 | 7,4 | 111,7 |
| E2 | 1,8 | 7,2 | -29,7 |
| E3 | 1,6 | 7,1 | -57,0 |
| E4 | 1,6 | 7,1 | 122,7 |
| E5 | 1,7 | 7,2 | -37,3 |
| E6 | 1,6 | 7,2 | -3,0  |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|    |     |     |       |
|----|-----|-----|-------|
| E7 | 1,7 | 6,9 | 65,3  |
| E8 | 1,3 | 7,1 | 189,0 |
| C1 | 1,2 | 7,1 | 279,0 |
| C2 | 1,2 | 7,2 | 187,3 |


Dado que la condición anaeróbica, según normativa vigente, se produce a partir del incumplimiento en 3 estaciones en simultáneo de pH y Redox, lo que no sucede en este caso, se concluye que existe una condición aeróbica en el sedimento en todos los monitoreos INFAs y CPS. De la misma forma, todos los valores de materia orgánica se encuentran por debajo del 9% que es el límite establecido en la Res 3612/09.

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 promedio de la corriente en la zona de emisión de nutrientes, comprendida aproximadamente entre los 0 y los 25 m de profundidad. Utilizando la correntometría utilizada para las modelaciones NewDepomod realizada entre los días 07 de agosto y 13 de setiembre de 2018, se calculó la velocidad promedio del período de medición en el rango de profundidades -5 a -15 m, obteniéndose una velocidad promedio de 20.26 cm/s. Para más información ver en **Anexo - Correntometría Quicavi**.

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

Según lo indicado por Wang et.al., 2012<sup>4</sup> la acuicultura libera a la columna de agua carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P), ver 0. El nitrógeno inorgánico disuelto, abreviado como DIN (N aportado por el amonio, NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) y el fósforo inorgánico disuelto, abreviado como DIP (P aportado por el fosfato, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), se liberan a través de la excreción, y el C inorgánico como CO<sub>2</sub> se libera a través de la respiración. 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 y la pérdida de alimento.

<sup>4</sup> 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.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

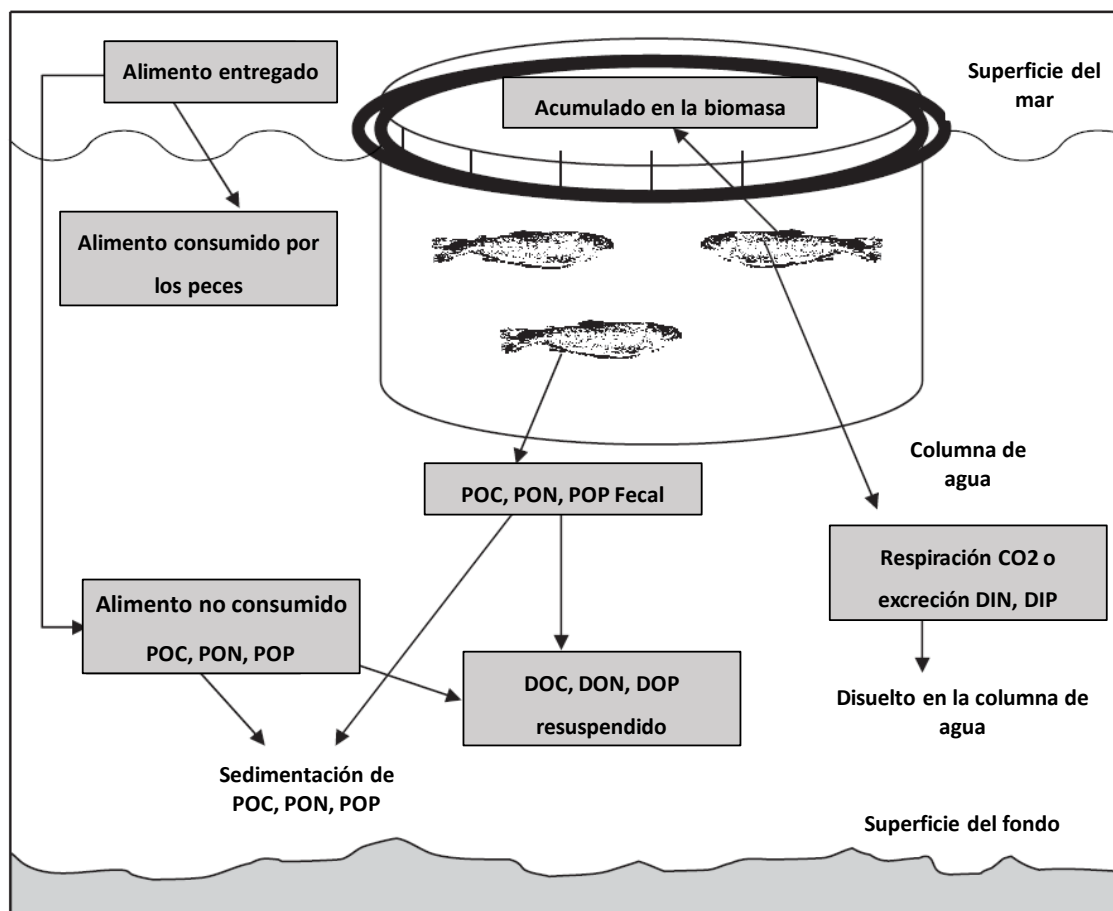
El C, N y P orgánicos disueltos, como el Carbono Orgánico Disuelto (DOC), el Nitrógeno Orgánico Disuelto (DON) y el Fósforo Orgánico Disuelto (DOP), se generan a través de la disolución de fracciones orgánicas de partículas de fecas y alimento procedentes tanto de la columna de agua como de las ya sedimentadas (Olsen y Olsen 2008<sup>5</sup>).

A continuación, se resumen las emisiones que son calculadas en el presente informe y las siglas con las que son identificadas, para mayor claridad:

- Productos de excreción
  - o **CO<sub>2</sub>**: dióxido de carbono
  - o **DIN**: nitrógeno inorgánico disuelto
  - o **DIP**: fósforo inorgánico disuelto
- Componentes del alimento no consumido y fecas
  - o **POC**: carbono orgánico particulado
  - o **PON**: nitrógeno orgánico particulado
  - o **POP**: fósforo orgánico particulado
- Componentes del lixiviado de fecas y alimento no consumido.
  - o **DOC**: carbono orgánico disuelto
  - o **DON**: nitrógeno orgánico disuelto
  - o **DOP**: fósforo orgánico disuelto

---

<sup>5</sup> 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.




**Figura 2** El flujo y el destino de los nutrientes de un sistema de cultivo de salmón. El nitrógeno y el fósforo inorgánicos disueltos (DIN y DIP, respectivamente) se liberan a través de la excreción, y el carbono inorgánico (CO<sub>2</sub>) a través de la respiración. Las partículas orgánicas C, N y P (POC, PON y POP, respectivamente) se liberan a través las fecas y la pérdida de alimento. C, N y P orgánicos disueltos (DOC, DON y DOP, respectivamente) se resuspenden a partir de heces y partículas de alimento no consumidas. Figura traducida de Wang et.al., 2012.

Las partículas fecales y el alimento no consumido se hunden rápidamente y podrían acumularse en los sedimentos del fondo marino (Cromey et al. 2002<sup>6</sup>, Olsen & Olsen 2008, Nickell et al. 2009<sup>7</sup>) donde podrían ser consumidos por animales detritívoros. Las pequeñas partículas de desechos podrían permanecer en suspensión y luego ser consumidas por el zooplancton que se alimenta por filtración o por alimentadores visuales, como peces, en la

<sup>6</sup> 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

<sup>7</sup> 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

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

columna de agua, o por mejillones (Olsen & Olsen 2008, Troell et al. 2009). 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, 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 1990<sup>8</sup>, Fan et al. 2003<sup>9</sup>, Stoecker & Gustafson 2003<sup>10</sup>).

En la Tabla N° 5 se muestran los resultados del balance de masas de emisión de desechos 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 las Tablas N° 2 y 3.

**Tabla 5** 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). Se muestrean los cálculos sobre la emisión total de nutrientes.

| Coeficientes                    | Ciclo RCA<br>2018 - 2019 | Ciclo 2018 -<br>2019 | Ciclo RCA<br>2021 - 2022 | Ciclo 2021 -<br>2022 | Referencias                                    |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--|
| Mes de máxima emisión           | mes 10                   | mes 10               | mes 10                   | mes 10               | Información Cermaq                             |
| FCR                             | 1.20                     | 1.20                 | 1.15                     | 1.15                 | Información Cermaq                             |
| Biomasa producida (Ton)         | 3750.0                   | 4022.4               | 3750.0                   | 5423.5               | Información Cermaq                             |
| Alimento entregado (Ton)        | 4299.6                   | 4611.9               | 4178.3                   | 6042.9               | Información Cermaq                             |
| Alimento no consumido           | 0.5%                     | 0.5%                 | 0.5%                     | 0.5%                 | Morriey D., et.al, Niwa Report, 2011           |
| Humedad en alimento (DW)        | 6.0%                     | 6.0%                 | 7.5%                     | 7.5%                 | Información Cermaq                             |
| Materia seca en peces (WW)      | 33.5%                    | 33.5%                | 33.5%                    | 33.5%                | Talbot et al. (1986)                           |
| Eficiencia asimilación C (AE)   | 80.0%                    | 80.0%                | 80.0%                    | 80.0%                | Cheshuk et al. (2003),<br>Corner et al. (2006) |
| Contenido de C en alimento (DW) | 56.0%                    | 56.0%                | 56.1%                    | 56.1%                | Información Cermaq                             |
| Contenido de C en el pez (DW)   | 50%                      | 50%                  | 50%                      | 50%                  | Olsen & Olsen (2008)                           |

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

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

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

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|   |       |       |       |       |  |
|---|-------|-------|-------|-------|--|
| Fracción soluble C en alimento y fecas (DW) | 15%   | 15%   | 15%   | 15%   | Chen et al. (2003)                               |
| Eficiencia asimilación N (AE)               | 85%   | 85%   | 85%   | 85%   | T. Lea, Skretting AS                             |
| Contenido de N en alimento (DW)             | 7.2%  | 7.2%  | 7.2%  | 7.2%  | Gillibrand et al. (2002),<br>Mente et al. (2006) |
| Contenido de N en el pez (WW)               | 3.0%  | 3.0%  | 3.0%  | 3.0%  | Ackefors & Enell (1990),                         |
| Contenido de N en el pez (DW)               | 9.0%  | 9.0%  | 9.0%  | 9.0%  | Davies & Slaski (2003)                           |
| Fracción soluble N en alimento y fecas (DW) | 15.0% | 15.0% | 15.0% | 15.0% | Chen et al. (2003)                               |
| Eficiencia asimilación P (AE)               | 50.0% | 50.0% | 50.0% | 50.0% | Reid et al. (2009),<br>Bureau et al. (2003)      |
| Contenido de P en alimento (DW)             | 0.90% | 0.90% | 0.80% | 0.80% | Petersen et al. (2005),<br>Reid et al. (2009)    |
| Contenido de P en el pez (WW)               | 0.40% | 0.40% | 0.40% | 0.40% | Talbot et al. (1986)                             |
| Contenido de P en el pez (DW)               | 1.19% | 1.19% | 1.19% | 1.19% |  |
| Fracción soluble P en alimento y fecas (DW) | 15.0% | 15.0% | 15.0% | 15.0% | Sugiura et al. (2006)                            |

**Tabla 6** Detalle del incremento mensual de biomasa y alimento mensual entregado, en toneladas, de los 4 ciclos modelados. Se resaltan en rojo los valores de máxima cantidad de alimento entregado en un mes, correspondientes a la condición más desfavorable utilizada para la modelación de nutrientes de cada ciclo. Valores en Toneladas.

| Mes | Ciclo RCA 2018 - 2019 |        |       | Ciclo 2018 - 2019 |        |       | Ciclo RCA 2021 - 2022 |        |       | Ciclo 2021 - 2022 |        |       |
|-----|-----------------------|--------|-------|-------------------|--------|-------|-----------------------|--------|-------|-------------------|--------|-------|
|     | Biom.                 | Increm | Alim. | Biom.             | Increm | Alim. | Biom.                 | Increm | Alim. | Biom.             | Increm | Alim. |
| 1   | 242                   | 68     | 65    | 259               | 73     | 70    | 56                    | 7      | 6     | 80                | 10     | 9     |
| 2   | 397                   | 156    | 137   | 426               | 167    | 147   | 167                   | 38     | 35    | 242               | 55     | 51    |
| 3   | 590                   | 193    | 191   | 633               | 208    | 205   | 272                   | 105    | 101   | 393               | 152    | 146   |
| 4   | 744                   | 155    | 189   | 798               | 167    | 203   | 377                   | 111    | 110   | 545               | 160    | 160   |
| 5   | 972                   | 230    | 262   | 1,043             | 246    | 281   | 548                   | 177    | 174   | 792               | 256    | 252   |
| 6   | 1,258                 | 286    | 334   | 1,349             | 307    | 358   | 719                   | 180    | 205   | 1,039             | 260    | 297   |
| 7   | 1,708                 | 453    | 485   | 1,832             | 486    | 520   | 1,030                 | 313    | 316   | 1,490             | 452    | 457   |
| 8   | 2,210                 | 506    | 496   | 2,370             | 542    | 532   | 1,470                 | 441    | 404   | 2,125             | 638    | 584   |
| 9   | 2,664                 | 459    | 514   | 2,857             | 492    | 551   | 1,960                 | 492    | 482   | 2,834             | 712    | 698   |
| 10  | 2,701                 | 471    | 616   | 2,897             | 505    | 660   | 2,420                 | 463    | 535   | 3,500             | 670    | 774   |
| 11  | 2,752                 | 321    | 411   | 2,951             | 345    | 441   | 2,805                 | 390    | 497   | 4,057             | 564    | 718   |
| 12  | 2,044                 | 340    | 485   | 2,192             | 365    | 520   | 3,143                 | 347    | 423   | 4,546             | 501    | 612   |
| 13  | -                     | -63    | 115   | -                 | -68    | 124   | 2,185                 | 257    | 364   | 3,160             | 372    | 527   |
| 14  | -                     | -      | -     | -                 | -      | -     | 2,214                 | 300    | 405   | 3,201             | 434    | 586   |
| 15  | -                     | -      | -     | -                 | -      | -     | -                     | 6      | 119   | -                 | 9      | 172   |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

De la tabla anterior se desprenden los valores más desfavorables de entrega de alimento y biomasa de cada ciclo. Los valores identificados de alimento entregado e incremento de biomasa son los utilizados en las evaluaciones de efectos, por ser la peor condición. Se entrega también la información de emisión mensual de los 4 ciclos.

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)  $F = I - A = I \times (1 - AE)$

**Respecto del tiempo de permanencia de los nutrientes aportados a la columna de agua**, se requiere para calcularlo de un complejo modelo biogeoquímico que permita incluir una gran cantidad de procesos tanto químicos como biológicos. Una modelación de este tipo fue desarrollada por la presente consultora en la simulación de las emisiones de compuestos orgánicos e inorgánicos de un ciclo productivo del centro de cultivo Isla Marta, en el contexto de una declaración de impacto ambiental (DIA). Como se puede observar en el informe de resultados, “Anexo 17\_Nutrientes en la Columna de Agua”<sup>11</sup>, página 35, las concentraciones más altas emitidas, que se encuentran dentro del centro o en su cercanía inmediata, generan una pluma en que las concentraciones decaen rápidamente, lo que está asociado a la dispersión, dilución y transformación biogeoquímica de esos compuestos orgánicos (lixiviados) e inorgánicos (nutrientes). Este decaimiento demora un máximo de 1,5 días hasta llegar a concentraciones cercanas a cero. **Es por este motivo que, para el análisis de efectos, la peor condición se concentra en el mes de máxima emisión, y**

<sup>11</sup> [https://seia.sea.gob.cl/elementosFisicos/enviados.php?id\\_documento=2162766950](https://seia.sea.gob.cl/elementosFisicos/enviados.php?id_documento=2162766950)



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

**no en la acumulación de meses previos.** Pese a lo indicado, se agrega también el análisis a nivel mensual.

## 2.2.1 Resultados


### Emisión de nutrientes acumulada en el ciclo completo

En las siguientes tablas se muestran los valores base de cálculo (Tabla N°7) y resultados (Tabla N°5) de las emisiones totales de los 4 ciclos.

**Tabla 7** Datos productivos de los ciclos completos, en toneladas por ciclo. Se detalla en toneladas peso seco (DW) los resultados de alimento no consumido (A), crecimiento (G) y alimento consumido (I). Valores totales de los 4 ciclos de cultivo.

|                                     | Ciclo RCA<br>2018 - 2019 | Ciclo 2018 -<br>2019 | Ciclo RCA<br>2021 - 2022 | Ciclo 2021 -<br>2022 | Ciclo sin<br>producción<br>2025 - 2027 |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--|
| Biomasa                             | 3,750.0                  | 4,022.4              | 3,750.0                  | 5,423.5              | -                                      |
| Alimento entregado                  | 4,299.6                  | 4,611.9              | 4,178.3                  | 6,042.9              | -                                      |
| Alimento consumido                  | 4,278.1                  | 4,588.8              | 4,157.4                  | 6,012.6              | -                                      |
| Alimento no consumido (A)           | 20.2                     | 21.7                 | 19.3                     | 27.9                 | -                                      |
| Crecimiento (G)                     | 1,256.3                  | 1,347.5              | 1,256.3                  | 1,816.9              | -                                      |
| Consumo de alimento (I)             | 4,021.4                  | 4,313.5              | 3,845.6                  | 5,561.7              | -                                      |
| Diferencial de biomasa producida    |                          | <b>272.4</b>         |                          | <b>1,673.5</b>       |  |
| Diferencial de alimento entregado   |                          | <b>312.3</b>         |                          | <b>1,864.6</b>       |  |
| Diferencial de alimento consumido   |                          | <b>310.7</b>         |                          | <b>1,855.3</b>       |  |
| Aporte combinado biomasa producida  |                          |                      |                          | <b>1,945.8</b>       | <b>-3,750.0</b>                        |
| Aporte combinado alimento entregado |                          |                      |                          | <b>2,176.9</b>       | <b>-4,178.3</b>                        |
| Aporte combinado alimento consumido |                          |                      |                          | <b>2,166.0</b>       | <b>-4,157.4</b>                        |

De la tabla anterior, se puede destacar que el aporte adicional del ciclo de sobreproducción 2018 – 2019, corresponde a 272.4 Ton de producción y 312.3 Ton de alimento, respecto


|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

de un ciclo equivalente con producción autorizada (Ciclo RCA 2018 – 2019). En cuanto al aporte adicional del ciclo 2021 – 2022, éste corresponde a 1,673.5 Ton de producción y 1,864.6 Ton de alimento respecto de un ciclo equivalente con producción autorizada (Ciclo RCA 2021 – 2022)

**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.**

**Tabla 8** Resultados del balance de masas. Se detallan la excreción de C, N y P mediante excreción y emisión de fecas a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO2 eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amonio (NH3) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO4 3-) por la orina. Valores en toneladas acumuladas de cada ciclo.

|                                     | Contenido<br>C, N, F | Abrev. | Ciclo RCA 2018 -<br>2019 |      | Ciclo 2018 - 2019 |      | aporte | Ciclo RCA 2021 - 2022 |      |         | Ciclo 2021 - 2022 |        | aporte   | aporte<br>combinado | Ciclo sin producción<br>2025 - 2027 |          |                | Aporte<br>favorable | Destino |
|-------------------------------------|----------------------|--------|--------------------------|------|-------------------|------|--------|-----------------------|------|---------|-------------------|--------|----------|---------------------|-------------------------------------|----------|----------------|---------------------|---------|
|                                     |                      |        | Ton                      | %    | Ton               | %    |        | Ton                   | Ton  | %       | Ton               | %      |          |                     | Ton                                 | Ton      | %              |                     |         |
| Alimento<br>entregado               | Carbono              |        | 2,263.3                  | 100% | 2,427.7           | 100% | 164.38 | 2,168.2               | 100% | 3,135.8 | 100%              | 967.59 | 1,131.97 | -                   | 0%                                  | -2,168.2 | ---            |                     |         |
|                                     | Nitrógeno            |        | 291.0                    | 100% | 312.1             | 100% | 21.13  | 278.3                 | 100% | 402.5   | 100%              | 124.18 | 145.32   | -                   | 0%                                  | -278.3   | ---            |                     |         |
|                                     | Fósforo              |        | 36.4                     | 100% | 39.0              | 100% | 2.64   | 34.8                  | 100% | 50.3    | 100%              | 15.52  | 18.16    | -                   | 0%                                  | -34.8    | ---            |                     |         |
| Biomasa                             | Carbono              |        | 628.1                    | 28%  | 673.7             | 28%  | 45.62  | 628.1                 | 29%  | 908.4   | 29%               | 280.31 | 325.93   | -                   | 0%                                  | -628.1   | ---            |                     |         |
|                                     | Nitrógeno            |        | 112.5                    | 39%  | 120.7             | 39%  | 8.17   | 112.5                 | 40%  | 162.7   | 40%               | 50.20  | 58.38    | -                   | 0%                                  | -112.5   | ---            |                     |         |
|                                     | Fósforo              |        | 15.0                     | 41%  | 16.1              | 41%  | 1.09   | 15.0                  | 43%  | 21.7    | 43%               | 6.69   | 7.78     | -                   | 0%                                  | -15.0    | ---            |                     |         |
| Excreción                           | Carbono              | CO2    | 1,173.5                  | 52%  | 1,258.7           | 52%  | 85.23  | 1,097.8               | 51%  | 1,587.7 | 51%               | 489.89 | 575.12   | -                   | 0%                                  | -1,097.8 | columna y atm. |                     |         |
|                                     | Nitrógeno            | DIN    | 133.6                    | 46%  | 143.3             | 46%  | 9.70   | 122.8                 | 44%  | 177.7   | 44%               | 54.82  | 64.53    | -                   | 0%                                  | -122.8   | columna        |                     |         |
|                                     | Fósforo              | DIP    | 3.1                      | 9%   | 3.3               | 9%   | 0.22   | 2.3                   | 7%   | 3.3     | 7%                | 1.03   | 1.25     | -                   | 0%                                  | -2.3     | columna        |                     |         |
| Alimento no<br>consumido +<br>fecas | Carbono              | POC    | 392.5                    | 17%  | 421.0             | 17%  | 28.50  | 376.0                 | 17%  | 543.7   | 17%               | 167.78 | 196.28   | -                   | 0%                                  | -376.0   | sedimento      |                     |         |
|                                     | Nitrógeno            | PON    | 38.2                     | 13%  | 40.9              | 13%  | 2.77   | 36.5                  | 13%  | 52.8    | 13%               | 16.28  | 19.05    | -                   | 0%                                  | -36.5    | sedimento      |                     |         |
|                                     | Fósforo              | POP    | 15.5                     | 43%  | 16.7              | 43%  | 1.13   | 14.9                  | 43%  | 21.5    | 43%               | 6.63   | 7.76     | -                   | 0%                                  | -14.9    | sedimento      |                     |         |
| Lixiviado de<br>fecas y<br>alimento | Carbono              | DOC    | 69.3                     | 3%   | 74.3              | 3%   | 5.03   | 66.3                  | 3%   | 96.0    | 3%                | 29.61  | 34.64    | -                   | 0%                                  | -66.3    | columna        |                     |         |
|                                     | Nitrógeno            | DON    | 6.7                      | 2%   | 7.2               | 2%   | 0.49   | 6.4                   | 2%   | 9.3     | 2%                | 2.87   | 3.36     | -                   | 0%                                  | -6.4     | columna        |                     |         |
|                                     | Fósforo              | DOP    | 2.7                      | 8%   | 2.9               | 8%   | 0.20   | 2.6                   | 8%   | 3.8     | 8%                | 1.17   | 1.37     | -                   | 0%                                  | -2.6     | columna        |                     |         |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

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 el 52% y el 51% del C es excretado como CO<sub>2</sub> durante la respiración de los peces, mientras que entre un 44% y un 46% del N es excretado como amonio (NH<sub>3</sub>) a través de las branquias (DIN) de éstos. En cuanto al fósforo, entre el 7% y el 10% es excretado como fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) a través de la orina (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.


**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, en todos los parámetros calculados en la tabla anterior.**

### **Máxima emisión mensual de nutrientes en la columna de agua**

Se muestran a continuación los datos correspondientes al mes de máxima emisión de nutrientes, la máxima entrega de alimento y el máximo incremento de biomasa (crecimiento) de cada uno de los ciclos. Ello teniendo en cuenta que éste es el peor escenario para el análisis de efectos.

**Tabla 9** Datos productivos del mes de máxima emisión, en toneladas mensuales. En el caso de los resultados de alimento no consumido (A), crecimiento (G) y alimento consumido (I), los valores son en toneladas peso seco (DW).

|                                    | Ciclo RCA<br>2018 - 2019 | Ciclo 2018 -<br>2019 | Ciclo RCA<br>2021 - 2022 | Ciclo 2021 -<br>2022 | Ciclo sin<br>producción<br>2025 - 2027 |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--|
| Biomasa                            | 505.5                    | 542.3                | 492.2                    | 711.9                | -                                      |
| Alimento entregado                 | 615.6                    | 660.4                | 535.5                    | 774.5                | -                                      |
| Alimento consumido                 | 612.6                    | 657.1                | 532.8                    | 770.6                | -                                      |
| Alimento no consumido (A)          | 2.9                      | 3.1                  | 2.5                      | 3.6                  | -                                      |
| Crecimiento (G)                    | 169.4                    | 181.7                | 164.9                    | 238.5                | -                                      |
| Consumo de alimento (I)            | 575.8                    | 617.6                | 492.8                    | 712.8                | -                                      |
| Diferencial de biomasa producida   |                          | <b>36.7</b>          |                          | <b>219.7</b>         |  |
| Diferencial de alimento entregado  |                          | <b>44.7</b>          |                          | <b>239.0</b>         |  |
| Diferencial de alimento consumido  |                          | <b>44.5</b>          |                          | <b>237.8</b>         |  |
| Aporte combinado biomasa producida |                          |                      |                          | <b>256.4</b>         | <b>-492.2</b>                          |


|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

|                                     |       |        |
|-------------------------------------|-------|--------|
| Aporte combinado alimento entregado | 283.7 | -535.5 |
| Aporte combinado alimento consumido | 282.3 | -532.8 |

**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 también en el mes de máxima emisión.**

**Tabla 10** Máxima emisión mensual. Se detallan los valores de excreción de C, N y P calculados a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO2 eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amonio (NH3) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO4 3-) por la orina. Valores en toneladas mensuales.

|                                     | Contenido<br>C, N, F | Abrev. | Ciclo RCA 2018 -<br>2019 |      | Ciclo 2018 - 2019 |      | aporte       | Ciclo RCA 2021 -<br>2022 |      | Ciclo 2021 - 2022 |      | aporte        | aporte<br>combinado | Ciclo sin<br>producción 2025 -<br>2027 |    | Aporte<br>favorable | Destino           |
|-------------------------------------|----------------------|--------|--------------------------|------|-------------------|------|--------------|--------------------------|------|-------------------|------|---------------|---------------------|--|----|---------------------|-------------------|
|                                     |                      |        | Ton                      | %    | Ton               | %    |              | Ton                      | %    | Ton               | %    |               |                     | Ton                                    | %  |                     |                   |
| Alimento<br>entregado               | Carbono              |        | 324.1                    | 100% | 347.6             | 100% | <b>23.54</b> | 277.9                    | 100% | 401.9             | 100% | <b>124.01</b> | <b>147.54</b>       | -                                      | 0% | <b>-277.9</b>       | ---               |
|                                     | Nitrógeno            |        | 41.7                     | 100% | 44.7              | 100% | <b>3.03</b>  | 35.7                     | 100% | 51.6              | 100% | <b>15.92</b>  | <b>18.94</b>        | -                                      | 0% | <b>-35.7</b>        | ---               |
|                                     | Fósforo              |        | 5.2                      | 100% | 5.6               | 100% | <b>0.38</b>  | 4.5                      | 100% | 6.4               | 100% | <b>1.99</b>   | <b>2.37</b>         | -                                      | 0% | <b>-4.5</b>         | ---               |
| Biomasa                             | Carbono              |        | 84.7                     | 26%  | 90.8              | 26%  | <b>6.15</b>  | 82.4                     | 30%  | 119.2             | 30%  | <b>36.79</b>  | <b>42.94</b>        | -                                      | 0% | <b>-82.4</b>        | ---               |
|                                     | Nitrógeno            |        | 15.2                     | 36%  | 16.3              | 36%  | <b>1.10</b>  | 14.8                     | 41%  | 21.4              | 41%  | <b>6.59</b>   | <b>7.69</b>         | -                                      | 0% | <b>-14.8</b>        | ---               |
|                                     | Fósforo              |        | 2.0                      | 39%  | 2.2               | 39%  | <b>0.15</b>  | 2.0                      | 44%  | 2.8               | 44%  | <b>0.88</b>   | <b>1.03</b>         | -                                      | 0% | <b>-2.0</b>         | ---               |
| Excreción                           | Carbono              | CO2    | 173.3                    | 53%  | 185.9             | 53%  | <b>12.59</b> | 138.7                    | 50%  | 200.7             | 50%  | <b>61.92</b>  | <b>74.50</b>        | -                                      | 0% | <b>-138.7</b>       | columna y<br>atm. |
|                                     | Nitrógeno            | DIN    | 20.1                     | 48%  | 21.5              | 48%  | <b>1.46</b>  | 15.4                     | 43%  | 22.3              | 43%  | <b>6.87</b>   | <b>8.33</b>         | -                                      | 0% | <b>-15.4</b>        | columna           |
|                                     | Fósforo              | DIP    | 0.6                      | 11%  | 0.6               | 11%  | <b>0.04</b>  | 0.2                      | 6%   | 0.4               | 6%   | <b>0.11</b>   | <b>0.15</b>         | -                                      | 0% | <b>-0.2</b>         | columna           |
| Alimento no<br>consumido<br>+ fecas | Carbono              | POC    | 56.2                     | 17%  | 60.3              | 17%  | <b>4.08</b>  | 48.2                     | 17%  | 69.7              | 17%  | <b>21.50</b>  | <b>25.58</b>        | -                                      | 0% | <b>-48.2</b>        | sedimento         |
|                                     | Nitrógeno            | PON    | 5.5                      | 13%  | 5.9               | 13%  | <b>0.40</b>  | 4.7                      | 13%  | 6.8               | 13%  | <b>2.09</b>   | <b>2.48</b>         | -                                      | 0% | <b>-4.7</b>         | sedimento         |
|                                     | Fósforo              | POP    | 2.2                      | 43%  | 2.4               | 43%  | <b>0.16</b>  | 1.9                      | 43%  | 2.8               | 43%  | <b>0.85</b>   | <b>1.01</b>         | -                                      | 0% | <b>-1.9</b>         | sedimento         |
| Lixiviado de<br>fecas y<br>alimento | Carbono              | DOC    | 9.9                      | 3%   | 10.6              | 3%   | <b>0.72</b>  | 8.5                      | 3%   | 12.3              | 3%   | <b>3.79</b>   | <b>4.51</b>         | -                                      | 0% | <b>-8.5</b>         | columna           |
|                                     | Nitrógeno            | DON    | 1.0                      | 2%   | 1.0               | 2%   | <b>0.07</b>  | 0.8                      | 2%   | 1.2               | 2%   | <b>0.37</b>   | <b>0.44</b>         | -                                      | 0% | <b>-0.8</b>         | columna           |
|                                     | Fósforo              | DOP    | 0.4                      | 8%   | 0.4               | 8%   | <b>0.03</b>  | 0.3                      | 8%   | 0.5               | 8%   | <b>0.15</b>   | <b>0.18</b>         | -                                      | 0% | <b>-0.3</b>         | columna           |

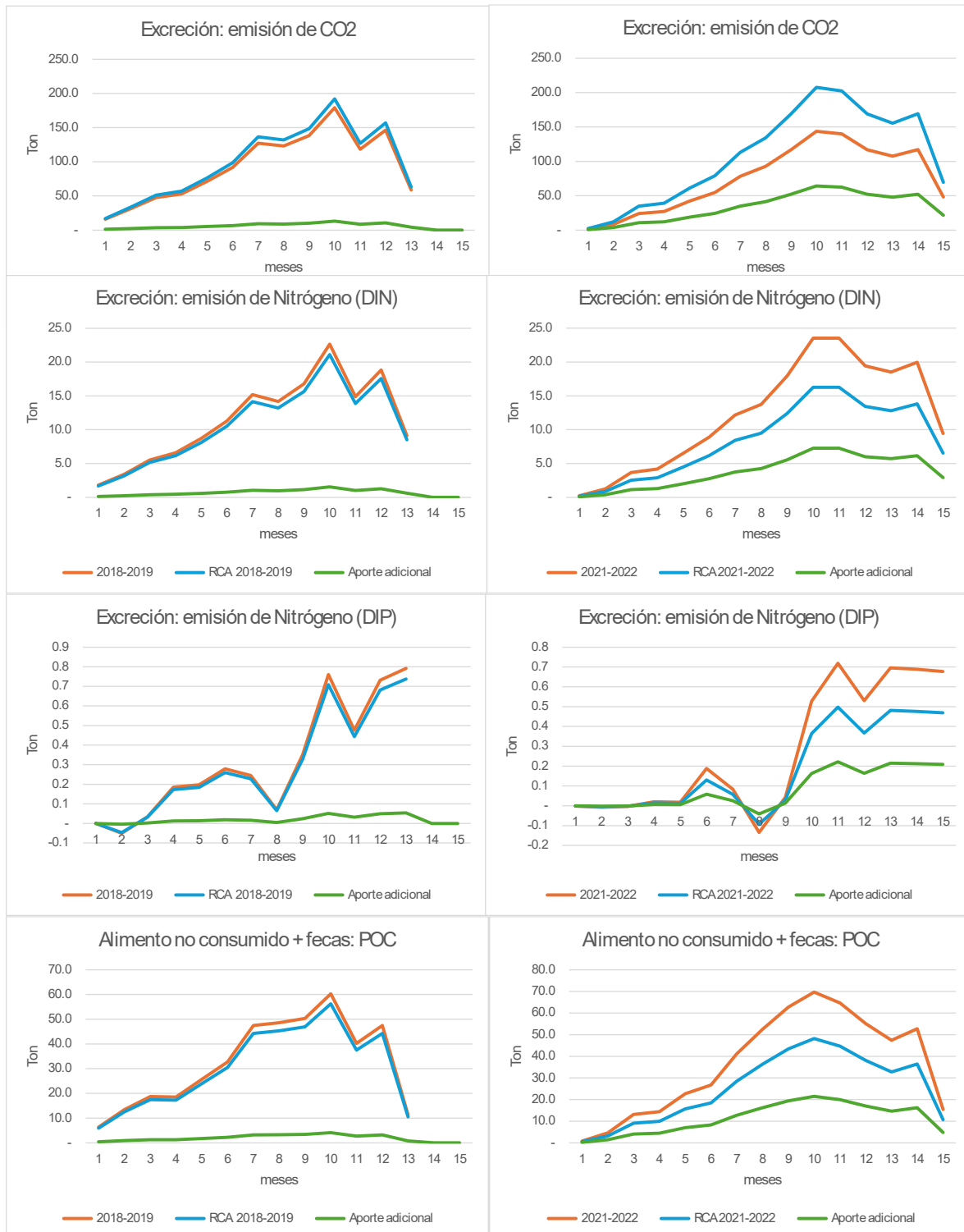
|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

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 50% y un 53% del C es excretado como CO<sub>2</sub> durante la respiración de los peces, mientras que entre un 43% y un 48% del N es excretado como amonio (NH<sub>3</sub>) a través de las branquias (DIN) de éstos. En cuanto al fósforo, entre un 6% y un 11% es excretado como fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) a través de la orina (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.

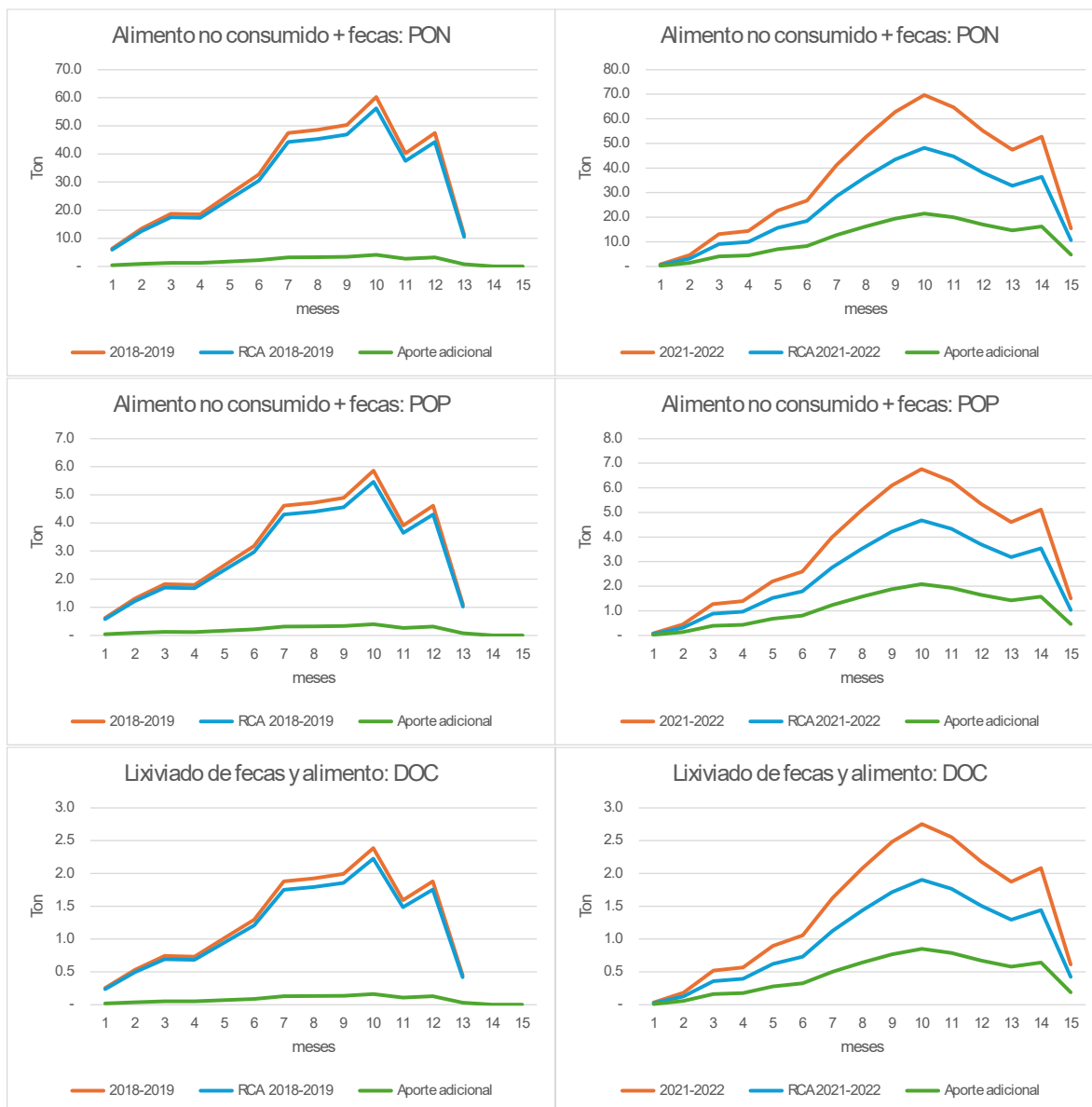
**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 en todos los parámetros calculados.**

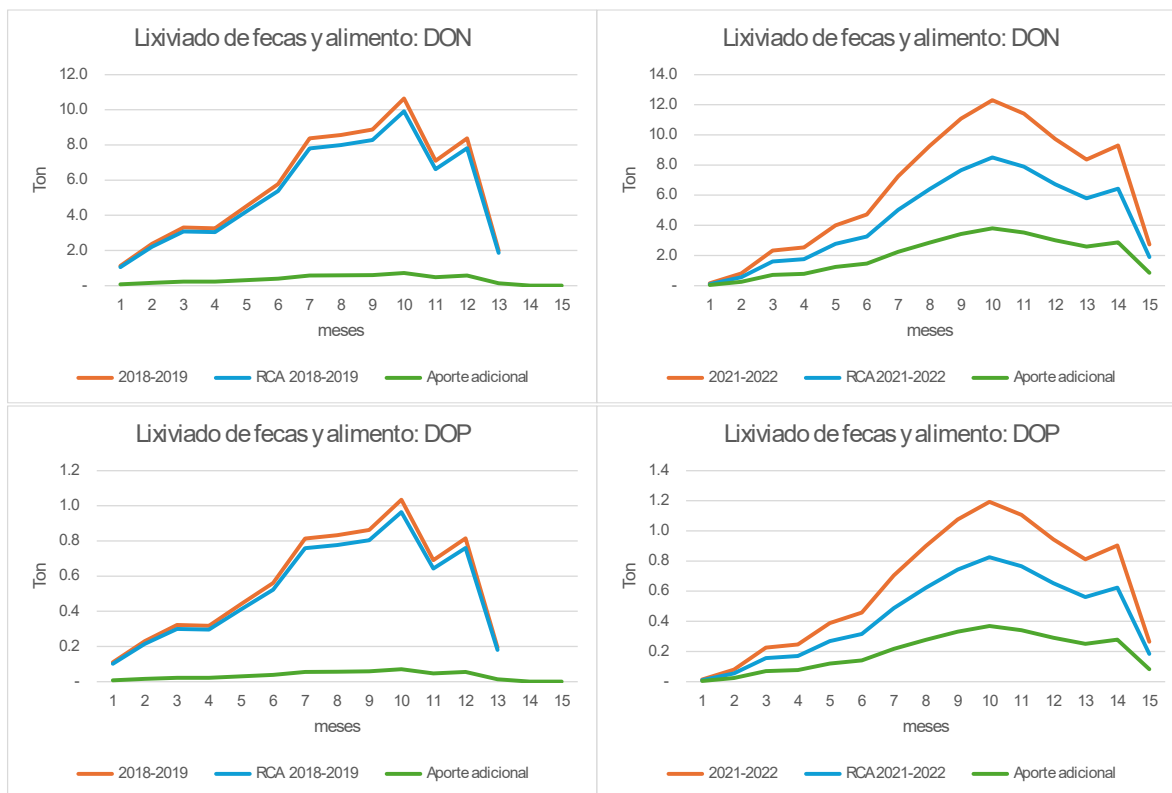
#### **Emisión mensual de nutrientes**

Se grafica a continuación la cuantificación mensual, en toneladas, de todas las emisiones resultantes de los balances de masas realizados para los 4 ciclos modelados.









**Figura 3** Gráficos de todas las emisiones mensuales, en toneladas, de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, con sus respectivos ciclos RCA equivalentes. Se grafican también los aportes adicionales. De arriba abajo, se cuantifican las excreciones de CO<sub>2</sub>, DIN y DIP, el material particulado del alimento no consumido y fecas: POC, PON, POP, y su lixiviado: DOC, DON, DOP.

Los valores resultantes de los balances de masas, utilizados para realizar las gráficas de la figura 3, se incluyen en el Anexo 7.

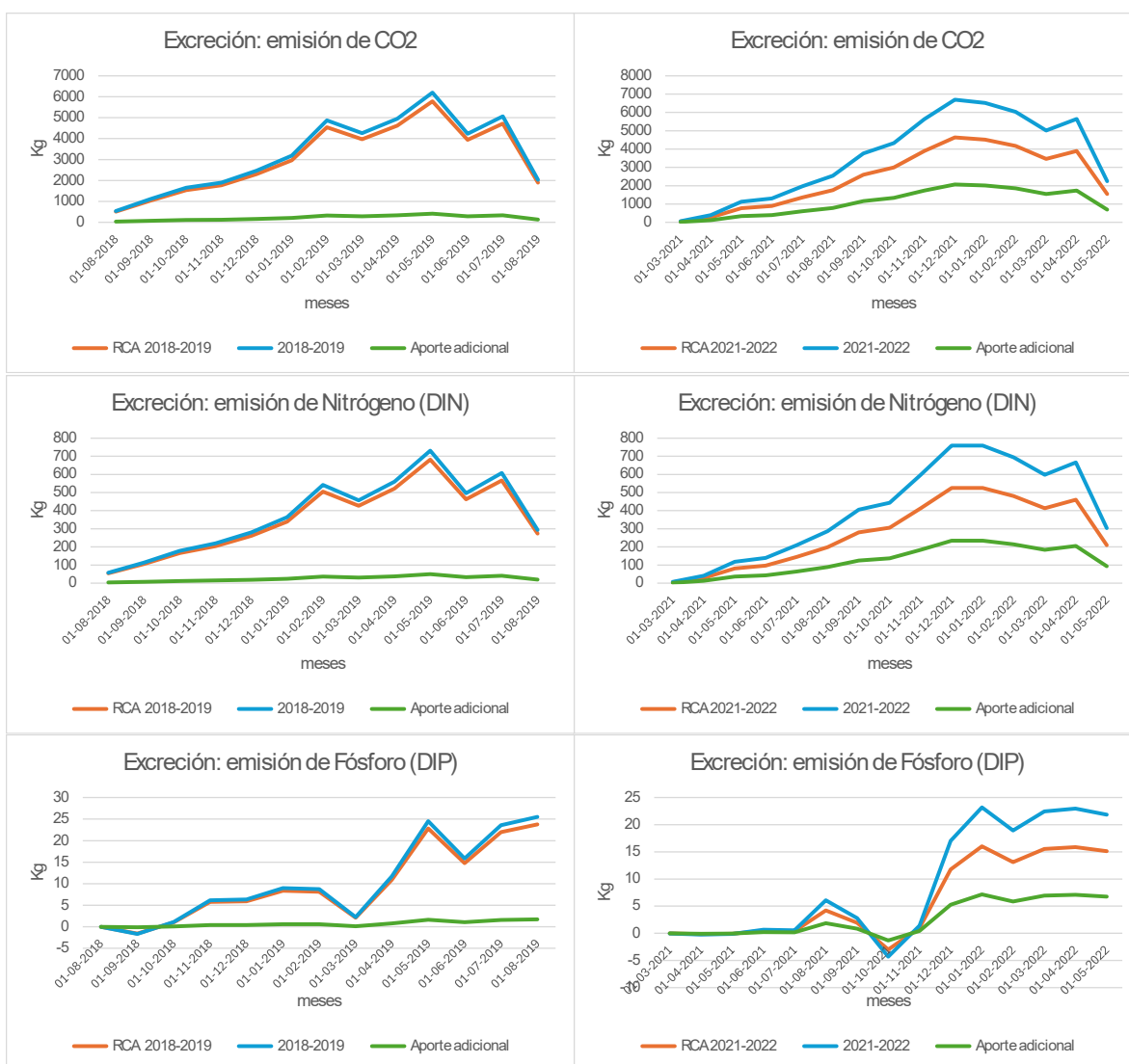
**Tabla 11** Resumen de los valores máximos y promedio, en toneladas mensuales, de las emisiones a nivel mensual de las excreciones de CO<sub>2</sub>, DIN y DIP, el material particulado del alimento no consumido y fecas: POC, PON, POP, y su lixiviado: DOC, DON, DOP.

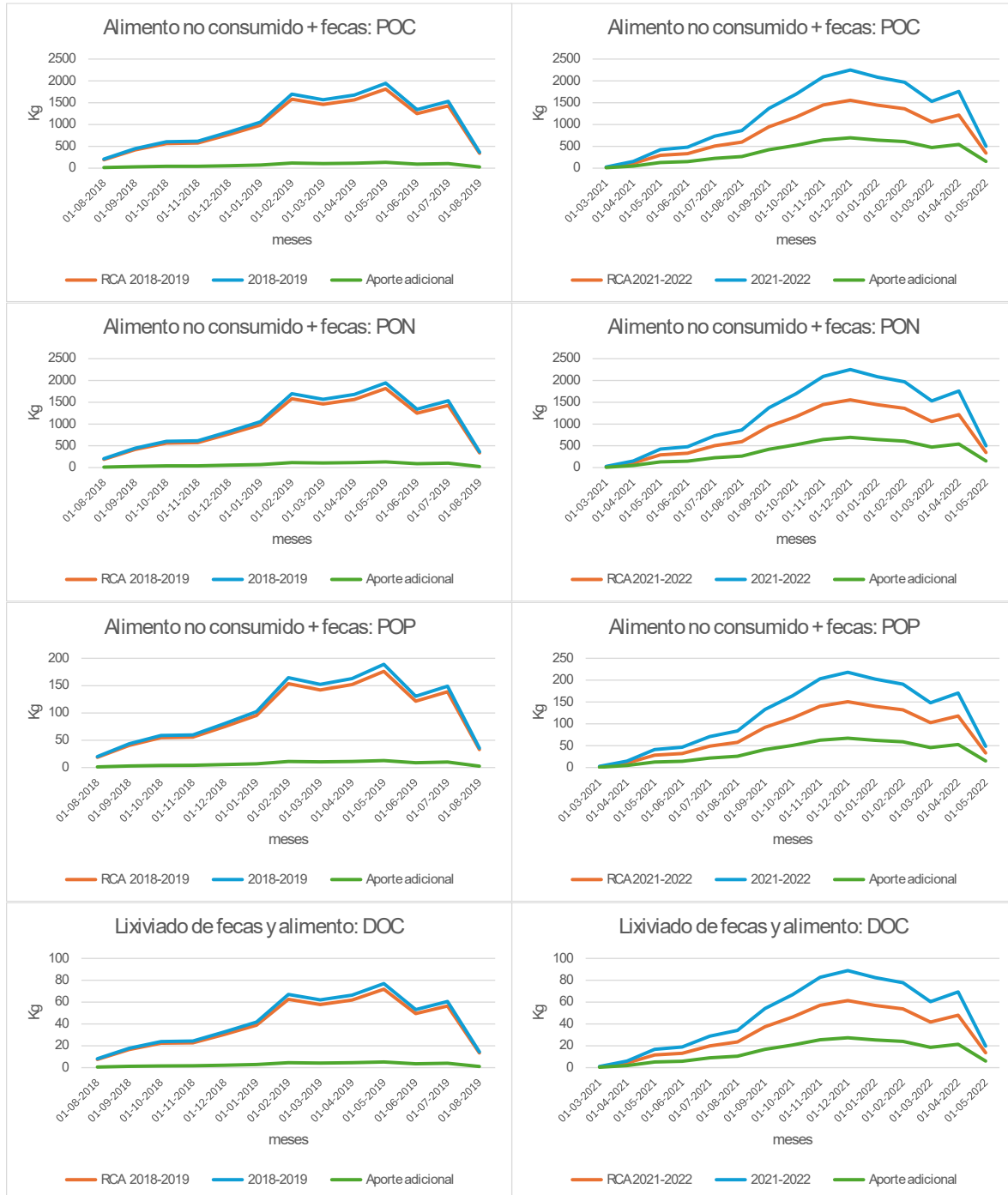
| Parámetro                             | Emisiones ciclo 2018 – 2019 |          | Emisiones ciclo 2021 – 2022 |          |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|
|                                       | Máximo                      | Promedio | Máximo                      | Promedio |
| Alimento no consumido + fecas: POC    | 60.3                        | 32.4     | 69.7                        | 36.2     |
| Alimento no consumido + fecas: PON    | 60.3                        | 32.4     | 69.7                        | 36.2     |
| Alimento no consumido + fecas: POP    | 5.9                         | 3.1      | 6.8                         | 3.5      |
| Excreción: emisión de CO <sub>2</sub> | 192.1                       | 99.2     | 207.7                       | 107.8    |
| Excreción: emisión de Fósforo (DIP)   | 0.8                         | 0.3      | 0.7                         | 0.3      |
| Excreción: emisión de Nitrógeno (DIN) | 22.7                        | 11.5     | 23.5                        | 12.2     |

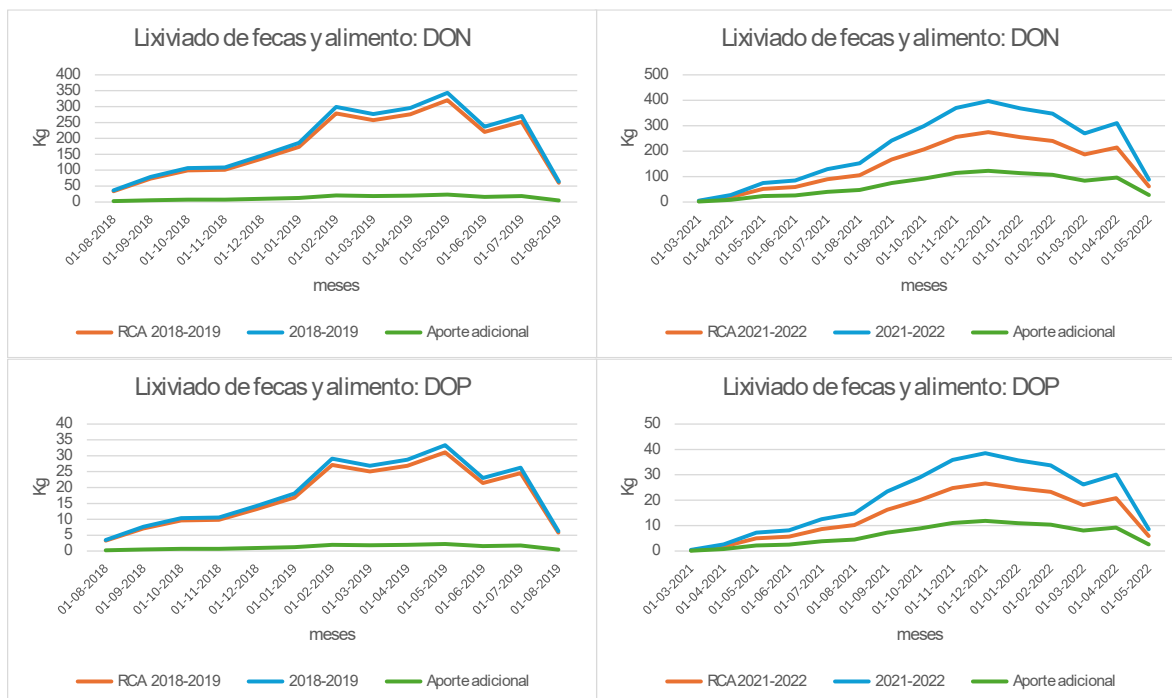
|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

|                                    |      |     |      |     |
|------------------------------------|------|-----|------|-----|
| Lixiviado de fecas y alimento: DOC | 2.4  | 1.3 | 2.8  | 1.4 |
| Lixiviado de fecas y alimento: DON | 10.6 | 5.7 | 12.3 | 6.4 |
| Lixiviado de fecas y alimento: DOP | 1.0  | 0.6 | 1.2  | 0.6 |

Se grafica a continuación la misma cuantificación mensual de emisión de nutrientes de los 4 ciclos, pero en esta ocasión en kg/mes, teniendo en cuenta el número real de días de cada mes.








**Figura 4** Gráficos de todas las emisiones mensuales, en kg / mes, de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, con sus respectivos ciclos RCA equivalentes. Se grafican también los aportes adicionales. De arriba abajo, se cuantifican las excreciones de CO<sub>2</sub>, DIN y DIP, el material particulado del alimento no consumido y fecas: POC, PON, POP, y su lixiviado: DOC, DON, DOP.

### Concentración de nutrientes en el mes de máxima emisión

A partir de los volúmenes totales de nutrientes emitidos a lo largo del mes de máxima emisión, se calcula a continuación la tasa de emisión de éstos, con el fin de obtener 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 (5 - 15 m de profundidad en este caso), la que es de 20.26 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

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

paralela a éste, se calcularon las concentraciones por unidad de volumen ( $\text{m}^3$ ) considerando que cada  $\text{m}^3$  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 en cada  $\text{m}^3$  antes de ser emitidos hacia el exterior del centro de cultivo. De esta manera, el agua que atraviesa el centro de cultivo capta la mayor concentración posible de nutrientes.


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 (20.26 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.

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

**Tabla 12** Cálculo de la tasa de emisión de nutrientes inorgánicos y orgánicos en la columna de agua en el mes de máxima emisión de nutrientes, utilizando para ello los valores de emisión mensual de DIN, DIP, DOC, DON y DOP de la Tabla 2. El aporte adicional corresponde a la diferencia entre la emisión del ciclo de sobreproducción con su respectivo ciclo de biomasa autorizada.

| Item   | Ciclo RCA<br>2018 - 2019 | Ciclo 2018 -<br>2019 | Aporte<br>adicional | Ciclo RCA<br>2021 - 2022 | Ciclo 2021 -<br>2022 | Aporte<br>adicional | aporte<br>combinado | Ciclo sin<br>producción<br>2025 - 2027 | Unidad      |
|--|--------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|-------------|
| Longitud tren de jaulas                            | 160                      | 160                  | -                   | 240                      | 240                  | -                   | -                   | -                                      | m           |
| Volumen centro                                     | 256,000                  | 256,000              | -                   | 384,000                  | 384,000              | -                   | -                   | -                                      | m³          |
| Velocidad promedio corriente<br>superficial        | 20.3                     | 20.26                | -                   | 20.26                    | 20.3                 | -                   | -                   | -                                      | cm / s      |
| Tiempo de recambio volumen de<br>un tren de jaulas | 13.2                     | 13.2                 | -                   | 19.7                     | 19.7                 | -                   | -                   | -                                      | minutos     |
| Flujo de emisión                                   | 19,446                   | 19,446               | -                   | 19,446                   | 19,446               | -                   | -                   | -                                      | m³ / min    |
| Emisión de N inorgánico disuelto                   | 23.90                    | 25.63                | <b>1.74</b>         | 18.33                    | 26.51                | <b>8.18</b>         | <b>9.91</b>         | <b>-18.33</b>                          | mg DIN / m³ |
| Emisión de P inorgánico disuelto                   | 0.68                     | 0.73                 | <b>0.05</b>         | 0.30                     | 0.43                 | <b>0.13</b>         | <b>0.18</b>         | <b>-0.30</b>                           | mg DIP / m³ |
| Emisión de C orgánico disuelto                     | 11.80                    | 12.66                | <b>0.86</b>         | 10.12                    | 14.64                | <b>4.52</b>         | <b>5.37</b>         | <b>-10.12</b>                          | mg DOC / m³ |
| Emisión de N orgánico disuelto                     | 1.15                     | 1.23                 | <b>0.08</b>         | 0.98                     | 1.42                 | <b>0.44</b>         | <b>0.52</b>         | <b>-0.98</b>                           | mg DON / m³ |
| Emisión de P orgánico disuelto                     | 0.47                     | 0.50                 | <b>0.03</b>         | 0.40                     | 0.58                 | <b>0.18</b>         | <b>0.21</b>         | <b>-0.40</b>                           | mg DOP / m³ |

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

El máximo aporte mensual 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°10 mediante masa total mensual y en la Tabla N°12 mediante concentración.

**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 en todos los parámetros calculados.**

## 2.3 Análisis del aporte adicional en el consumo de oxígeno

### 2.3.1 Consumo por parte de los nutrientes

Según lo indicado por Boyle, et.al., (© 2016–2021 Global Aquaculture Alliance<sup>12</sup>) 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 los alimentos y las heces no consumidas. Los animales de cultivo y los microorganismos también excretan amoníaco en el agua que es nitrificada a nitrato por ciertas bacterias.

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 (O<sub>2</sub>) es 32. Por lo tanto, se necesitan 2.67 (32/12) kg de oxígeno para oxidar un kilogramo de C orgánico.

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

<sup>12</sup> <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/understanding-oxygen-demand-aquafeeds>



|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |



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 amoníaco 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 ya calculados anteriormente, se calculan a continuación los respectivos consumos de oxígeno.

**Tabla 13** Se muestra la demanda potencial de oxígeno necesaria para oxidar totalmente el flujo de amonio a nitrito y de carbono orgánico a CO<sub>2</sub>, emitidos por el centro de cultivo en el mes de máxima emisión. Se indica como aporte adicional la diferencia en el consumo de oxígeno entre el ciclo de sobreproducción y el ciclo de biomasa autorizada.

|                          |  | Conc. punto de<br>emisión<br>mg/m³ | Demanda potencial<br>O <sub>2</sub><br>mg O <sub>2</sub> / l | Demanda total<br>mg O <sub>2</sub> / l |
|--------------------------|--|------------------------------------|--|--|
| Ciclo RCA 2018<br>- 2019 | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las<br>branquias (DIN) | 20.07                              | 0.109  | 0.194                                  |
|                          | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                                  | 11.8                               | 0.032  |  |
|                          | Carbono Orgánico particulado (POC)                               | 20.1                               | 0.054  |  |
| Ciclo 2018 -<br>2019     | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las<br>branquias (DIN) | 21.53                              | 0.117  | 0.208                                  |
|                          | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                                  | 12.7                               | 0.034  |  |
|                          | Carbono Orgánico particulado (POC)                               | 21.5                               | 0.057  |  |
| Aporte adicional         | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las<br>branquias (DIN) | 1.5                                | 0.008  | <b>0.014</b>                           |
|                          | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                                  | 0.9                                | 0.002  |  |
|                          | Carbono Orgánico particulado (POC)                               | 1.5                                | 0.004  |  |
| Ciclo RCA 2021<br>- 2022 | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las<br>branquias (DIN) | 15.40                              | 0.084  | 0.157                                  |
|                          | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                                  | 10.1                               | 0.027  |  |
|                          | Carbono Orgánico particulado (POC)                               | 17.2                               | 0.046  |  |
| Ciclo 2021 -<br>2022     | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las<br>branquias (DIN) | 22.27                              | 0.121  | 0.227                                  |
|                          | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                                  | 14.6                               | 0.039  |  |
|                          | Carbono Orgánico particulado (POC)                               | 24.9                               | 0.066  |  |
| Aporte adicional         | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las<br>branquias (DIN) | 6.9                                | 0.037  | <b>0.070</b>                           |
|                          | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                                  | 4.5                                | 0.012  |  |
|                          | Carbono Orgánico particulado (POC)                               | 7.7                                | 0.021  |  |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|                                  |  |        |        |               |
|----------------------------------|--|--------|--------|---------------|
| Aporte combinado                 | Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN) | 8.3    | 0.0    | <b>0.084</b>  |
|                                  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                  | 5.4    | 0.0    |               |
|                                  | Carbono Orgánico particulado (POC)               | 9.1    | 0.0    |               |
| Ciclo sin producción 2025 - 2027 | Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN) | 0      | 0      | 0.000         |
|                                  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                  | 0      | 0      |               |
|                                  | Carbono Orgánico particulado (POC)               | 0      | 0      |               |
| Aporte favorable                 | Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN) | -15.40 | -0.084 | <b>-0.157</b> |
|                                  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                  | -10.1  | -0.027 |               |
|                                  | Carbono Orgánico particulado (POC)               | -17.2  | -0.046 |               |

Cabe destacar que la demanda potencial total de oxígeno para la degradación de los nutrientes aportados adicionalmente a la columna de agua es mínima, siendo en el ciclo 2018 – 2019 de 0.014 mg O<sub>2</sub>/l, mientras que en el ciclo 2021 – 2022 es de 0.070 mg O<sub>2</sub>/l.

**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 en todos los parámetros calculados.**

Se utilizan a continuación las constantes de degradación indicadas en la siguiente tabla para el cálculo de la demanda diaria de oxígeno y tiempos requeridos para la oxidación total del amonio y carbono orgánico emitidos por el centro, en el mes de máxima emisión de nutrientes.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

**Tabla 14** Demanda diaria de O<sub>2</sub> para cada componente demanda total diaria por litro. Se utiliza la tasa de difusión de oxígeno atmosférico al agua de mar de 2.4 mg O<sub>2</sub>/l/día, calculada por Waldichuk, M, 1975<sup>13</sup> para estimar el tiempo de recuperación del oxígeno utilizado en la degradación del amonio y el carbono orgánico. Los valores de aporte adicional corresponden a la diferencia entre los valores del ciclo de sobreproducción y el ciclo de biomasa autorizada. Constantes de degradación: amonio, 1.267 mg/m<sup>3</sup>/día (Kitidis, et.al., 2011); DOC y POC, 0.15 K / día (Avimelech, et.al., 1995).

|  |   | Demanda diaria<br>de O <sub>2</sub><br><br>mg O <sub>2</sub> /l/día | Demanda total<br>diaria<br><br>mg O <sub>2</sub> /l/día | Tiempo de<br>recuperación<br><br>minutos |
|--|---|---|---|--|
| Ciclo RCA<br>2018 - 2019               | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058  | 0.0186  | 11.133                                   |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0047  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0080  |   |  |
| Ciclo 2018 -<br>2019                   | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058  | 0.0195  | 11.690                                   |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0051  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0086  |   |  |
| Aporte<br>adicional                    | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058  | <b>0.0009</b>   | <b>0.556</b>                             |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0051  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0086  |   |  |
| Ciclo RCA<br>2021 - 2022               | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058  | 0.0167  | 10.042                                   |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0041  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0069  |   |  |
| Ciclo 2021 -<br>2022                   | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058  | 0.0216  | 12.972                                   |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0059  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0100  |   |  |
| Aporte<br>adicional                    | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058  | <b>0.0049</b>   | <b>2.931</b>                             |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0051  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0086  |   |  |
| Aporte<br>combinado                    | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058  | <b>0.0058</b>   | <b>3.4869</b>                            |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0051  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0086  |   |  |
| Ciclo sin<br>producción<br>2025 - 2027 | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0000  | 0.0000  | 0.000                                    |
|  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0000  |   |  |
|  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0000  |   |  |

<sup>13</sup> Waldichuk, M. Diffusion of oxygen into still sea water. OCEAN 75 Conference, 1975, pp. 907-912

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|                  |   |        |         |         |
|------------------|---|--------|---------|---------|
| Aporte favorable | Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) excretado por las branquias (DIN) | 0.0058 | -0.0167 | -10.042 |
|                  | Carbono Orgánico Disuelto (DOC)                               | 0.0051 |         |         |
|                  | Carbono Orgánico particulado (POC)                            | 0.0086 |         |         |

Los cálculos realizados en el mes de máxima emisión permiten de forma aproximada establecer que la suma de aportes adicionales de amonio y carbono de los ciclos de sobreproducción generan una demanda de oxígeno muy baja, con un valor de 0.0009 y 0.0049 mg O<sub>2</sub>/l/día en los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respectivamente. Se trata de una demanda adicional diaria 4 órdenes de magnitud inferior 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.

**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 en todos los parámetros calculados.**

### 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., 1993<sup>14</sup>, 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)

Para el cálculo de consumo de oxígeno por parte de la biomasa en cultivo, se utilizó la biomasa presente en el mes de máxima biomasa del centro en cada ciclo (ver Tabla N°6).

<sup>14</sup> 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.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

**Tabla 15** A partir de la ecuación de consumo de oxígeno del salmón, se calcula el consumo de oxígeno por litro, teniendo en cuenta para ello el mes de máximo flujo de emisión del centro (ver Tabla N°6). Finalmente se calcula 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, 197

|  |              | Ciclo<br>RCA<br>2018 -<br>2019 | Ciclo<br>2018 -<br>2019 | Aporte<br>adicional | Ciclo<br>RCA<br>2021 -<br>2022 | Ciclo<br>2021 -<br>2022 | Aporte<br>adicional | aporte<br>combinado | Ciclo sin<br>producción 2025 -<br>2027 |
|--|--------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--|
| Peso promedio                                | gr           | 5002                           | 5002                    | -                   | 5606                           | 5606                    | -                   | -                   | 0                                      |
| Máxima biomasa mensual                       | Ton          | 2752                           | 2951                    | -                   | 3143                           | 4546                    | -                   | -                   | 0                                      |
| Velocidad promedio corriente                 | cm/s         | 20.26                          | 20.26                   | -                   | 20.26                          | 20.26                   | -                   | -                   | 20.26                                  |
| Temperatura promedio                         | °C           | 11.5                           | 11.5                    | -                   | 11.5                           | 11.5                    | -                   | -                   | 11.5                                   |
| Tasa Consumo de oxígeno /<br>kg de pez / min | mg O2/Kg/min | 1.11                           | 1.11                    | -                   | 1.08                           | 1.08                    | -                   | -                   | 0.00                                   |
| Densidad cultivo                             | Kg/m³        | 10.7                           | 11.5                    | -                   | 12.3                           | 17.8                    | -                   | -                   | 0.0                                    |
| Tasa de consumo por m³                       | mg O2/m³/min | 12.0                           | 12.8                    | <b>0.87</b>         | 13.2                           | 19.1                    | <b>5.89</b>         | <b>6.76</b>         | <b>-13.2</b>                           |
| Consumo O2 / l                               | mg O2/l      | 0.16                           | 0.17                    | <b>0.01</b>         | 0.17                           | 0.25                    | <b>0.08</b>         | <b>0.09</b>         | <b>-0.2</b>                            |
| Tiempo de recuperación                       | horas        | 1.6                            | 1.7                     | <b>0.11</b>         | 1.7                            | 2.5                     | <b>0.78</b>         | <b>0.89</b>         | <b>-1.7</b>                            |

Las tasas de consumo de oxígeno por unidad de volumen (mg O2/l) son altamente dependientes del tamaño de los peces y 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 aporte adicional por parte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 sobre la columna de agua, es de 0.01 y 0.08 mg O2/l respectivamente, lo que conlleva un tiempo de recuperación teórico de 0.11 y 0.78 horas respectivamente.

**En cuanto al ciclo sin producción 2025 – 2027, se puede destacar que éste compensa adecuadamente el aporte combinado de consumo de oxígeno de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.**

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 realizados son 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.

## 2.4 Análisis de efectos en la columna de agua sobre otros componentes ambientales

Se analizan a continuación los nutrientes emitidos a la columna de agua, en relación con su efecto potencial de acumulación y su efecto potencial sobre la biota.

**Tabla 16** Máxima emisión mensual de nutrientes, en toneladas. A partir de la Tabla N°10, se detallan las emisiones de C, N y P mediante excreción y emisión de fecas a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO<sub>2</sub> eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amonio (NH<sub>3</sub>) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO<sub>4</sub> 3-) por la orina. Se incluye el aporte adicional, calculado a partir de la diferencia en el aporte de cada ciclo de sobreproducción y el ciclo de biomasa autorizada correspondiente.

| Contenido C, N, F<br><br>Abrev.           |            | Excreción                         |                |                |
|---|------------|-----------------------------------|----------------|----------------|
|   |            | Carbono                           | Nitrógeno      | Fósforo        |
|   |            | CO <sub>2</sub><br>columna y atm. | DIN<br>columna | DIP<br>columna |
| Ciclo RCA 2018 - 2019                     | Ton        | 173.3                             | 20.1           | 0.6            |
|   | %          | 53%                               | 48%            | 10.9%          |
| Ciclo 2018 - 2019                         | Ton        | 185.9                             | 21.5           | 0.6            |
|   | %          | 53%                               | 48%            | 10.9%          |
| <b>Aporte adicional Ciclo 2018 - 2019</b> | <b>Ton</b> | <b>12.6</b>                       | <b>1.5</b>     | <b>0.0</b>     |
| Ciclo RCA 2021 - 2022                     | Ton        | 138.7                             | 15.4           | 0.2            |
|   | %          | 50%                               | 43%            | 5.6%           |
| Ciclo 2021 - 2022                         | Ton        | 200.7                             | 22.3           | 0.4            |
|   | %          | 50%                               | 43%            | 5.6%           |
| <b>Aporte adicional Ciclo 2021 - 2022</b> | <b>Ton</b> | <b>61.9</b>                       | <b>6.9</b>     | <b>0.1</b>     |
| <b>Aporte combinado</b>                   | <b>Ton</b> | <b>74.5</b>                       | <b>8.3</b>     | <b>0.2</b>     |
| Ciclo sin producción 2025 - 2027          | Ton        | 0                                 | 0              | 0              |
| <b>Aporte favorable</b>                   | <b>Ton</b> | <b>-138.7</b>                     | <b>-15.4</b>   | <b>-0.2</b>    |

**Cabe destacar que el cálculo de aporte favorable por parte del ciclo sin producción 2025 – 2027 compensa ampliamente el aporte adicional combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.**

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

Los aportes de nutrientes detallados en la tabla anterior serán utilizados a continuación para el balance productivo de macroalgas y microalgas.

**Tabla 17** Valores promedio de los análisis de nutrientes en la columna de agua superficial, obtenidos los muestreos de Cruceros CIMAR 10, en estaciones cercanas al centro Quicavi: estaciones 15<sup>15</sup>, 21<sup>16</sup> y 24<sup>17</sup>.

| Muestreo                  | Profundidad (m) | Fosfato (µM) | Nitrato (µM) |
|---------------------------|-----------------|--------------|--------------|
| Estación 24, (31/08/2004) | 0.0             | 1.7          | 22.2         |
|                           | 5.0             | 1.7          | 22.0         |
|                           | 10.0            | 1.7          | 22.1         |
|                           | 25.0            | 1.8          | 22.0         |
| Estación 21, (30/08/2004) | 0.0             | 1.7          | 21.6         |
|                           | 5.0             | 1.7          | 21.5         |
|                           | 10.0            | 1.7          | 21.6         |
|                           | 25.0            | 1.7          | 21.7         |
| Estación 15, (31/08/04)   | 0.0             | 1.0          | 13.0         |
|                           | 5.0             | 1.2          | 14.0         |
|                           | 10.0            | 1.3          | 15.4         |
|                           | 25.0            | 1.6          | 18.6         |
| <b>Promedio</b>           |                 | <b>1.56</b>  | <b>19.64</b> |


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 anterior, se desprenden los siguientes valores:

- Suma de los promedios de Nitrito, Nitrato y Amonio = DIN = 1.56 µM = **149.3 mg/m<sup>3</sup>**
- Fosfato = DIP = 19.64 µM = **1,217.7 mg/m<sup>3</sup>**.

<sup>15</sup> <https://cendhoc.shoa.cl/assets/cimares/cimar10.php>

<sup>16</sup> <https://cendhoc.shoa.cl/assets/cimares/cimar10.php>

<sup>17</sup> <https://cendhoc.shoa.cl/assets/productos/cimar-10/datos/silvaagua/Primera-Parte/Tabla%2024.html>

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

**Tabla 18** Máxima emisión mensual de nutrientes, en mg / m<sup>3</sup>. Comparación entre los flujos de DIN y DIP emitidos por el centro de cultivo con la concentración natural del sector.

|  | Emisión de nitrógeno inorgánico<br>disuelto (DIN) | Emisión de fósforo inorgánico<br>disuelto (DIP) |
|--|---|---|
| <b>Concentraciones naturales</b>         | <b>1,217.7</b>                                    | <b>149.3</b>                                    |
| Ciclo RCA 2018 - 2019                    | 23.90   | 0.68  |
| Ciclo 2018 - 2019                        | 25.63   | 0.73  |
| Aporte adicional                         | <b>1.74</b>                                       | <b>0.05</b>                                     |
| Aporte adicional / concentración natural | <b>0.143%</b>                                     | <b>0.033%</b>                                   |
| Ciclo RCA 2021 - 2022                    | 18.33   | 0.30  |
| Ciclo 2021 - 2022                        | 26.51   | 0.43  |
| Aporte adicional                         | <b>8.18</b>                                       | <b>0.13</b>                                     |
| Aporte adicional / concentración natural | <b>0.672%</b>                                     | <b>0.089%</b>                                   |

Por lo tanto, el aporte adicional de nutrientes inorgánicos DIN y DIP en el mes de máxima emisión de nutrientes y en la zona más cercana al centro, antes de que se produzca dispersión y dilución alguna, corresponden a concentraciones de DIN de 1.74 y 8.18 mg / m<sup>3</sup>, y de DIP de 0.05 y 0.13 mg / m<sup>3</sup> en los ciclos 2018 y 2021 respectivamente. Al comparar estas concentraciones con las concentraciones naturales del sector, obtenemos que el DIN emitido por los ciclos 2018 y 2021 representa apenas el 0.143% y el 0.672% de las concentraciones naturales del sector respectivamente, mientras que el DIP representa el 0.033% y el 0.089% respectivamente. Se trata por lo tanto de una fracción menor, 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.

**Adicionalmente, cabe destacar que el cálculo de aporte favorable por parte del ciclo sin producción 2025 – 2027 compensa ampliamente el aporte adicional combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.**

Teniendo en cuenta el bajo aporte relativo de nutrientes al medio, se evalúa a continuación la posible incidencia sobre el crecimiento de macroalgas, microalgas y otros organismos.

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



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

mayoría de los ambientes marinos del mundo (Troell et al. 2009<sup>18</sup>, á Norði et al. 2011<sup>19</sup>). 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. 2006<sup>20</sup>) 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 potencialmente producto del ciclo de sobreproducción.


**Tabla 19** A partir de la emisión de DIN en el mes de máxima emisión, se calcula el potencial crecimiento de macroalgas asumiendo un 20% de asimilación, 4.2% de nitrógeno peso seco y 15% de humedad.

|                         | Proceso                          | Cálculo   | Resultado     | Unidad           |
|-------------------------|----------------------------------|---|---------------|------------------|
| Ciclo RCA 2018 - 2019   | DIN consumido por macroalgas     | DIN x 20%   | 4.0           | Ton / mes        |
|                         | Biomasa generada peso seco (BPS) | DIN consumido / 4.2%  | 95.6          | Ton / mes        |
|                         | Biomasa peso húmedo (BPH)        | BPS / 15%   | 637.3         | Ton / mes        |
| Ciclo 2018 - 2019       | DIN consumido por macroalgas     | DIN x 20%   | 4.31          | Ton / mes        |
|                         | Biomasa generada peso seco (BPS) | DIN consumido / 4.2%  | 102.5         | Ton / mes        |
|                         | Biomasa peso húmedo (BPH)        | BPS / 15%   | 683.5         | Ton / mes        |
| <b>Aporte adicional</b> | <b>Biomasa peso húmedo</b>       | <b>(BPH ciclo de sobreproducción) – (BPH ciclo biomassa autorizada)</b> | <b>46.28</b>  | <b>Ton / mes</b> |
| Ciclo RCA 2021 - 2022   | DIN consumido por macroalgas     | DIN x 20%   | 3.1           | Ton / mes        |
|                         | Biomasa generada peso seco (BPS) | DIN consumido / 4.2%  | 73.3          | Ton / mes        |
|                         | Biomasa peso húmedo (BPH)        | BPS / 15%   | 488.8         | Ton / mes        |
| Ciclo 2021 - 2022       | DIN consumido por macroalgas     | DIN x 20%   | 4.45          | Ton / mes        |
|                         | Biomasa generada peso seco (BPS) | DIN consumido / 4.2%  | 106.0         | Ton / mes        |
|                         | Biomasa peso húmedo (BPH)        | BPS / 15%   | 706.9         | Ton / mes        |
| <b>Aporte adicional</b> | <b>Biomasa peso húmedo</b>       | <b>(BPH ciclo de sobreproducción) –</b>                                 | <b>218.11</b> | <b>Ton / mes</b> |

<sup>18</sup> 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

<sup>19</sup> 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

<sup>20</sup> 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

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

|                                     |                                  | (BPH ciclo biomassa autorizada)                                  |         |           |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|---------|-----------|
| Aporte combinado                    | Biomasa peso húmedo              | (BPH ciclo de sobreproducción) – (BPH ciclo biomassa autorizada) | 264.39  | Ton / mes |
| Ciclo sin producción<br>2025 - 2027 | DIN consumido por macroalgas     | DIN x 20%  | -       | Ton / mes |
|                                     | Biomasa generada peso seco (BPS) | DIN consumido / 4.2%   | -       | Ton / mes |
|                                     | Biomasa peso húmedo (BPH)        | BPS / 15%  | -       | Ton / mes |
| Aporte favorable                    | Biomasa peso húmedo              | (BPH ciclo de sobreproducción) – (BPH ciclo biomassa autorizada) | -488.75 | Ton / mes |

A partir de los cálculos desarrollados en la tabla anterior, se puede inferir que, en el mes de máxima emisión de nutrientes, el aporte adicional de nitrógeno inorgánico (DIN) pudo haber significado el crecimiento de 46.28 Ton. de macroalgas en el ciclo 2018 y de 218.11 Ton de macroalgas, en el ciclo 2021, en relación con lo aportado por el ciclo con biomasa autorizada respectiva.


**También cabe destacar que el cálculo de aporte favorable por parte del ciclo sin producción 2025 – 2027 compensa ampliamente el aporte adicional combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.**

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. 2007<sup>21</sup>, Olsen et al. 2007<sup>22</sup>, 2011<sup>23</sup>). 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 incorporada a la biomasa fitoplanctónica, el incremento diferencial fitoplanctónico es calculado en la siguiente tabla, donde se resumen los resultados de la potencial producción

<sup>21</sup> 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

<sup>22</sup> 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

<sup>23</sup> 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

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |


fitoplanctónica, en el mes de máxima emisión, producto de cada ciclo productivo modelado, así como de su eventual desarrollo adicional producto del aporte adicional de nutrientes.

**Tabla 20** Se detalla el potencial crecimiento de macroalgas y fitoplanctónico resultante de las concentraciones totales de DIN emitidas en el mes de máxima emisión por los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 y los ciclos de biomasa autorizada respectivos. Unidades en Toneladas/mes. BPH = biomasa peso húmedo; BPS = biomasa peso seco.

|                                  | Emisión DIN<br>(Ton/mes) | DIN utilizado<br>por macroalgas<br>(Ton) | producción<br>macroalgas<br>(peso húmedo)<br>(Ton) | DIN utilizado<br>por fitoplancton<br>(Ton) | producción<br>fitoplancton<br>(peso húmedo)<br>(Ton) |
|----------------------------------|--------------------------|--|--|--|--|
| Ciclo RCA 2018 - 2019            | 20.07                    | 4.01                                     | 637.26   | 16.06                                      | 32.12  |
| Ciclo 2018 - 2019                | 21.53                    | 4.31                                     | 683.54   | 17.23                                      | 34.45  |
| <b>Aporte adicional</b>          | <b>1.46</b>              | <b>0.29</b>                              | <b>46.28</b>                                       | <b>1.17</b>                                | <b>2.33</b>  |
| Ciclo RCA 2021 - 2022            | 15.40                    | 3.08                                     | 488.75   | 12.32                                      | 24.63  |
| Ciclo 2021 - 2022                | 22.27                    | 4.45                                     | 706.86   | 17.81                                      | 35.63  |
| <b>Aporte adicional</b>          | <b>6.87</b>              | <b>1.37</b>                              | <b>218.11</b>                                      | <b>5.50</b>                                | <b>10.99</b>   |
| <b>Aporte combinado</b>          | <b>8.33</b>              | <b>1.67</b>                              | <b>264.39</b>                                      | <b>6.66</b>                                | <b>13.33</b>   |
| Ciclo sin producción 2025 - 2027 | 0                        | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <b>Aporte favorable</b>          | <b>-15.40</b>            | <b>-3.08</b>                             | <b>-488.75</b>                                     | <b>-12.32</b>                              | <b>-24.63</b>  |

Se puede inferir que, en el mes de máxima entrega de alimento de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, la emisión adicional de nitrógeno inorgánico adicional (DIN) pudo haber significado el crecimiento de 2.33 Ton y 10.99 Ton de fitoplancton respectivamente, lo que significa un adicional del 6.8% y del 30.9% de lo aportado por el ciclo con biomasa autorizada respectivo. El crecimiento adicional indicado, sin embargo, no implica necesariamente un efecto de acumulación de nutrientes en la columna de agua, principalmente por los siguientes motivos:

1. **Dilución:** el DIN aportado 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 los ciclos de sobreproducción representa

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

apenas un 0,143% y un 0.672% de la concentración natural, en el momento de su máxima concentración y a 0 m de distancia del tren de jaulas, por lo que representa un aporte mínimo en relación con la concentración natural existente. Además, esta concentración se diluirá con rapidez según lo indicado anteriormente.

**El ciclo sin producción 2025 – 2027 permite hacerse cargo ampliamente del aporte adicional combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.**

Por último, es importante mencionar que Gianella et.al., 2023, encontraron ausencia de correlación significativa entre la biomasa de los centros de salmón 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 recambio de agua permite la dilución efectiva de los nutrientes; argumento que se encuentra alineado con lo expuesto anteriormente en este documento.

A continuación, se muestran los valores totales de nutrientes, aportados durante los ciclos completos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, y los balances calculando el potencial crecimiento teórico de macroalgas y fitoplancton.

**Tabla 21** Se detalla el potencial crecimiento de macroalgas y fitoplanctónico resultante de las concentraciones totales de DIN emitidas en el período productivo completo por parte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 y los ciclos de biomasa autorizada respectivos. Unidades en Toneladas/mes. BPH = biomasa peso húmedo; BPS = biomasa peso seco.

|                       | Emisión DIN | DIN utilizado por macroalgas | producción macroalgas (BPH) | DIN utilizado por fitoplancton | producción fitoplancton (BPH) |
|-----------------------|-------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Ciclo RCA 2018 - 2019 | 133.6       | 26.7                         | 4,241.6                     | 106.9                          | 213.8                         |
| Ciclo 2018 - 2019     | 143.3       | 28.7                         | 4,549.6                     | 114.7                          | 229.3                         |
| Aporte adicional      | 9.7         | 1.9                          | 308.1                       | 7.8                            | 15.5                          |
| Ciclo RCA 2021 - 2022 | 122.8       | 24.6                         | 3,900.0                     | 98.3                           | 196.6                         |
| Ciclo 2021 - 2022     | 177.7       | 35.5                         | 5,640.4                     | 142.1                          | 284.3                         |
| Aporte adicional      | 54.8        | 11.0                         | 1,740.4                     | 43.9                           | 87.7                          |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|                                  |                |               |                  |               |                |
|----------------------------------|----------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| <b>Aporte combinado</b>          | <b>64.53</b>   | <b>12.91</b>  | <b>2,048.46</b>  | <b>51.62</b>  | <b>103.24</b>  |
| Ciclo sin producción 2025 - 2027 | 0              | 0             | 0                | 0             | 0              |
| <b>Aporte favorable</b>          | <b>-122.85</b> | <b>-24.57</b> | <b>-3,899.96</b> | <b>-98.28</b> | <b>-196.56</b> |

Respecto de los valores acumulados, el crecimiento potencial adicional de macroalgas a lo largo de los ciclos productivos completos, producto del aporte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, correspondería a un total de 308.1 y 1,740.4 toneladas peso húmedo respectivamente, mientras que en el caso del fitoplancton el crecimiento potencial adicional sería de 15.5 y 87.7 toneladas peso húmedo respectivamente.


**El aporte favorable del ciclo sin producción muestra que la reducción total lograda es superior al aporte adicional combinado de los ciclos de sobreproducción.**

Respecto a las concentraciones de oxígeno en la columna de agua, los resultados del balance de oxígeno muestran que el aporte adicional por parte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 sobre la columna de agua, es de 0.01 y 0.08 mg O<sub>2</sub>/l respectivamente, lo que conlleva un tiempo de recuperación teórico de 0.11 y 0.78 horas respectivamente. Se trata por lo tanto de un impacto negativo cuya dimensión es reducida y difícil de detectar mediante mediciones directas en terreno. Al analizar los resultados INFA, se puede observar que existen diferencias en las concentraciones de oxígeno entre distintos monitoreos, con valores promedio en la capa superficial (0 – 25 m) de 9 mg/l en el INFA de noviembre de 2017, 6.1 mg/l en el INFA de abril de 2019 y 6.4 mg/l en el INFA de marzo de 2022. La diferencia observada, con mayores concentraciones previo a la sobreproducción, no guarda relación con la sobreproducción sino con distintos factores relacionados con la época del año y la hidrodinámica del sector.

## 2.5 Conclusiones

### Análisis productivo

En la Tabla 4 se identifican los valores acumulados de los ciclos productivos completos 2018 – 2019 y 2021 – 2022. Como se puede ver, la producción adicional corresponde a 272.4 y 1,673.5 Ton respectivamente. En cuanto a la cantidad de alimento adicional entregado, ésta es de 312.3 y 1,864.6 Ton en los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

respectivamente. Lo anterior permite indicar que el aumento productivo del ciclo 2018 – 2019 fue de un 7.3% respecto de un ciclo de biomasa autorizada, mientras que el aumento productivo del ciclo 2021 – 2022 fue de 44.6%.

El ciclo sin producción 2025 – 2027, está generando una reducción productiva de -3.750 Ton respecto de la biomasa autorizada mediante RCA N°421/2010, lo que implica que se compensan las 1,945.8 Ton de sobreproducción combinada de los dos ciclos de sobreproducción, y un adicional de 1,804.2 Ton. Se constata por lo tanto que el ciclo sin producción 2025 – 2027 se hace cargo de manera efectiva de la producción adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.

#### Aporte de nutrientes a la columna de agua.

Como se indicó en la sección 2.2., el tiempo de permanencia de los nutrientes aportados a la columna de agua es de muy corta duración en concentraciones detectables, lo que está asociado a la dispersión, dilución y transformación biogeoquímica de esos compuestos orgánicos (lixiviados) e inorgánicos (nutrientes). Es por este motivo que, para efectos del análisis de efectos, la peor condición se concentra en el mes de máxima emisión, y no en la acumulación de meses previos. Ello con la excepción del posible uso de los nutrientes por parte de las macroalgas y el fitoplancton, lo que es cuantificado en la tabla N°17 (mes de máxima emisión) y en la tabla N°18 (ciclo completo).

Teniendo en cuenta lo indicado en el párrafo anterior, se agrega también la cuantificación a nivel mensual de la liberación de CO<sub>2</sub>, nutrientes orgánicos e inorgánicos, tanto en toneladas mensuales como en mg / m<sup>3</sup>. La evaluación de esta información es realizada utilizando la peor condición, es decir los valores máximos, según lo explicado en el párrafo anterior.

El aporte adicional en la columna de agua, que sería producido por el aporte extra de lo adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, en su mes de máxima emisión de nutrientes, se representa a continuación a modo de resumen en términos de aporte total mensual y en términos de aporte en flujo promedio de nutrientes por m<sup>3</sup>.


|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

**Tabla 22** Cuantificación del aporte adicional de nutrientes orgánicos e inorgánicos a la columna de agua, tanto disueltos como particulados, en el mes de máxima producción: ciclo de biomasa autorizada comparado con el aporte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022. Cargas de nutrientes en Ton/mes y en concentración (mg/m³).

| Contenido C, N, F                                   |                  | Excreción     |              | Lixiviado de fecas y alimento |              |              | Total<br>nutrientes |
|---|------------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|---------------------|
|   |                  | Nitrógeno     | Fósforo      | Carbono                       | Nitrógeno    | Fósforo      |                     |
|   |                  | Abrev.        | DIN          | DIP                           | DOC          | DON          |                     |
|   |                  | columna       | columna      | columna                       | columna      | columna      |                     |
| Ciclo RCA 2018 - 2019                               | Ton / mes        | 20.07         | 0.57         | 9.92                          | 0.96         | 0.39         | 31.92               |
|   | mg/m³            | 23.90         | 0.68         | 11.80                         | 1.15         | 0.47         | 37.99               |
| Ciclo 2018 - 2019                                   | Ton / mes        | 21.53         | 0.61         | 10.64                         | 1.03         | 0.42         | 34.23               |
|   | mg/m³            | 25.63         | 0.73         | 12.66                         | 1.23         | 0.50         | 40.75               |
| <b>Aporte adicional ciclo<br/>Ciclo 2018 - 2019</b> | <b>Ton / mes</b> | <b>1.46</b>   | <b>0.04</b>  | <b>0.72</b>                   | <b>0.07</b>  | <b>0.03</b>  | <b>2.32</b>         |
|   | <b>mg/m³</b>     | <b>1.74</b>   | <b>0.05</b>  | <b>0.86</b>                   | <b>0.08</b>  | <b>0.03</b>  | <b>2.76</b>         |
| Ciclo RCA 2021 - 2022                               | Ton / mes        | 15.40         | 0.25         | 8.50                          | 0.83         | 0.34         | 25.31               |
|   | mg/m³            | 18.33         | 0.30         | 10.12                         | 0.98         | 0.40         | 30.13               |
| Ciclo 2021 - 2022                                   | Ton / mes        | 22.27         | 0.36         | 12.30                         | 1.19         | 0.49         | 36.60               |
|   | mg/m³            | 26.51         | 0.43         | 14.64                         | 1.42         | 0.58         | 43.57               |
| <b>Aporte adicional ciclo<br/>Ciclo 2021 - 2022</b> | <b>Ton / mes</b> | <b>6.87</b>   | <b>0.11</b>  | <b>3.79</b>                   | <b>0.37</b>  | <b>0.15</b>  | <b>11.29</b>        |
|   | <b>mg/m³</b>     | <b>8.18</b>   | <b>0.13</b>  | <b>4.52</b>                   | <b>0.44</b>  | <b>0.18</b>  | <b>13.44</b>        |
| <b>Aporte combinado</b>                             | <b>Ton / mes</b> | <b>8.33</b>   | <b>0.15</b>  | <b>4.51</b>                   | <b>0.44</b>  | <b>0.18</b>  | <b>13.61</b>        |
|   | <b>mg/m³</b>     | <b>9.91</b>   | <b>0.18</b>  | <b>5.37</b>                   | <b>0.52</b>  | <b>0.21</b>  | <b>16.20</b>        |
| <b>Ciclo sin producción<br/>2025 - 2027</b>         | <b>Ton / mes</b> | -             | -            | -                             | -            | -            | -                   |
|   | <b>mg/m³</b>     | -             | -            | -                             | -            | -            | -                   |
| <b>Aporte favorable</b>                             | <b>Ton / mes</b> | <b>-15.40</b> | <b>-0.25</b> | <b>-8.50</b>                  | <b>-0.83</b> | <b>-0.34</b> | <b>-25.31</b>       |
|   | <b>mg/m³</b>     | <b>-18.33</b> | <b>-0.30</b> | <b>-10.12</b>                 | <b>-0.98</b> | <b>-0.40</b> | <b>-30.13</b>       |

En términos de DIN, DIP, DOC, DON y DOP, el volumen total de nutrientes adicionales aportado por los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 fue de 2.32 y 11.29 Ton en el mes de máximo aporte de nutrientes (máxima entrega de alimento). En el caso del aporte adicional en términos de concentración de nutrientes orgánicos e inorgánicos en la columna, este corresponde a 2.86 y 13.44 mg / m³ en los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respectivamente.

El ciclo sin producción 2025 – 2027 genera una reducción en la emisión de nutrientes de magnitud superior al aporte adicional combinado de los ciclos de sobreproducción. Se

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

concluye por lo tanto que el ciclo sin producción 2025 – 2027 permitirá hacerse cargo de manera efectiva del aporte adicional producido.


**Tabla 23** Valores acumulados totales de ciclo completo de alimento entregado, excreción de C, N y P mediante excreción y emisión de fecas a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO2 eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amonio (NH3) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO4 3-) por la orina. Valores en toneladas.

| Contenido C, N, F                       | Excreción      |              | Lixiviado de fecas y alimento |              |              | Total<br>nutrientes |
|---|----------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|---------------------|
|   | Nitrógeno      | Fósforo      | Carbono                       | Nitrógeno    | Fósforo      |                     |
|   | DIN            | DIP          | DOC                           | DON          | DOP          |                     |
|   | columna        | columna      | columna                       | columna      | columna      |                     |
| Ciclo RCA 2018 - 2019                   | 133.6          | 3.1          | 69.3                          | 6.7          | 2.7          | 215.4               |
| Ciclo 2018 - 2019                       | 143.3          | 3.3          | 74.3                          | 7.2          | 2.9          | 231.1               |
| <b>Aporte adicional</b>                 | <b>9.7</b>     | <b>0.2</b>   | <b>5.0</b>                    | <b>0.5</b>   | <b>0.2</b>   | <b>15.6</b>         |
| Ciclo RCA 2021 - 2022                   | 122.8          | 2.3          | 66.3                          | 6.4          | 2.6          | 200.6               |
| Ciclo 2021 - 2022                       | 177.7          | 3.3          | 96.0                          | 9.3          | 3.8          | 290.1               |
| <b>Aporte adicional</b>                 | <b>54.8</b>    | <b>1.0</b>   | <b>29.6</b>                   | <b>2.9</b>   | <b>1.2</b>   | <b>89.5</b>         |
| <b>Aporte combinado</b>                 | <b>64.53</b>   | <b>1.25</b>  | <b>34.64</b>                  | <b>3.36</b>  | <b>1.37</b>  | <b>105.15</b>       |
| <b>Ciclo sin producción 2025 - 2027</b> | -              | -            | -                             | -            | -            | -                   |
| <b>Aporte favorable</b>                 | <b>-122.85</b> | <b>-2.31</b> | <b>-66.35</b>                 | <b>-6.44</b> | <b>-2.62</b> | <b>-200.56</b>      |

En cuanto al máximo aporte mensual, al relacionar las concentraciones naturales DIP y DIN del sector con el máximo aporte adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, 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 0.033% y al 0.089% respectivamente de la concentración natural del sector, mientras que, en el caso de DIN, equivale al 0,143% y al 0.672% respectivamente 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 en el mes de máxima emisión y su efecto potencial sobre macroalgas, los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 aportan adicionalmente, con la emisión de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN) un total de 1.46 y 6.87 Ton respectivamente, las que a su vez tienen el potencial de haber sido asimiladas en



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |


un 18.8% por macroalgas, pudiendo haber generado una producción adicional de 46.28 y 218.11 Ton peso húmedo respectivamente, probablemente en una amplia área de dispersión.

En relación con los nutrientes emitidos a la columna de agua y su efecto potencial sobre las comunidades planctónicas, se concluye que el crecimiento fitoplanctónico potencial a partir de los nutrientes adicionales emitidos por los ciclos los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 en el mes de máxima emisión, podrían haber llegado a 2.33 y 10.99 toneladas peso húmedo respectivamente, ocurriendo ello en una amplia área de dispersión. Dicha producción corresponde al 6.8% y 30.9% de la producción fitoplanctónica potencial generada por el ciclo de biomasa autorizada escenarios 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respectivamente. A su vez, el efecto por DIN adicional emitido corresponde al 0,143% y 0.672% respectivamente 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 acumulación de nutrientes asociado al aporte diferencial de nutrientes por parte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, conclusión que es consistente con la falta de correlación hallada en la literatura (Gianella et.al., 2023).

#### 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 amonio y carbono orgánico particulado y disuelto, se obtiene lo siguiente:

1. La demanda de oxígeno en el punto de emisión, producto de la oxidación del amonio y el carbono orgánico particulado y disuelto emitidos adicionalmente, es muy baja, siendo de apenas 0.0009 y 0.0049 mg O<sub>2</sub>/l/día en los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respectivamente.
2. El consumo de oxígeno por parte de la biomasa en cultivo de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 es de 0.01 y 0.08 mgO<sub>2</sub>/l respectivamente, en el mes con máxima biomasa. En cuanto al tiempo de recuperación, el aporte adicional se recuperaría teóricamente mediante difusión molecular atmosférica en un plazo de tan solo 0.11 y 0.78 horas respectivamente.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

### Análisis resultados INFA, columna superficial.

Al analizar los resultados INFA, se puede observar que existen diferencias en las concentraciones de oxígeno entre distintos monitoreos, con valores promedio en la capa superficial (0 – 25 m) de 9 mg/l en el INFA de noviembre de 2017, 6.1 mg/l en el INFA de abril de 2019 y 6.4 mg/l en el INFA de marzo de 2022. La diferencia observada, con mayores concentraciones previo a la sobreproducción, no guarda relación con la sobreproducción sino con distintos factores relacionados con la época del año y la hidrodinámica del sector.

## **3 Análisis del Aporte Adicional en el Sedimento**

NewDEPOMOD es un software de modelado de rastreo de partículas, 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. Sin embargo, predecir cómo los residuos de las operaciones de acuicultura afectarán la calidad ambiental del fondo marino (y las consecuencias para la fauna biológica), es difícil debido a las complejas condiciones específicas de cada lugar.

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 2019<sup>24</sup>).

<sup>24</sup> SAMS Research Services Limited, NewDepomod Team, 2019-2020, NewDepomod User Guide

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

## 3.1 Metodología y Supuestos

### 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 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.


**Tabla 24** 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 submodelo 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*<sup>25</sup>, 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

<sup>25</sup> <https://www.sams.ac.uk/t4-media/sams/pdf/publications/REFINING-SEA-BED-PROCESS-MODELS-FOR-AQUACULTURE-Final-Report-for-web.pdf>

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

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 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 ( $\text{kg m}^{-3}$ ) 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 y agua), 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.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

### **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 7). 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) 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 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:

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

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

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

## 2. Uniforme

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

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

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  $t + \Delta t$  indica la ubicación después de un paso de tiempo de longitud  $\Delta t$ ).  $u$  y  $v$  son las velocidades de corriente este y norte (en m s<sup>-1</sup>) 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:

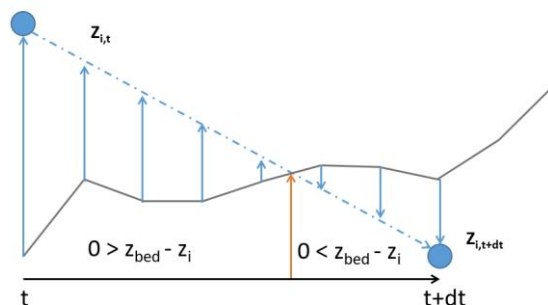
### 1. Reticular:

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

### 2. Uniforme

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

donde  $z_{i,t}$  es la posición vertical de la partícula,  $k_z$  es el coeficiente de difusión vertical y  $V_{sink,i}$  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 7.



**Figura 5** 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,  $f_v$ :

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

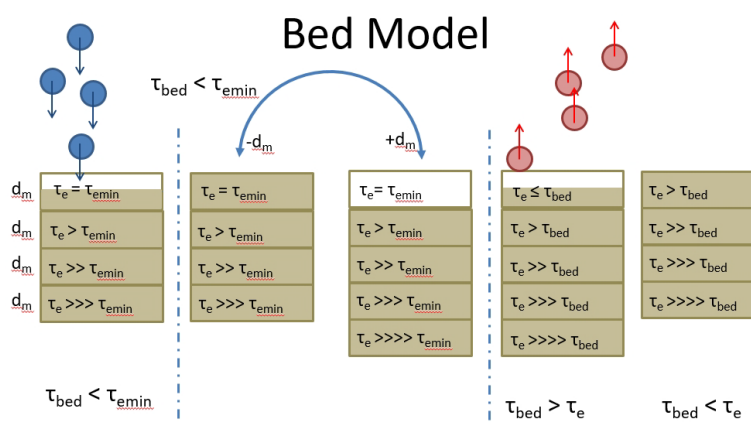
donde  $\alpha$  es un parámetro de ajuste. Una referencia adicional a esto, entregando rango adecuado de valores, se puede encontrar en el paper de Black et al. (2016). Se proporciona una opción adicional para habilitar o prevenir la flotabilidad en este caso. De acuerdo a lo indicado por el fabricante 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.

### **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

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 8.


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 “ $\tau_{crit}$ ,  $z$ ” 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 6.



**Figura 6** 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



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

cambios en este proceso con la temperatura, la profundidad y, por lo tanto, el oxígeno (SAMS, 2019<sup>26</sup>). 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, propiciando 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/m<sup>2</sup>/año según diversos autores (Hargrave 1994<sup>27</sup>, Findlay – Watling 1997, Cromey et al. 2002a<sup>28</sup>, Chamberlain & Stucchi 2007<sup>29</sup>). Por otro lado, Hargrave B.T., 2010<sup>30</sup>, establece este límite entre 473,46 y 912,5 g C/m<sup>2</sup>/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/m<sup>2</sup>/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/m<sup>2</sup>/año o su equivalente de 1 g C/m<sup>2</sup>/día como el límite inferior a mostrar en los resultados y por ende para la definición del área de influencia del proyecto.

<sup>26</sup> SAMS Research Services Limited, NewDepomod Team, 2019-2020, NewDepomod User Guide

<sup>27</sup> 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

<sup>28</sup> Cromey CJ, Nickell TD, Black KD (2002a) DEPOMOD— modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. Aquaculture 214: 211–239

<sup>29</sup> Chamberlain J, Stucchi D (2007) Simulating the effects of parameter uncertainty on waste model predictions of marine finfish aquaculture. Aquaculture 272: 296–311

<sup>30</sup> Hargrave B.T. (2010) Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. Aquacult Environ Interact Vol. 1: 33–46

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

### 3.2 Objetivos de la modelación

Entregar antecedentes que permitan:

- Determinar los aportes sobre el sedimento de los ciclos productivos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.
- Cálculo de los aportes adicionales de los ciclos de sobreproducción mediante la comparación relativa de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respecto de ciclos equivalentes, pero con producción autorizada.
- Evaluar el efecto compensatorio de un ciclo sin producción, a desarrollarse en el período 2025 – 2027.
- Identificar y evaluar el aporte adicional sobre los diferentes componentes expuestos a la sedimentación: sedimento y biota principalmente.

### 3.3 Datos de entrada del modelo de balance de masas

Se detalla a continuación la configuración productiva que tuvo los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, utilizada para alimentar el modelo, así como los escenarios de biomasa autorizada, idénticos a cada uno de los anteriores, pero utilizando la producción autorizada mediante RCA N°263/2012.

**Tabla 25** Configuración productiva de los 4 ciclos a partir de la cual se alimentó el modelo de dispersión NewDepomod.

|                                     | Unidad | Ciclo RCA 2018<br>- 2019 | Ciclo 2018 -<br>2019 | Ciclo RCA 2021<br>- 2022 | Ciclo 2021 -<br>2022 |
|-------------------------------------|--------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>Meses ciclo</b>                  | Meses  | 13                       | 13                   | 15                       | 15                   |
| <b>Numero de Jaulas</b>             | Jaulas | 8                        | 8                    | 12                       | 12                   |
| <b>dimensiones</b>                  | Metros | 40x40x20                 | 40x40x20             | 40x40x20                 | 40x40x20             |
| <b>Producción (egresos + saldo)</b> | Ton    | 3,750                    | 4,022                | 3,750                    | 5,319                |
| <b>Mortalidad</b>                   | Ton    | 66.4                     | 71.2                 | 72.3                     | 104.6                |
|                                     | %      | 1.77                     | 1.77                 | 1.9                      | 1.9                  |
| <b>Alimento</b>                     | Ton    | 4,300                    | 4,612                | 4,178                    | 6,043                |
| <b>Digestibilidad Alimento</b>      | %      | 87.2                     | 87.2                 | 87.3                     | 87.3                 |
| <b>FCR</b>                          | -      | 1.20                     | 1.20                 | 1.15                     | 1.15                 |
|                                     | %      | 0.5%                     | 0.5%                 | 0.5%                     | 0.5%                 |
| <b>Alimento no consumido</b>        | Ton    | 21.5                     | 23.1                 | 20.9                     | 30.2                 |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

|                                   |     |          |          |          |          |
|-----------------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|
| Fecas                             | %   | 12.8     | 12.8     | 12.7     | 12.7     |
|                                   | Ton | 548.0    | 587.8    | 528.0    | 763.6    |
| Contenido agua en alimento        | %   | 6.0      | 6.0      | 7.5      | 7.5      |
| % Carbono en alimento             | %   | 56.5     | 56.5     | 56.1     | 56.1     |
| % Carbono en fecas                | %   | 30       | 30       | 30       | 30       |
| Módulo de Resuspensión y de fondo | -   | Inactivo | Inactivo | Inactivo | Inactivo |
| Máximo calibre alimento           | mm  | 14       | 14       | 09       | 09       |
| Velocidad hundimiento pellets     | m/s | 0.132    | 0.132    | 0.121    | 0.121    |
| Velocidad hundimiento fecas       | m/s | 0.032    | 0.032    | 0.032    | 0.032    |

Se indica que las modelaciones realizadas mediante NewDepomod incorporan la información productiva de los ciclos completos, y no únicamente del mes de máxima biomasa, según se detalla a continuación, por lo que el análisis de efectos fue realizado bajo este escenario. Por último, es necesario aclarar que el modelo de sedimentación de partículas NewDepomod, al igual que el resto de los modelos similares de campo cercano especializados y validados para el análisis de efectos de centros de cultivo, entregan un resultado de **flujo de carbono al sedimento**, pero **no de acumulación de carbono en el sedimento**. En las validaciones de este modelo llevadas a cabo por diversos autores (por ejemplo, Keeley et.al. 2012<sup>31</sup>), lo que se comparó corresponde al flujo de carbono que entrega el modelo, con la información de terreno correspondiente al nivel de impacto producido. Se trata por lo tanto de una validación de **flujo de carbono vs. nivel de impacto**. Es por ello por lo que el modelo entrega el máximo flujo de carbono, el que tiene cierta correlación con el nivel de impacto potencialmente producido en el sedimento, y es independiente de la eventual acumulación, información que no es entregada por el modelo y que no guarda correlación con los procesos de validación e índices de impacto utilizados en el análisis de efectos de centros de cultivo.

En cuanto a la revisión de la programación, los valores horarios con los que el modelo es alimentado pueden revisarse en el archivo denominado QUICAVI\_E1-2018-NONE-CageGroup1.depomodinputsproperties, según se muestra a continuación.

<sup>31</sup> Keeley N.B., Barrie M.F., Christine C., Catriola K.M. Exploiting salmon farm benthic enrichment gradients to evaluate the regional performance of biotic indices and environmental indicators. Ecological Indicators 23 (2012) 453–466

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

```

51 endOfDataMarker=endOfDataMarker
52 startOfDataMarker=startOfDataMarker
53 #startOfDataMarker
54 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
55 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
56 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
57 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
58 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
59 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
60 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
61 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
62 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0
63 0.410830748064563,0.231955040357252,0,10.472856346587,3.14185690397611,0

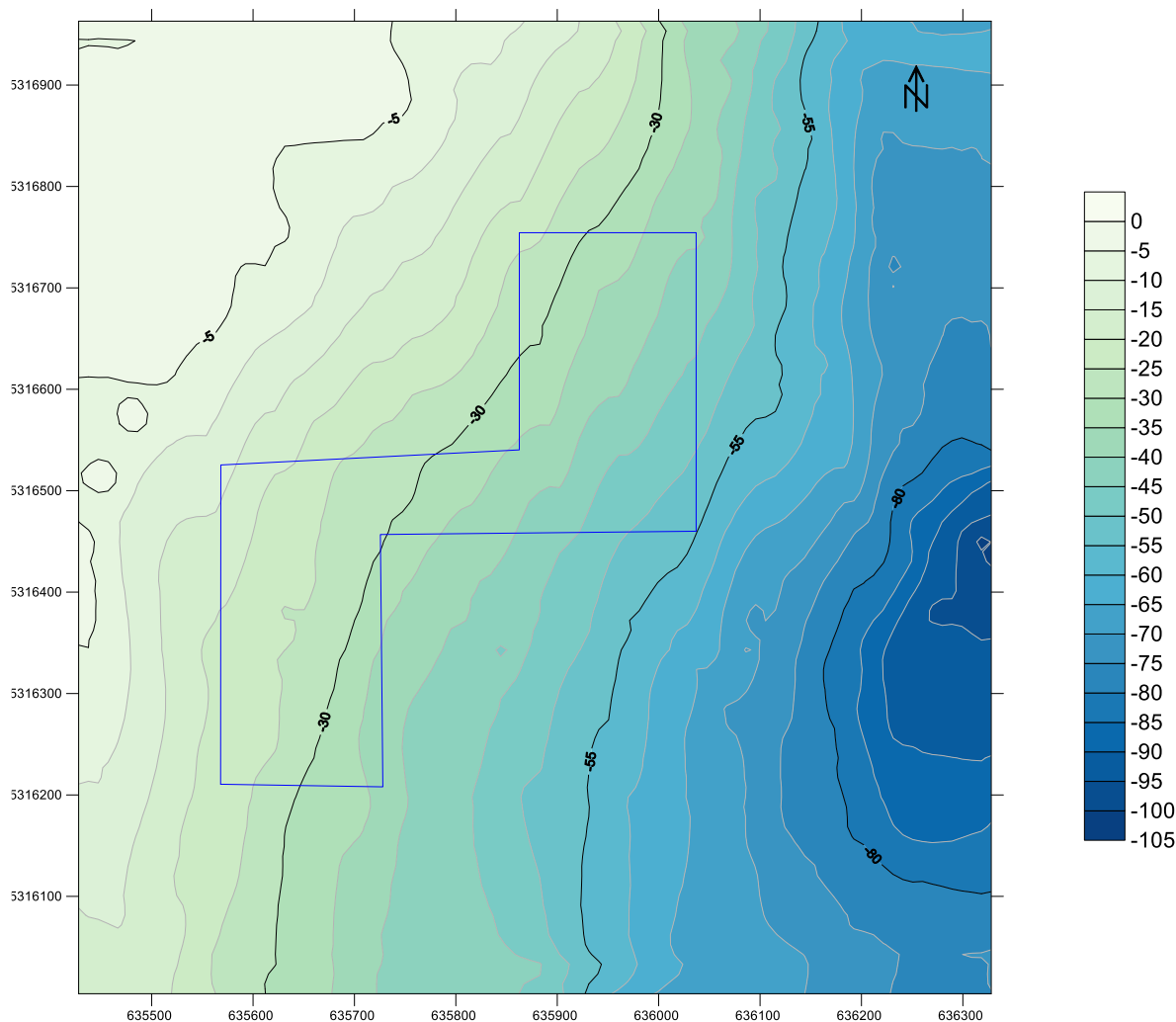
```

**Figura 7** Vista del archivo de ingreso de la información de serie de tiempo productiva en el modelo NewDepomod, archivo denominado QUICAVI\_E1-2018-NONE-CageGroup1, ubicado en la carpeta "Inputs", dentro de la carpeta "depomod" de los archivos de modelación entregados en Anexos.

### 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. El dominio utilizado debe permitir representar el área de sedimentación completa.

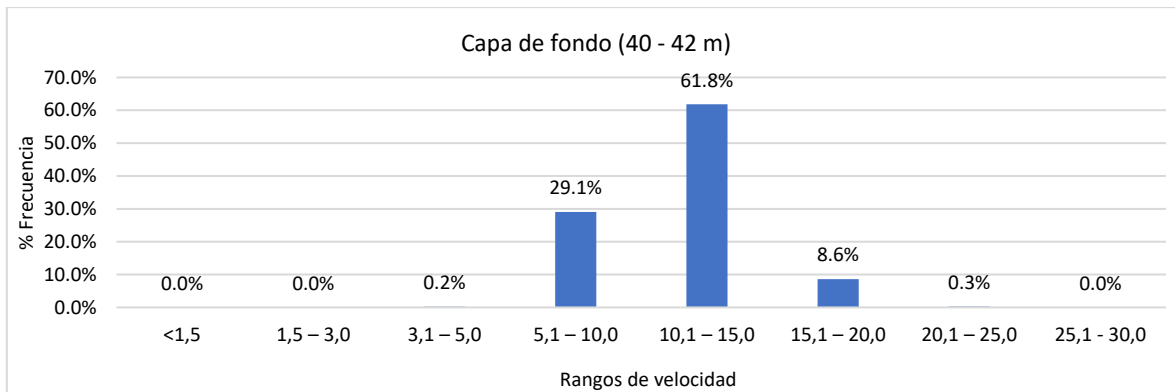


**Figura 8** Vista bidimensional de la Batimetría del dominio de Modelación en QUICAVI. Concesión otorgada en color azul.

Las profundidades bajo la concesión se distribuyen entre los 15 y los 55 metros de profundidad aproximadamente (profundidades corregidas al nivel de reducción de sondas).

### 3.4.2 Hidrodinámica del área modelada

La correntimetría fue realizada entre los días 07 de agosto y 13 de septiembre de 2018, por un período de 37 días y utilizando para ello un Correntómetro RDCP. Las frecuencias de velocidades en la capa más profunda se distribuyeron de acuerdo con el siguiente gráfico.



**Figura 9** 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 -7 y los -41 m de profundidad.

Las capas utilizadas para modelar corresponden por lo tanto a las siguientes profundidades -41,-39,-37,-35,-33,-31,-29,-27,-25,-23,-21,-19,-17,-15,-13,-11,-9 y -7 m.

## 3.5 Antecedentes de la modelación

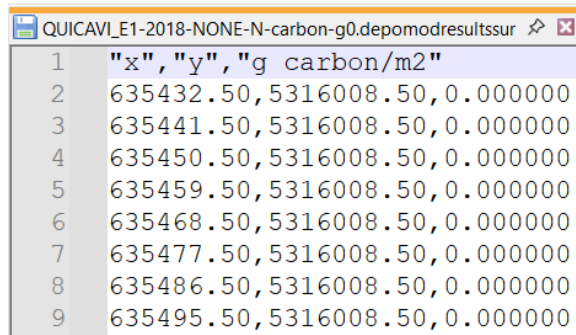
### 3.5.1 Grilla de Modelación

Para la generación del modelo se utilizó una Grilla con malla de 9x9 m, con un offset mínimo (desfase respecto de la concesión) de 200 metros.

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

El modelo NewDepomod fue alimentado con la información del ciclo productivo de cada escenario (ver tabla N°22). Es importante recalcar que la información que entrega el modelo corresponde al flujo acumulado de carbono durante todo el período de modelación, de cada ciclo, es decir entre **13 y 15 meses**. Esto es posible verificarlo revisando el archivo generado automáticamente por el software, ubicado en la carpeta del presente informe. Por ejemplo: **Anexo\_Modelaciones NewDepomod / 2018\_RCA / QUICAVI\_E1 / Depomod / results /**

**QUICAVI\_E1-2018-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 / m<sup>2</sup> (ver Figura 12, siguiente).




|   | "x", "y", "g carbon/m2"         |
|---|---------------------------------|
| 1 | "x", "y", "g carbon/m2"         |
| 2 | 635432.50, 5316008.50, 0.000000 |
| 3 | 635441.50, 5316008.50, 0.000000 |
| 4 | 635450.50, 5316008.50, 0.000000 |
| 5 | 635459.50, 5316008.50, 0.000000 |
| 6 | 635468.50, 5316008.50, 0.000000 |
| 7 | 635477.50, 5316008.50, 0.000000 |
| 8 | 635486.50, 5316008.50, 0.000000 |
| 9 | 635495.50, 5316008.50, 0.000000 |

**Figura 10** Extracto de los resultados de flujo de carbono extraídos de NewDepomod. De izquierda a derecha: columnas eje X, eje Y y carbono acumulado por m<sup>2</sup>.

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 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/m<sup>2</sup>/día) o anual (gC/m<sup>2</sup>/año).

Por lo tanto, dado que los ciclos productivos representados son de 13 y 15 meses, dependiendo del ciclo, se debe en primer lugar dividir cada uno de los valores de carbono acumulado por el número de días que existen en esos meses. Ello nos permite obtener el valor de flujo de carbono diario (gC/m<sup>2</sup>/día). El cálculo para obtener el valor de flujo diario de carbono es el siguiente, para un ciclo de por ejemplo 13 meses:

$$(\text{g carbono} / \text{m}^2) / (\text{n}^\circ \text{ días en 13 meses})$$

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |

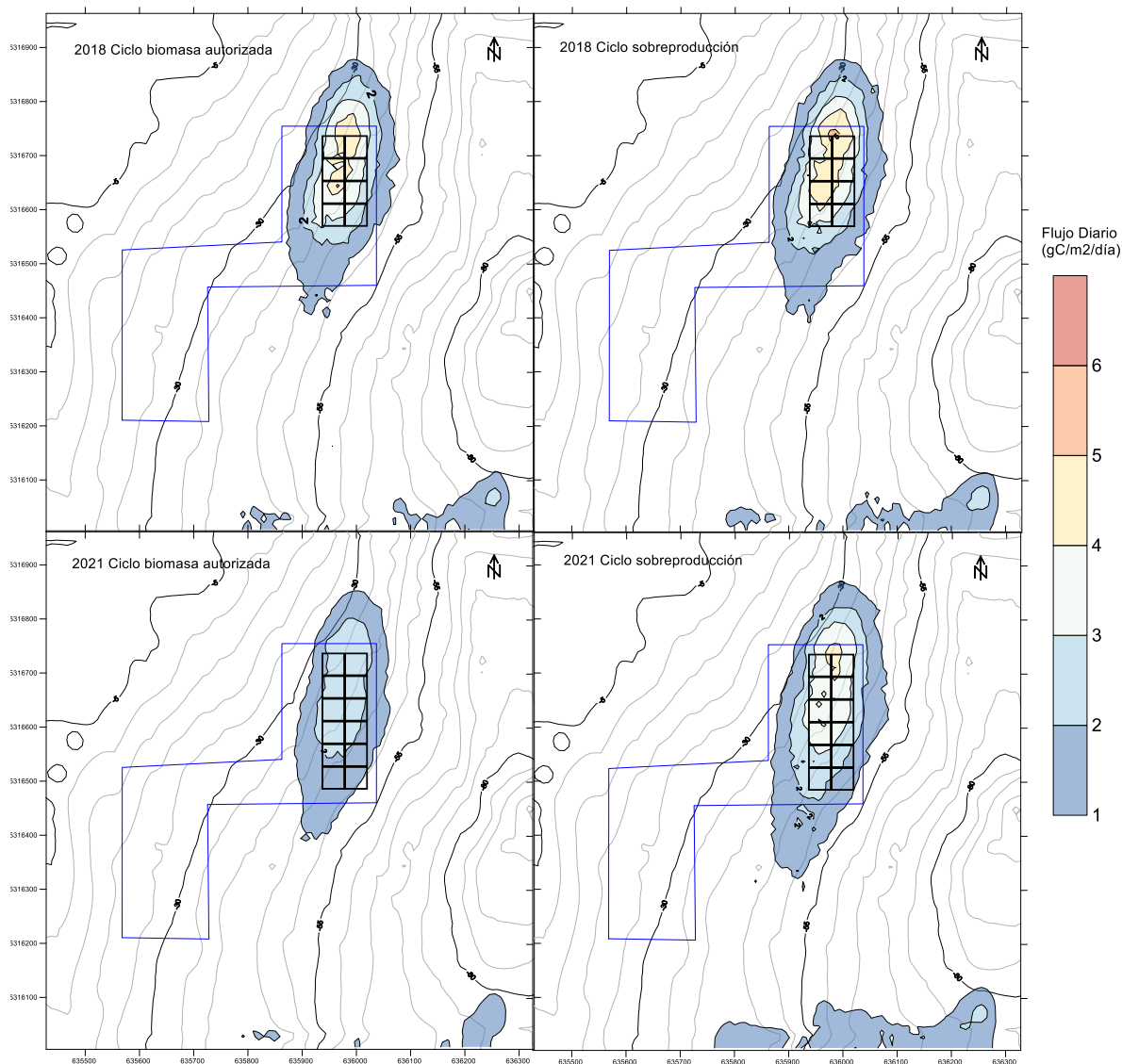
### 3.6 Resultados

Tal como se indicó en el punto 3.1.2 del presente análisis, se delimita el área de influencia como aquella área comprendida dentro de la isolínea de 1 gC/m<sup>2</sup>/día de sedimentación, o su equivalente de 365 gC/m<sup>2</sup>/año, al expresarlo mediante flujo anual. Se detallan y grafican a continuación los resultados de flujo de carbono obtenidos.

**Tabla 26** Concentraciones máximas de deposición de carbono y área de influencia.

|                                  | gC/m <sup>2</sup> /día | gC/m <sup>2</sup> /año | Superficie AI (m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Ciclo RCA 2018 - 2019            | 5.07                   | 1,852.0                | 60,725.7                        |
| Ciclo 2018 - 2019                | 5.79                   | 2,114.4                | 64,642.5                        |
| <b>Aporte adicional</b>          | <b>0.72</b>            | <b>262.4</b>           | <b>3,916.9</b>                  |
| Ciclo RCA 2021 - 2022            | 3.65                   | 1,331.0                | 53,644.2                        |
| Ciclo 2021 - 2022                | 5.27                   | 1,922.3                | 76,221.9                        |
| <b>Aporte adicional</b>          | <b>1.62</b>            | <b>591.3</b>           | <b>22,577.7</b>                 |
| <b>Aporte combinado</b>          | <b>2.34</b>            | <b>853.7</b>           | <b>26,494.6</b>                 |
| Ciclo sin producción 2025 - 2027 | -                      | -                      | -                               |
| <b>Aporte favorable</b>          | <b>-3.65</b>           | <b>-1,331.0</b>        | <b>-53,644.2</b>                |





**Figura 11** Flujo diario de carbono (gC/m²/año). De izq. a dcha. y de arriba abajo: Escenario de producción autorizada y sobreproducción 2018 – 2019 y 2021 – 2022.

El aporte adicional de flujo de carbono de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 es de 0.72 y 1.62 gC/m²/día respectivamente, sumando un aporte combinado de 2.34 gC/m²/día. En cuanto al área de sedimentación, el aporte adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 es de 3,916.9 y 22,577.7 m² respectivamente, sumando un aporte combinado de 26,494.6 m². Se concluye que el efecto compensatorio del ciclo sin producción 2025 – 2027

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | IA Consultores<br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |  |

se haría cargo ampliamente tanto del flujo de carbono como del área de sedimentación adicionalmente aportadas por los dos ciclos de sobreproducción.

### 3.7 Análisis de efectos sobre otros componentes ambientales

#### 3.7.1 Análisis de efectos sobre el sedimento

Los componentes bióticos que podrían haber recibido algún efecto por la emisión adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 respecto del ciclo de biomasa autorizada, dentro del área de sedimentación, corresponden a los componentes de la macrofauna bentónica que puedan haber recibido algún efecto por el flujo de sedimentación adicional, calculado en un máximo de 0.72 y 1.62 gC/m<sup>2</sup>/día, o 262.4 y 591.3 gC/m<sup>2</sup>/año.

En el caso del escenario más desfavorable de 591.3 gC/m<sup>2</sup>/año, si fuese toda la sedimentación aportada, en lugar de ser solo una fracción adicional, se podría indicar que dicho flujo anual de carbono se encuentra en el rango de lo que varios autores consideran el umbral entre condiciones naturales, con sedimentación natural sin cultivo, y condiciones de enriquecimiento mínimo o leve. Se presentan algunos ejemplos de flujos de carbono natural, sin aporte antropogénico, según distintos autores, en la siguiente tabla.

**Tabla 27** Sedimentación de carbono que sucede de forma natural en el océano, sin presencia de centros de cultivo.

| Autor                                 | Sedimentación natural sin cultivo |                         |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Findlay & Watling, 1997 <sup>32</sup> | 321 – 867                         | g C/m <sup>2</sup> /año |
| Hargrave B.T., 2010 <sup>33</sup>     | 36,5 – 365                        | g C/m <sup>2</sup> /año |
| Bannister et.al., 2014 <sup>34</sup>  | 56 – 317                          | g C/m <sup>2</sup> /año |

<sup>32</sup> Findlay R.H., Watling L. (1997) Prediction of benthic impact for salmon net-pens based on the balance of benthic oxygen supply and demand. Mar Ecol Prog Ser. Vol. 155: 147-157, 1997

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

<sup>34</sup> Bannister R.J., Valdemarsen T., Hansen P.K., Holmer M., Ervik A. 2014. Changes in benthic sediment conditions under an Atlantic salmon farm at a deep, well-flushed coastal site. Aquacult Environ Interact. Vol.5: 29-47.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

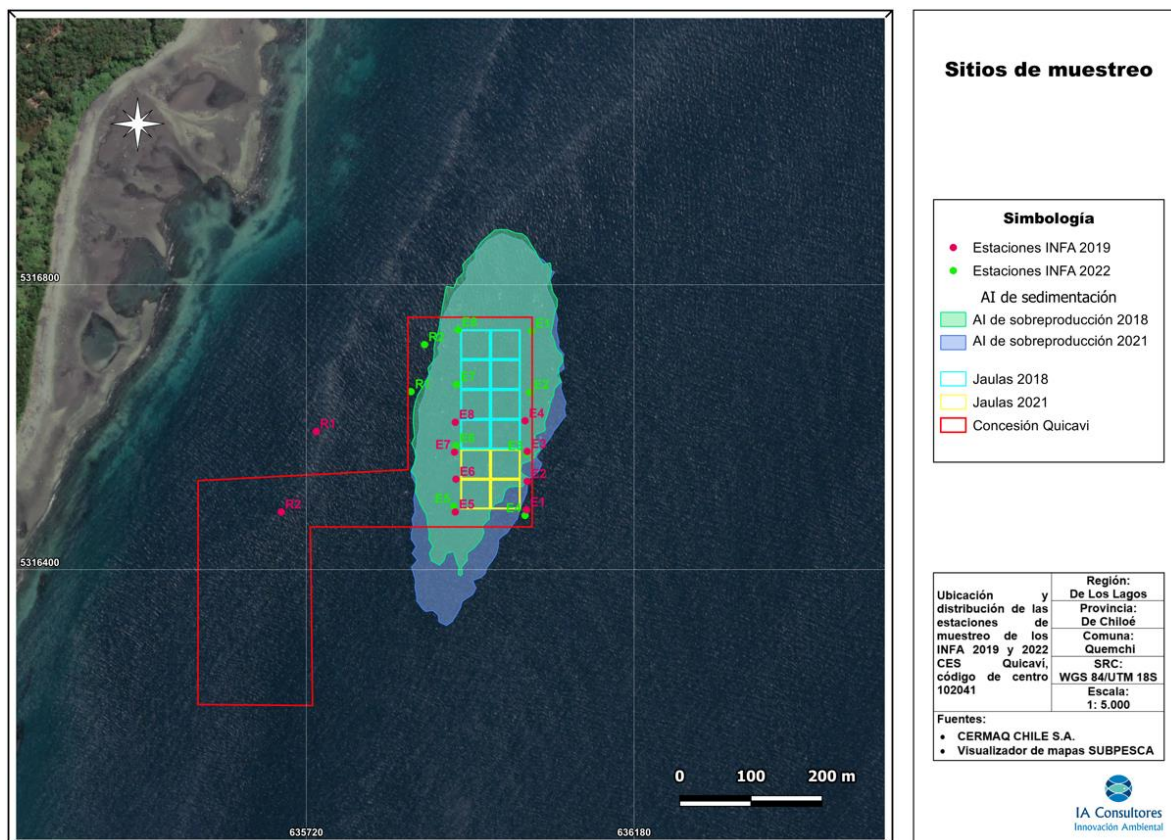
Sin embargo, hay que considerar que no se trata de la totalidad del flujo de sedimentación, sino que es una fracción del total. Es importante tener en cuenta que según Keeley et.al., 2013, los distintos estados de enriquecimiento tienen rangos más amplios en gC/m<sup>2</sup>/año cuanto mayor es el impacto. Es decir, se requiere cada vez una mayor cantidad de carbono para pasar de un estado de enriquecimiento al siguiente. Dicho lo anterior, es probable que el aporte adicional de flujo de carbono producto de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 constituya un efecto negativo que sin embargo no haya alterado de forma adicional la biota presente en los ciclos con cumplimiento del límite productivo, dentro del área de sedimentación.

En relación con el área de sedimentación, en los ciclos de sobreproducción 2018 – 2019 y 2021 – 2022 se habría generado una ampliación del área de 3,916.9 y 22,577.7 m<sup>2</sup> respectivamente. Esta área adicional constituye un efecto negativo acotado y producto de un flujo de sedimentación muy cercano a 1 gC/m<sup>2</sup>/día.

### 3.7.1.1 Análisis sobre objeto de protección sedimento

A continuación se presenta mapa de las áreas de influencia de ambos ciclos de sobreproducción y de las estaciones de sedimento de las INFAs 6 y 7 realizadas el 29 de abril de 2019 y 10 de marzo de 2022 respectivamente, ambas cercanas al mes en que se superó la producción autorizada en los ciclos correspondientes, y tal como se puede observar en la figura, gran parte de las estaciones se encuentran dentro del área de influencia generada por dicha sobreproducción, encontrándose también estas estaciones en condición aeróbica según normativa correspondiente

Se analizan los resultados de sedimento INFA muestreados en las fechas más cercanas a los eventos de sobreproducción. Estos muestreos INFA corresponden a los realizados el 17-11-2017 (INFA previo a las sobreproducciones), 29-04-2019 (post sobreproducción ciclo 2018 – 2019) y 10-03-2022 (post sobreproducción ciclo 2021 – 2022). El detalle de los análisis y resultados de sedimento se desarrolla en el capítulo 2.1.2 de este informe y los informes de laboratorio respectivos se adjuntan en los anexos correspondientes.




**Figura 12** Muestras de sedimento INFA 2019 e INFA 2022 versus AI de los ciclos de sobreproducción 2018 y 2021.

Dado que la condición anaeróbica, según normativa vigente, se produce a partir del incumplimiento en 3 estaciones en simultáneo de pH y Redox, lo que no sucede en ningún caso, se concluye que existe una condición aeróbica en el sedimento de los dos monitoreos INFAs, los cuales 7 de las 8 estaciones se encuentran dentro del área de influencia del sedimento respectivo al ciclo de sobreproducción en el cual se muestreó. De la misma forma, todos los valores de materia orgánica se encuentran por debajo del 9% que es el límite establecido en la Res 3612/09.


### 3.7.2 Análisis sobre hábitats y especies de mayor sensibilidad

Para analizar la susceptibilidad de afectación por parte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, en los componentes ambientales como hábitats y especies de mayor sensibilidad

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

potencialmente existentes en las inmediaciones del centro de cultivo, se considerará la extensión, magnitud y duración del área de influencia de sedimentación, el aporte de nutrientes, materia orgánica y consumo de oxígeno dado por el alimento adicional utilizado en este ciclo, para así evaluar si se generaron efectos negativos en los Componentes ambientales que se detallan a continuación, seleccionados para el presente análisis:

- **Litoral marino:** anida los ecosistemas marinos litorales definidos para las zonas intermareales y submareales someras, tanto en ambientes de fondo rocoso como arenoso. Limita en su borde superior con la línea de la más alta marea y en su parte inferior con una línea de profundidad fijada en 30 metros.
- **Fondo marino:** considera la totalidad del macro ecosistema bentónico, representado por los fondos marinos profundos que van desde el límite inferior de la zona submareal hasta los fondos con mayor profundidad. Atributos relevantes son la calidad de los sedimentos y hábitats de alta biodiversidad como corales de aguas frías.
- **Bosques de macroalgas:** incluye a los bosques de macroalgas o “kelps”, principalmente de las especies: Huiro (*Macrocystis pyrifera*), Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y *Lessonia* sp. Estas especies han sido descritas como proveedoras de hábitats de gran relevancia para la biodiversidad bentónica y con importante rol ecológico en el desarrollo de otras especies.
- **Recursos hidrobiológicos:** representa todos aquellos recursos marinos, bentónicos, demersales y pelágicos que son objeto de actividades extractivas principalmente en la pesca artesanal tales como peces, crustáceos y moluscos, entre otros.
- **Aves marinas y costeras:** está representado por la alta diversidad de avifauna (pingüinos, albatros, petreles, fardelas, yuncos, cormoranes y patos), las que ocupan un importante rol dentro de las tramas tróficas, son conectores entre ecosistemas marinos y terrestres y algunas especies están siendo amenazadas por actividades humanas.
- **Cetáceos:** agrupa todas las especies de cetáceos (delfines y ballenas) que habitan las aguas de la Reserva. Se caracterizan por ser especies carismáticas y

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

amenazadas, depredadores de alto nivel trófico y con alto potencial para el desarrollo de actividades turísticas sustentables.

Con el fin de poder analizar si la sobreproducción de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 generó efectos negativos en el medio marino, se analizará la extensión, magnitud y duración de la materia orgánica representada por los nutrientes y el flujo de carbono dado por el alimento adicional utilizado en este ciclo.

- Aporte adicional de nutrientes


Para determinar la magnitud del aporte adicional de nutrientes, se realizó el cálculo de los efectos generados en el medio durante el mes de máxima biomasa de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, determinándose que el aporte adicional de DIN es de 1.46 y 6.87 ton respectivamente, lo que corresponde a un 7.26% y a un 44.63% por sobre el aporte del ciclo de biomasa autorizada RCA. Este aporte adicional vinculado al potencial crecimiento fitoplanctónico podría haber generado 2.33 y 10.99 toneladas peso húmedo respectivamente, ocurriendo en una amplia área de dispersión. A su vez, es importante destacar que el DIN adicional emitido corresponde apenas al 0.143% y al 0.672% respectivamente de la concentración natural del sector. Este bajo aporte relativo, sumado a la energía hidrodinámica y su consiguiente elevada dispersión y dilución, permiten concluir que el efecto negativo producto del aumento de nutrientes en la columna de agua, producto de las sobreproducciones de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, no generaría algún impacto que se pudiese detectar en terreno, conclusión que es consistente con la falta de correlación hallada en la literatura (Gianella et.al., 2023).

En cuanto a la duración, la máxima emisión se produjo durante el mes de máxima entrega de alimento de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, correspondiente a los meses de mayo de 2019 y diciembre de 2021 respectivamente, cuando aún no se superaba la producción autorizada.

- Aporte adicional de carbono

Respecto a la magnitud de los efectos por el alimento adicional entregado, se determinó que el aporte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, en cuanto a máximo flujo de carbono es de 0.72 y 1.62 gC/m<sup>2</sup>/día respectivamente (14.2% y 44.4% de aporte adicional respecto al escenario RCA). Estos valores son equivalentes a 262.4 y 591.3 gC/ m<sup>2</sup>/año. En el caso de que los 591.3 gC/m<sup>2</sup>/año fuesen toda la sedimentación aportada, en lugar de ser solo



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

una fracción adicional, se podría indicar que dicho flujo anual de carbono se encuentra dentro del rango de lo que varios autores consideran condiciones naturales, con sedimentación natural sin cultivo, y condiciones de enriquecimiento mínimo o leve.


En cuanto a la duración, ambos flujos máximos se producen en el mes de máxima alimentación y no durante todo el ciclo, es por esto por lo que es importante tener en cuenta que según Keeley et.al., 2013, los distintos estados de enriquecimiento tienen rangos más amplios en  $\text{gC/m}^2/\text{año}$  cuanto mayor es el impacto. Es decir, se requiere cada vez una mayor cantidad de carbono para pasar de un estado de enriquecimiento al siguiente.

En cuanto a la extensión, la producción de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 produjo un aumento de 3,916.9 y 22,577.7  $\text{m}^2$  del área de influencia, respecto del escenario de biomasa autorizada RCA, que corresponde a un 6.5 y 42.1% de aporte adicional respectivamente. Es relevante mencionar que, si bien se produjo un aumento en el área, ésta corresponde a valores de flujo de carbono muy cercanos a 1  $\text{gC/m}^2/\text{día}$ .

Puesto que la diferencia de aporte en cuanto a flujo de carbono, nutrientes y materia orgánica de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, se dan únicamente en la porción marina y en específico en el área de sedimentación que se representa en la Figura N°11, es que **es posible descartar una afectación negativa sobre especies sensibles como el chungungo, ya que el área de influencia no se superpone ni interfiere en el hábitat de esta especie.**

#### Consumo de oxígeno

Para determinar la magnitud del consumo de oxígeno adicional, se determinó el máximo consumo de oxígeno por parte de la biomasa de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 comparados con un ciclo equivalente con biomasa autorizada, obteniéndose un consumo adicional de oxígeno de apenas 0.01 y 0.08  $\text{mg O}_2/\text{l}$ , lo que da cuenta de lo reducido que podría haber resultado un déficit de oxígeno en la columna de agua. En cuanto a la extensión del efecto, estaría dada bajo las inmediaciones de las balsas jaulas, mientras que su duración se determinó que **se recuperaría mediante difusión molecular atmosférica en un plazo máximo de 0.11 y 0.78 horas respectivamente.** Dicho esto, es posible concluir que, en cuanto a la magnitud y duración del consumo de oxígeno adicional en el medio marino, es muy poco probable que ello se haya traducido en alguna respuesta por parte de la biota y las propiedades fisicoquímicas de la columna de agua.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

En cuanto a las especies marinas de mayor sensibilidad presentes en el área, todas ellas corresponden a especies de gran movilidad, con distribuciones muy amplias dentro del maritorio. Dado que los aportes adicionales ya descritos implican concentraciones de nutrientes, carbono y oxígeno muy bajos, y dado que los efectos en la columna de agua y en el sedimento no son posibles de identificar mediante mediciones in situ, **es posible concluir que estos no generan efectos medibles sobre las especies, su hábitat ni sobre la cadena trófica.**


**Por consiguiente, es factible descartar en cuanto a la magnitud, duración y extensión del aporte adicional de nutrientes, consumo de oxígeno disuelto y sedimentación del flujo de carbono durante el ciclo 2018 – 2019 y 2021 – 2022, que estos hayan generado efectos negativos detectables en los componentes ambientales potencialmente presentes.**

### 3.8 Uso de antibióticos y antiparasitarios

Se adjunta en el Anexo una nueva versión del “Informe uso fármacos” el “Análisis de químicos utilizado en el CES Quicaví (Código 102041) de la empresa Cermaq Chile durante los ciclos productivos 2018-2019 y 2021-2022” elaborado por el Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL), en el que se realiza un análisis asociado a la cantidad de antibióticos utilizado por el centro de cultivo Quicavi (Código SIEP 102041) en su fase de engorda y sus implicancias ambientales durante los ciclos productivos 2018-2019 y 2021-2022; en el cual según lo indicado en los Considerando 23 y 24 de la Res. N°3, se especifica como este estudio se hace cargo de analizar los posibles efectos ambientales sobre el medio marino por el uso de fármacos. El análisis se desarrolló mediante el procedimiento de evaluación de riesgo ambiental (ERA), en el cual se realizó una recopilación previa de antecedentes que describen la dinámica, comportamiento y ecotoxicidad de los fármacos utilizados dentro del ciclo productivo. Estos mecanismos de evaluación son actualmente implementados por la Autoridad Marítima (Circular A52/008, Diario Oficial 2020; actualizado el 10 de mayo 2024) y Servicio Agrícola y Ganadero (Res ex. N°665 del SAG, 2010) para el registro y autorización de productos químicos en el ambiente acuático.

Se extraen a continuación algunos de los párrafos relevantes para entender las conclusiones de dicho trabajo:



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

“De acuerdo con el análisis de caracterización del riesgo para el CES Quicaví durante el ciclo productivo 2018/2019 las implicancias en la estimación de la concentración esperada en el ambiente (valor PEC) dentro de las ordenes de magnitud en partes por trillón (ppt o ng/L) no se representaría un riesgo para la biota marina considerando incluso efectos ecotoxicológicos a corto plazo y la aplicación de un factor incertidumbre altamente conservador como es el valor de 1.000.

Basado en estos antecedentes para determinar riesgo del antibiótico florfenicol y del antiparasitario oral benzoato de emamectina, la concentración de exposición en el ambiente marino debería sobrepasar el umbral de 1 parte por billón (ppb o µg/L), condición que no fue registrada en este análisis de la exposición mediante el modelo predictivo que asume condiciones productivas del centro, propiedades de la molécula y estrategias de tratamientos en salmones (nro. jaulas tratadas, biomasa alcanzada durante el tratamiento, dimensión de jaulas, corrientes de la zona, batimetría, etc.).

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.

Durante el ciclo productivo 2021/2022 no se registró el uso de florfenicol y benzoato de emamectina en CES Quicaví, por lo que no fue posible llevar a cabo el análisis del riesgo de acuerdo con la biomasa del centro. Para este ciclo solo se reportan tratamientos por baños en jaulas.

Cabe mencionar que el análisis del uso de antibiótico y antiparasitario para el manejo sanitario en salmónidos abarca todos los tratamientos efectuados durante el ciclo productivo 2018-2019. Estas estimaciones corresponden a escenarios que proyectan la concentración esperada en el ambiente, destacando la probabilidad de alcanzar la máxima concentración ambiental y sus eventuales interacciones. Una vez finalizado el período de tratamiento, los niveles estimados disminuyen, configurando un escenario con menor probabilidad de riesgo.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <b>IA Consultores</b><br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

En conclusión, basado en los antecedentes de uso del antibiótico florfenicol y el antiparasitario emamectina en centro de cultivo Quicaví de la empresa Cermaq Chile, no se sugiere un riesgo durante el periodo de producción 2018-2019, donde la posibilidad de generar efectos negativos al ambiente marino se encuentra varias órdenes de magnitud por debajo a una condición adversa para generar efectos observables sobre organismos marinos representados en este estudio, como se corrobora en la Figura 2. Por lo tanto, de acuerdo con el análisis desarrollado, los niveles estimados de florfenicol en agua no generan efectos negativos, por lo que existirían efectos adversos solo si las concentraciones en agua superan el 1 µg/L.

### 3.9 Conclusiones


#### Análisis productivo

La producción adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 corresponde a 272.4 y 1,673.5 Ton respectivamente. En cuanto a la cantidad de alimento adicional entregado, ésta es de 312.3 y 1,864.6 Ton respectivamente.

Como ya se indicó anteriormente, el ciclo sin producción 2025 – 2027, está generando una reducción productiva de -3.750 Ton respecto de la biomasa autorizada mediante RCA N°421/2010, lo que implica que se compensan las 1,945.8 Ton de sobreproducción combinada de los dos ciclos de sobreproducción, y un adicional de 1,804.2 Ton. Se constata por lo tanto que el ciclo sin producción 2025 – 2027 se hace cargo de manera efectiva de la producción adicional de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022.

#### Flujo de carbono

Como se observa en la Tabla N°23, el efecto negativo producto del aporte adicional de flujo de carbono de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 es de 0.72 y 1.62 gC/m<sup>2</sup>/día. También es importante mencionar que el máximo flujo anual de carbono aportado de forma adicional se encuentra en el rango de lo que varios autores consideran condiciones naturales, con sedimentación natural sin cultivo, y condiciones de enriquecimiento mínimo o leve, encontrándose además dentro del rango de los valores reportados como sedimentación

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

natural por diversos autores (ver tabla N°24). Por este motivo, se trata de un efecto negativo probablemente reducido.

En relación con el área de sedimentación, en los ciclos de sobreproducción 2018 – 2019 y 2021 – 2022 se habría generado una ampliación del área de 3,916.9 y 22,577.7 m<sup>2</sup> respectivamente. Esta área adicional constituye un efecto negativo acotado y producto de un flujo de sedimentación muy cercano a 1 gC/m<sup>2</sup>/día. Los efectos negativos producidos se mantendrían dentro de lo ya descrito como efectos mínimos, dado que el flujo indicado se mantiene dentro del rango de valores considerados como sedimentación natural, libre de actividades productivas.


El aporte adicional de flujo de carbono de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 suma un aporte combinado de 2.34 gC/m<sup>2</sup>/día. En cuanto al área de sedimentación, el aporte adicional combinado de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022 es de 26,494.6 m<sup>2</sup>. Se concluye que el efecto compensatorio del ciclo sin producción 2025 – 2027 se haría cargo ampliamente tanto del flujo de carbono como del área de sedimentación adicionalmente aportadas por los dos ciclos de sobreproducción.

#### Análisis de resultados INFA

Tras analizar los resultados de los INFA realizados en 2017, 2019 y 2022, se incluye que dado que la condición anaeróbica, según normativa vigente, se produce a partir del incumplimiento en 3 estaciones en simultáneo de pH y Redox, lo que no sucede en ningún caso, se concluye que existe una condición aeróbica en el sedimento los tres monitoreos INFAs. De la misma forma, todos los valores de materia orgánica se encuentran por debajo del 9% que es el límite establecido en la Res 3612/09.

#### Análisis sobre sobre objeto de protección: sedimento y columna de agua.

Se analizó la susceptibilidad de afectación por parte de los ciclos 2018 – 2019 y 2021 – 2022, en los componentes ambientales como hábitats y especies de mayor sensibilidad potencialmente existentes en las inmediaciones del centro de cultivo, considerando la extensión, magnitud y duración del área de influencia de sedimentación, el aporte de nutrientes, materia orgánica y consumo de oxígeno dado por el alimento adicional utilizado. Sumado a lo anterior se recopilaron todos los monitoreos CPS e INFAs, en especial



|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 |  |
|             | Proyecto 25103   |   |


aquellas realizadas dentro del ciclo de sobreproducción respectivo y con el 88% de las estaciones dentro del área de influencia, analizando especialmente los parámetros del sedimento y perfiles de oxígeno, los cuales todos arrojan condición aeróbica. Se concluye que, en cuanto a la magnitud, duración y extensión del aporte adicional de nutrientes, consumo de oxígeno disuelto y sedimentación del flujo de carbono durante el ciclo 2018 – 2019 y 2021 – 2022, los efectos negativos generados son difícilmente detectables en los componentes ambientales potencialmente presentes.

### Uso de fármacos

Se incluye a continuación la conclusión principal del estudio realizado por INTESAL para el ciclo productivo 2018 – 2019 del centro Quicavi: “basado en los antecedentes de uso del antibiótico florfenicol y el antiparasitario emamectina en centro de cultivo Quicaví de la empresa Cermaq Chile, no se sugiere un riesgo durante el periodo de producción 2018-2019, donde la posibilidad de generar efectos negativos al ambiente marino se encuentra varias órdenes de magnitud por debajo a una condición adversa para generar efectos observables sobre organismos marinos representados en este estudio, como se corrobora en la Figura 2. Por lo tanto, de acuerdo con el análisis desarrollado, los niveles estimados de florfenicol en agua no generan efectos negativos, por lo que existirían efectos adversos solo si las concentraciones en agua superan el 1 µg/L.”

Informe elaborado por:

|   |   |
|---|---|
|  <p>Rodrigo Moreno Escalona<br/>Ingeniero Ambiental<br/>IA Consultores</p> |  <p>Matías E. Gargiulo<br/>Biólogo Marino<br/>IA Consultores</p> |
|---|---|

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Agosto-2025 | Informe Integrado de Análisis de Efectos Ambientales<br>CES QUICAVI 102041 | <br>Innovación Ambiental |
|             | Proyecto 25103   |   |

#### 4 Anexos (adjuntos en formato digital)

1. Archivos AutoCAD sedimentación.
2. Modelaciones NewDepomod
3. Correntometría Quicavi
4. Guía usuario NewDepomod
5. Informe Fármacos INTESAL
6. Monitoreos INFA y CPS
7. TABLAS: Planilla Excel con todas las tablas que incorpora el presente informe.
8. Archivos kmz