

Puerto Montt, enero de 2025

At. Claudia Arancibia C.
Fiscal Instructora del Departamento de Sanción y Cumplimiento
Superintendencia del Medio Ambiente
Presente.

EN LO PRINCIPAL: Presenta Programa de Cumplimiento; **OTROSÍ:** Acompaña copia digital y Anexos.

PABLO RUBÉN BASCUÑÁN SERRANO, RUN N° 8.108.412-2, abogado, en representación de la sociedad **MULTI X S.A.**, RUT N° 79.891.160-0, ambos con domicilio en Avenida Cardonal N° 2.501, de la comuna y ciudad de Puerto Montt, en Expediente de Procedimiento Administrativo Sancionatorio **ROL D-300-2024**, a Ud., respetuosamente digo:

Que, mi representada fue notificada de la Res. Ex. N° 1 / ROL D-300-2024 – en adelante la “Resolución” –, en la que esta Superintendencia del Medio Ambiente – en adelante “Superintendencia” o “SMA” – formuló cargos en contra de la Unidad Fiscalizable (UF) Centro de Engorda de Salmónidos – **CES – “May”**, Código SIEP N° **110513**, por superar en 35,27 toneladas la producción máxima autorizada por RCA N° 850/2009, durante el ciclo productivo ocurrido entre el 02 de noviembre de 2020 y el 26 de diciembre de 2021¹.

Que, conforme la misma Resolución, bajo el Resuelvo IV. se otorgó plazo para presentar Programa de Cumplimiento (PdC) o descargos, respectivamente, el que fue ampliado de oficio por esta Superintendencia en el Resuelvo mencionado. De esta manera, el plazo para presentar un PdC o evacuar descargos es de 15 y 22 días hábiles, respectivamente.

Que, **encontrándome dentro de plazo, venimos en presentar Programa de Cumplimiento** – en adelante también denominado “PdC” –, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 42 de la Ley Orgánica N° 20.417 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que *“Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente”*, y en el Decreto Supremo N° 30/2012 del Ministerio del Medio Ambiente, que *“Aprueba Reglamento sobre Programas de Cumplimiento, Autodenuncia y Planes de Reparación”*.

¹ Tabla N° 2: Producción obtenida del CES MAY ciclo productivo 2020-2021, de la Res. Ex. N° 1 / ROL D-300-2024, indica que la superación habría sido de 35,27 Toneladas, correspondiente a un 0,51% por sobre lo autorizado.

Que, en cuanto a su procedencia, es pertinente señalar que, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 42, en relación con el artículo 37 de dicha Ley Orgánica, y a lo prescrito en el artículo 6 del mencionado Reglamento, no existen impedimentos para la presentación de este PdC, el que a su vez cumple con los requisitos exigidos en el artículo 7 del Decreto Supremo N° 30/2012.

Por su parte, cabe señalar que, en este CES en el año 2020 se sembraron 1.300.000 ejemplares de la especie *salmo salar*, correspondiente a una biomasa inicial de 191 Toneladas aproximadamente, provenientes de las Pisciculturas Chaparano, Lleuque y El Negro.

De acuerdo con los pronunciamientos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura relativos a la Información Ambiental INFA del CES May, cuyos muestreos fueron realizados en los años 2019 y 2022, se concluyó que el centro de cultivo presentó, para los periodos informados, condiciones ambientales Aeróbicas. De esta forma, se determinó que el centro de cultivo operó en niveles compatibles con las capacidades del cuerpo de agua en que se localiza, de conformidad con lo que exige el artículo 15 del Decreto Supremo N°320/2001, que establece el "Reglamento Ambiental para la Acuicultura" (RAMA). De la misma forma, todos los valores de materia orgánica analizados se encuentran por debajo del 9%, que es el límite establecido en la Res 3612/09.

Bajo el contexto del presente procedimiento, este titular presenta junto a su PdC, documento denominado "Informe integrado de análisis ambientales en columna de agua y sedimento. Proyecto: "Modificación del proyecto Centro de engorda de salmónidos canal Chaffers Sureste isla May, Salmones Multiexport S.A.", en que se analizó el aporte adicional en la columna de agua, mediante el uso de un balance de masas y análisis de información de terreno (INFA), y el aporte adicional en el sedimento marino dado por la producción del ciclo 2020 – 2021, lo que se realizó con el modelo de sedimentación NewDepomod, según la información disponible. Para lo anterior se comparó el ciclo 2020-2021, objeto de la formulación de cargos, con un ciclo de máxima biomasa autorizada según RCA del CES May.

En el referido Informe, se afirma respecto del área de sedimentación que, los resultados INFA dan cuenta de condiciones aeróbicas en el perímetro de las jaulas. Además, los resultados de las INFA acreditan una mejor condición ambiental de la que es predicha en las modelaciones NewDepomod. Por tanto, las condiciones ambientales del CES May podrían ser más favorables que la información oceanográfica existente, que muestra valores altos de energía hidrodinámica y buena profundidad. Por su parte, en relación con la activación de los módulos NewDepomod, al no estar activos ninguno de los dos sub-módulos de sedimento ni de resuspensión, 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 se modeló una condición más desfavorable para la acumulación de carbono orgánico.

Respecto al sedimento, el Informe destaca que: *“...el aporte adicional del ciclo 2020 – 2021 corresponde a un flujo anual de carbono 32.7 gC/ m²/año, lo que equivale a 0.09 gC/m²/día y a un aumento en el área de sedimentación de 502 m². En comparación, el flujo anual de carbono que sedimenta de forma natural en el mar, sin presencia de centros de cultivo, ha sido reportado por diversos autores y presenta un amplio rango de valores, entre 36,5 y 867 gC/m²/año”. Lo anterior, significa un aporte tan solo de 0.41% al área de sedimentación producida por el ciclo de producción autorizada. Asimismo, el referido análisis señala que: “... es importante aclarar que el cálculo de sedimentación permite concluir la existencia de un aporte adicional de materia orgánica en el área de sedimentación. Sin embargo, es probable que dicho aporte sea difícil de evaluar y medir en terreno, debido a la baja concentración de carbono adicional, así como del limitado y potencial efecto que éste pudo haber causado.”*

En relación con el análisis de columna de agua, el mencionado Informe sostiene que: *“... la emisión adicional de nutrientes inorgánicos DIN y DIP, en el peor escenario, representa un aporte de tan solo 0.29 y 0.02 mg/m³ respectivamente, en el mes de máxima biomasa y en los primeros metros de haber sido emitidos, antes de que se produzca dispersión y dilución alguna. Al comparar estos valores con las concentraciones naturales del sector aledaño al centro de cultivo que corresponden a DIN 739.4 y DIP 118.5, obtenemos que las concentraciones máximas emitidas por el centro de cultivo corresponden a una fracción menor, ya que el aporte adicional por emisión de DIN equivale al 0.039% de la concentración natural del sector aledaño al centro de cultivo, mientras que, en el caso de DIP, equivale al 0.015% de la concentración natural del sector. Ello teniendo en cuenta que, tras los primeros metros de haber sido emitidos, las concentraciones de DIP y DIN se reducirán rápidamente producto de la dispersión y dilución hidrodinámica.”*

En cuanto al consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo, en ese mismo documento se señala que: *“... el efecto sobre la columna de agua será levemente menor en el ciclo con biomasa autorizada respecto del ciclo 2020 – 2021, con consumos de oxígeno proyectados de 0.42 y 0.43 mg O₂/l, respectivamente. Ambos consumos de oxígeno son mínimos, ya que reducirían la concentración de oxígeno superficial de la columna en un valor inferior a 0.5 mg O₂/l, lo que teóricamente se recupera mediante difusión molecular atmosférica en un plazo de tan solo 4.24 y 4.26 horas, respectivamente.”* A su vez, agrega respecto al consumo adicional de oxígeno producto de la superación del límite máximo autorizado, lo siguiente: *“...éste se puede calcular como la diferencia en el oxígeno consumido por la biomasa del ciclo 2020 – 2021 respecto del ciclo de biomasa autorizada, lo que implica un consumo adicional de oxígeno de tan solo 0.002 mg O₂/l por parte del ciclo 2020 – 2021; lo que requeriría de apenas 0.022 horas para alcanzar las concentraciones originales. De acuerdo con las concentraciones de oxígeno registradas a un metro del fondo, se puede concluir que el alimento adicional suministrado no generó cambios detectables en la concentración de oxígeno en la columna de agua. De igual forma,*

se puede indicar que los resultados de las INFAs muestran condiciones ambientales aeróbicas, lo que comprende el ciclo de producción 2020 – 2021, objeto de la formulación de cargos. Lo anterior, debido que, los valores de OD a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo en las INFA de 2019 y 2022, se encuentran sobre el límite de aceptabilidad de 2,5 mg/L según lo establecido por la Res. Ex. 3612/2009, de acuerdo con el Figura 5 presentada en este Informe. Asimismo, los valores promedio a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo fluctúan entre el 7.4 - 8.3 mg/L, siendo 7.85 mg/L los valores promedio de OD de la INFA realizada en 2022 correspondiente al ciclo productivo 2020 – 2021.”

Finalmente, el Informe concluye que: *“...el ciclo 2020 – 2021, no habría generado efectos relevantes en la columna de agua ni en el sedimento, producto de la emisión de carbono y nutrientes. Es probable que dichos efectos sean difíciles de medir y evaluar con información de terreno, debido a la baja concentración de carbono, nutrientes y consumo de oxígeno adicionales, por lo que se puede inferir que, debido al transcurso del tiempo, ya no serían detectables...”*

En relación con la Reserva Nacional Las Guaitecas, se sostiene, lo siguiente: *“... es posible descartar efectos negativos sobre las especies terrestres, ya que el área de influencia no se superpone ni interfiere en el hábitat de estas especies. En cuanto a las especies marinas, 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 dada la ausencia de efectos negativos en la columna de agua y en el sedimento que puedan ser identificados mediante mediciones in situ, es posible concluir que estos no generan efectos negativos sobre las especies, su hábitat ni sobre la cadena trófica.”*

Por su parte, en relación con los objetos de protección de la Reserva Nacional Las Guaitecas, ésta no cuenta con un plan de manejo u otro documento que identifique los objetos de protección marinos. En este sentido, se concluye que: *“Por lo mencionado anteriormente, es posible descartar en cuanto a la magnitud, duración y extensión del aporte adicional de nutrientes, consumo de oxígeno disuelto y sedimentación del flujo de carbono, que éstos hayan generado efectos negativos asociados a la diferencia dada por el ciclo 2020 – 2021 del CES May. Es por lo tanto posible descartar que exista y haya existido un efecto negativo sobre los componentes ambientales y objetos de protección existentes en la Reserva Nacional Las Guaitecas, tanto en el Maritorio como en el medio terrestre.”* En síntesis, la evidencia disponible permite sostener que no se generaron efectos negativos sobre los objetos de protección, el sedimento marino, columna de agua, flora y fauna de la Reserva Nacional Las Guaitecas.

En cuanto a la “forma en que se eliminan o contienen y reducen los efectos y fundamentación en caso en que no puedan ser eliminados”, producto de la baja concentración de carbono, nutrientes y consumo de oxígeno adicionales, y debido al transcurso del tiempo, se puede inferir que, ya no serían

detectables dichos efectos. Sin perjuicio de lo anterior, se reducirá la producción del ciclo 2025-2026 del CES May respecto del límite máximo aprobado por RCA N° 850/2009, en al menos 36 toneladas, de conformidad con la biomasa señalada en la formulación de cargos como superación de producción.

De esta manera, con respecto al único cargo formulado por esta SMA en la Resolución, consistente en *“Superar la producción máxima autorizada en el CES May (RNA 110513), durante el ciclo productivo ocurrido entre 2 de noviembre de 2020 y 26 de diciembre de 2021”*, cuya superación habría ascendido a 35,27 toneladas por sobre la producción máxima autorizada en RCA N° 850/2009; el presente Programa de Cumplimiento comprende las siguientes acciones:

N° 1. Se reducirá la producción del CES May en su ciclo productivo 2025-2026 en al menos 36 toneladas en relación con lo autorizado por la RCA N°850/2009. **(Por ejecutar)**.

N° 2. Se elaborará un Protocolo para el control de biomasa del CES May. **(Por ejecutar)**.

N° 3. Se capacitará al personal encargado del control de la producción del CES May. **(Por ejecutar)**.

N° 4. Informar a la SMA los reportes y medios de verificación que acrediten la ejecución de las acciones comprendidas en el programa de cumplimiento a través de los sistemas digitales que se dispongan al efecto para implementar el SPDC **(Por ejecutar)**.

Por su parte, en Anexo a este PdC, se acompaña “Informe integrado de análisis ambientales en columna de agua y sedimento. Proyecto: “Modificación del proyecto Centro de engorda de salmónidos canal Chaffers Sureste isla May, Salmones Multiexport S.A.”, junto a sus documentos Anexos (N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

En relación con la propuesta realizada en el PdC que se presenta, cabe señalar que, los criterios para la aprobación de un PdC, son los siguientes: **Integridad**, que consiste en que el Programa de Cumplimiento debe contener acciones y metas a fin de hacerse cargo de la infracción que contiene la formulación de cargos, así como de sus efectos; **Eficacia**, en cuanto que, las acciones y metas propuestas en el PdC deben asegurar el cumplimiento de la normativa infringida, es decir, procurar el retorno al cumplimiento ambiental, y la mantención de esta situación; y **Verificabilidad**, referente a que las acciones y metas del Programa contemplen mecanismos que permitan acreditar su cumplimiento, incorporando para las acciones medios de verificación idóneos y suficientes que permitan a esta SMA evaluar el cumplimiento de cada acción que se propone.

Conforme a todo lo expuesto, y en virtud de la propuesta de acciones que en este acto se presentan, de los documentos que se acompañan, verificándose la concurrencia de los criterios que se exigen para la aprobación de un PdC, referentes a: Integridad, Eficacia y Verificabilidad, según lo dispuesto en el artículo 9 del Decreto N° 30/2012, ya citado, solicito a esta Superintendencia tener por presentado PdC.

POR TANTO, conforme a las normas citadas,

SOLICITO A UD., tener por presentado Programa de Cumplimiento, dentro de plazo y de acuerdo con las exigencias legales y, en definitiva, aprobarlo, disponiendo la suspensión del presente Procedimiento Administrativo Sancionatorio.

OTROSÍ: Pido a Ud., tener por acompañada copia digital del referido Programa de Cumplimiento, junto al documento denominado "Informe integrado de análisis ambientales en columna de agua y sedimento. Proyecto: "Modificación del proyecto Centro de engorda de salmónidos canal Chaffers Sureste isla May, Salmones Multiexport S.A." y sus respectivos Anexos.

POR TANTO,

PIDO A UD., tener por acompañados los documentos.



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

IDENTIFICADOR DEL HECHO	1	
DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS, ACTOS Y OMISIONES QUE CONSTITUYEN LA INFRACCIÓN	Superar la producción máxima autorizada en el CES May (RNA 110513), durante el ciclo productivo ocurrido entre 2 de noviembre de 2020 y 26 de diciembre de 2021.	
NORMATIVA PERTINENTE	RCA N° 850/2009, considerando 3.8, descripción de proyecto: “[...] Las principales características se describen a continuación. Descripción Información Proyecto Técnico Producción máxima estimada (5° año) 6.880 toneladas.; Considerando 4.1, normas de emisión y otras normas ambientales: “D.S. MINECON Reglamento Ambiental para la Acuicultura. El titular cumplirá con todos los requerimientos ambientales para las actividades de acuicultura dispuestos en este reglamento”; D.S. N° 320/2001 Ministerio de Economía. Reglamento Ambiental para la Acuicultura. Artículo 15: [...] El titular de un centro de cultivo no podrá superar los niveles de producción aprobados en la resolución de calificación ambiental.; y Considerando 4.2.2: Permiso Ambiental Sectorial establecido en el artículo 74 del RSEIA: “Permiso para realizar actividades de cultivo y producción de recursos hidrobiológicos [...]” <i>Mediante Of. Ordinario N° 1859 de fecha 10 de septiembre de 2009, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura informó favorablemente, condicionando, entre otros aspectos: - Producción máxima autorizada de 6.880 toneladas a contar del primer año de la presente modificación. – El titular deberá dar cumplimiento al Reglamento Ambiental para la Acuicultura, D.S. (MINECON) N° 320 de 2001. – El titular deberá cumplir con el cronograma de actividades y programa de producción señalado en el respectivo Proyecto Técnico, asociado a la solicitud de modificación en comento.”</i>	
DESCRIPCIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR LA INFRACCIÓN O FUNDAMENTACIÓN DE LA INEXISTENCIA DE EFECTOS NEGATIVOS	De acuerdo con los pronunciamientos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura relativos a la Información Ambiental INFA del CES May, cuyos muestreos fueron realizados en los años 2019 y 2022, se concluyó que el centro de cultivo presentó, para los periodos informados, condiciones ambientales Aeróbicas. De esta forma, se determinó que el centro de cultivo operó en niveles compatibles con las capacidades del cuerpo de agua en que se localiza, de conformidad con lo que exige el artículo 15 del Decreto Supremo N°320/2001, que establece el “Reglamento Ambiental para la Acuicultura” (RAMA). De la misma forma, todos los valores de materia orgánica analizados se encuentran por debajo del 9%, que es el límite establecido en la Res 3612/09. Bajo el contexto del presente procedimiento, este titular presenta junto a su PdC, documento denominado “Informe integrado de análisis ambientales en columna de agua y sedimento. Proyecto: “Modificación del proyecto Centro de engorda de salmónidos canal Chaffers Sureste isla May, Salmones Multiexport S.A.”, en que se analizó el aporte adicional en la columna de agua, mediante el uso de un balance de masas y análisis de información de terreno (INFA), y el aporte adicional en el sedimento marino dado por la producción del ciclo 2020 – 2021, lo que se realizó con el modelo de sedimentación NewDepomod, según la información disponible. Para lo anterior se comparó el ciclo 2020-2021, objeto de la formulación de cargos, con un ciclo de máxima biomasa autorizada según RCA del CES May.	

En el referido Informe, se afirma respecto del área de sedimentación que, los resultados INFA dan cuenta de condiciones aeróbicas en el perímetro de las jaulas. Además, los resultados de las INFA acreditan una mejor condición ambiental de la que es predicha en las modelaciones NewDepomod. Por tanto, las condiciones ambientales del CES May podrían ser más favorables que la información oceanográfica existente, que muestra valores altos de energía hidrodinámica y buena profundidad. Por su parte, en relación con la activación de los módulos NewDepomod, al no estar activos ninguno de los dos sub-módulos de sedimento ni de resuspensión, 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 se modeló una condición más desfavorable para la acumulación de carbono orgánico. Respecto al sedimento, el Informe destaca que: *“...el aporte adicional del ciclo 2020 – 2021 corresponde a un flujo anual de carbono 32.7 gC/ m²/año, lo que equivale a 0.09 gC/m²/día y a un aumento en el área de sedimentación de 502 m². En comparación, el flujo anual de carbono que sedimenta de forma natural en el mar, sin presencia de centros de cultivo, ha sido reportado por diversos autores y presenta un amplio rango de valores, entre 36,5 y 867 gC/m²/año”*. Lo anterior, significa un aporte tan solo de 0.41% al área de sedimentación producida por el ciclo de producción autorizada. Asimismo, el referido análisis señala que: *“... es importante aclarar que el cálculo de sedimentación permite concluir la existencia de un aporte adicional de materia orgánica en el área de sedimentación. Sin embargo, es probable que dicho aporte sea difícil de evaluar y medir en terreno, debido a la baja concentración de carbono adicional, así como del limitado y potencial efecto que éste pudo haber causado.”* En relación con el análisis de columna de agua, el mencionado Informe sostiene que: *“... la emisión adicional de nutrientes inorgánicos DIN y DIP, en el peor escenario, representa un aporte de tan solo 0.29 y 0.02 mg/m³ respectivamente, en el mes de máxima biomasa y en los primeros metros de haber sido emitidos, antes de que se produzca dispersión y dilución alguna. Al comparar estos valores con las concentraciones naturales del sector aledaño al centro de cultivo que corresponden a DIN 739.4 y DIP 118.5, obtenemos que las concentraciones máximas emitidas por el centro de cultivo corresponden a una fracción menor, ya que el aporte adicional por emisión de DIN equivale al 0.039% de la concentración natural del sector aledaño al centro de cultivo, mientras que, en el caso de DIP, equivale al 0.015% de la concentración natural del sector. Ello teniendo en cuenta que, tras los primeros metros de haber sido emitidos, las concentraciones de DIP y DIN se reducirán rápidamente producto de la dispersión y dilución hidrodinámica.”* En cuanto al consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo, en ese mismo documento se señala que: *“... el efecto sobre la columna de agua será levemente menor en el ciclo con biomasa autorizada respecto del ciclo 2020 – 2021, con consumos de oxígeno proyectados de 0.42 y 0.43 mg O₂/l, respectivamente. Ambos consumos de oxígeno son mínimos, ya que reducirían la concentración de oxígeno superficial de la columna en un valor inferior a 0.5 mg O₂/l, lo que teóricamente se recupera mediante difusión molecular atmosférica en un plazo de tan solo 4.24 y 4.26 horas, respectivamente.”* A su vez, agrega respecto al consumo adicional de oxígeno producto de la superación del límite máximo autorizado, lo siguiente: *“...éste se puede calcular como la diferencia en el oxígeno consumido por la biomasa del ciclo 2020 – 2021 respecto del ciclo de biomasa autorizada, lo que implica un consumo adicional de oxígeno de tan solo 0.002 mg O₂/l por parte del ciclo 2020 – 2021; lo que requeriría de apenas 0.022 horas para alcanzar las concentraciones originales. De acuerdo con las concentraciones de oxígeno registradas a un metro del fondo, se puede concluir que el alimento adicional suministrado no generó cambios detectables en la concentración de oxígeno en la columna de agua. De igual forma, se puede indicar que los resultados de las INFAs muestran condiciones ambientales aeróbicas, lo que comprende el ciclo de producción 2020 – 2021, objeto de la*

formulación de cargos. Lo anterior, debido que, los valores de OD a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo en las INFA de 2019 y 2022, se encuentran sobre el límite de aceptabilidad de 2,5 mg/L según lo establecido por la Res. Ex. 3612/2009, de acuerdo con el Figura 5 presentada en este Informe. Asimismo, los valores promedio a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo fluctúan entre el 7.4 - 8.3 mg/L, siendo 7.85 mg/L los valores promedio de OD de la INFA realizada en 2022 correspondiente al ciclo productivo 2020 – 2021.” Finalmente, el Informe concluye que: “...el ciclo 2020 – 2021, no habría generado efectos relevantes en la columna de agua ni en el sedimento, producto de la emisión de carbono y nutrientes. Es probable que dichos efectos sean difíciles de medir y evaluar con información de terreno, debido a la baja concentración de carbono, nutrientes y consumo de oxígeno adicionales, por lo que se puede inferir que, debido al transcurso del tiempo, ya no serían detectables...” En relación con la Reserva Nacional Las Guaitecas, se sostiene, lo siguiente: “... es posible descartar efectos negativos sobre las especies terrestres, ya que el área de influencia no se superpone ni interfiere en el hábitat de estas especies. En cuanto a las especies marinas, 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 dada la ausencia de efectos negativos en la columna de agua y en el sedimento que puedan ser identificados mediante mediciones in situ, es posible concluir que estos no generan efectos negativos sobre las especies, su hábitat ni sobre la cadena trófica.” Por su parte, en relación con los objetos de protección de la Reserva Nacional Las Guaitecas, ésta no cuenta con un plan de manejo u otro documento que identifique los objetos de protección marinos. En este sentido, se concluye que: “Por lo mencionado anteriormente, es posible descartar en cuanto a la magnitud, duración y extensión del aporte adicional de nutrientes, consumo de oxígeno disuelto y sedimentación del flujo de carbono, que éstos hayan generado efectos negativos asociados a la diferencia dada por el ciclo 2020 – 2021 del CES May. Es por lo tanto posible descartar que exista y haya existido un efecto negativo sobre los componentes ambientales y objetos de protección existentes en la Reserva Nacional Las Guaitecas, tanto en el Maritorio como en el medio terrestre.” En síntesis, la evidencia disponible permite sostener que no se generaron efectos negativos sobre los objetos de protección, el sedimento marino, columna de agua, flora y fauna de la Reserva Nacional Las Guaitecas.

FORMA EN QUE SE ELIMINAN O CONTIENEN Y REDUCEN LOS EFECTOS Y FUNDAMENTACIÓN EN CASO EN QUE NO PUEDAN SER ELIMINADOS

En relación con lo expuesto, producto de la baja concentración de carbono, nutrientes y consumo de oxígeno adicionales, y debido al transcurso del tiempo, se puede inferir que, ya no serían detectables dichos efectos. Sin perjuicio de lo anterior, se reducirá la producción del ciclo 2025-2026 del CES May respecto del límite máximo aprobado por RCA N° 850/2009, en al menos 36 toneladas, de conformidad con la biomasa señalada en la formulación de cargos como superación de producción.

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

2.1 METAS

- Reducir la producción del CES May en el próximo ciclo productivo 2025-2026, en al menos 36 toneladas en relación con la producción máxima autorizada en RCA 850/2009 (acción 1).
- Elaborar Protocolo para el control de biomasa, que contendrá las acciones y medidas que garantizará la no superación de producción máxima autorizada para el CES May según límite de la RCA N° 850/2009 (acción 2).
- Capacitar al personal de la Compañía sobre las medidas que contempla el Protocolo para el control de biomasa, a fin de garantizar la no superación de la producción máxima autorizada para el CES May (acción 3).
- Informar a la SMA los reportes y medios de verificación que acrediten la ejecución de las acciones comprendidas en el PdC a través de los sistemas digitales (acción 4).

2.2 PLAN DE ACCIONES

2.2.1 ACCIONES EJECUTADAS

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

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS INCURRIDOS
N/A	Acción	N/A	N/A	Reporte Inicial	N/A
	N/A			N/A	
	Forma de Implementación				
	N/A				

2.2.2 ACCIONES EN EJECUCIÓN

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

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	FECHA DE INICIO Y PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	IMPEDIMENTOS EVENTUALES
N/A	Acción	N/A	N/A	Reporte Inicial	N/A	Impedimentos
	N/A			N/A		N/A
	Forma de Implementación			N/A		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	N/A			Reporte final		N/A
				N/A		

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
1	<p>Acción</p> <p>Se reducirá la producción del CES May en su ciclo productivo 2025-2026 en al menos 36 toneladas en relación con lo autorizado por la RCA N°850/2009.</p>	<p>Operación efectiva del próximo ciclo productivo, cuya siembra se proyecta iniciar entre los meses de febrero y marzo de 2025 y su cosecha entre abril y mayo de 2026¹.</p>	<p>Al fin del ciclo productivo 2025-2026, se reduce en al menos 36 toneladas la producción del CES May, en relación con el límite máximo de la RCA autorizada².</p>	<p>Reportes de avance</p> <ul style="list-style-type: none"> - Declaración de intención de siembra del CES May para ciclo 2025-2026. - Declaración jurada de siembra efectiva de la operación del CES May correspondiente al ciclo productivo del año 2025-2026, presentada por el titular ante la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 	<p>Se asumen dentro de la operación del titular.</p>	<p>Impedimentos</p> <p>Que no sea posible operar el CES durante el período por no contar con INFA aeróbica o por alguna limitación o prohibición de operación impuesta por la autoridad o normativa aplicable.</p>

¹ El periodo productivo de la ACS N° 19A, a la cual pertenece el CES May, se encuentra fijado por la Autoridad entre el 17 de noviembre de 2024 y el 31 de julio de 2026. Se considera este plazo para la referida acción, en atención a que se proyecta que el CES May inicie su siembra de su próximo ciclo productivo 2025-2026, entre los meses de febrero y marzo del año 2025, y su cosecha entre abril y mayo del 2026.

² Se hace presente que, la reducción productiva que comprende esta acción será consecuencia de la planificación de la empresa, y no a un acto de autoridad o limitación reglamentaria que imponga dicha reducción.

	<p>Forma de Implementación</p> <p>La compañía ha decidido reducir la producción de biomasa en el próximo ciclo productivo del CES May, en al menos 36 toneladas, en relación con lo máximo autorizado a producir en la RCA N° 850/2009. De acuerdo con lo proyectado se estima que la siembra de este CES comenzará entre los meses de febrero y marzo de 2025, y su cosecha iniciará entre abril y mayo de 2026.</p>			<p>Reporte final</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resoluciones de la Subpesca que fija densidad de cultivo, y sus modificaciones. - Mortalidad del ciclo reportada en SIFA. - Declaración jurada de cosecha efectiva de la operación del CES May correspondiente al ciclo productivo del año 2025-2026, presentada por el titular ante la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. - Compilado de todos los reportes de avance que se consideran durante la ejecución de esta acción. 		<p>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</p> <p>Se comunicará a la SMA dentro del plazo de 10 días hábiles de la ocurrencia del impedimento, proponiendo nuevo plazo y cronograma para la ejecución de la acción. En el evento que el centro no pueda operar en forma definitiva, se comunicará a la SMA el centro o los centros que compensarán la presente acción.</p>
2	<p>Acción</p> <p>Se elaborará un Protocolo para el control de biomasa del CES May.</p>	<p>En 1 mes a contar de la fecha en que se notifique la resolución de aprobación del PdC.</p>	<p>Se elabora Protocolo para control de biomasa del CES May, el que contempla las actividades y medidas para el control de la producción.</p>	<p>Reportes de avance</p> <ul style="list-style-type: none"> - Copia del Protocolo para Control de Biomasa del CES May. 	<p>Se asumen dentro de la operación de la Compañía.</p>	<p>Impedimentos</p> <p>N/A</p>

	Forma de implementación			Reporte final		Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	<p>La Subgerencia de Medio Ambiente y Concesiones de la Compañía, elaborará un Protocolo para control de biomasa del CES May, el que contendrá acciones y medidas a fin de garantizar la no superación de la producción máxima autorizada por la RCA N° 850/2009. Este documento incluye, entre otros, los siguientes ítems asociados a las actividades y medidas para dicho fin:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducción - Objetivos - Alcance - Definiciones - Acciones - Capacitación - Indicadores de cumplimiento - Medios de Verificación de las acciones - Referencias - Creación - Revisión y Aprobación 			<ul style="list-style-type: none"> - Copia del Protocolo para Control de Biomasa del CES May. 		N/A
3	<p>Acción</p> <p>Se capacitará al personal encargado del control de la producción del CES May.</p>	<p>Dentro de 2 meses desde la notificación de la resolución que aprueba el PDC.</p>	<p>Se capacita dentro del plazo al personal responsable de la producción del CES May acerca del Protocolo para control de biomasa, que comprende acciones y actividades, a fin de garantizar la no superación de la</p>	<p>Reportes de avance</p> <ul style="list-style-type: none"> - Copia de el o los correos electrónicos mediante los cuales se difunde el Protocolo y sus 	<p>Se asumen dentro de la operación de la Compañía.</p>	<p>Impedimentos</p> <p>N/A</p>

			producción máxima autorizada para esta Unidad Fiscalizable.	actualizaciones entre la organización. - Registro o listado de asistencia de la capacitación donde se consigne su contenido.	
	Forma de implementación			Reporte final	Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento
	<p>Para garantizar la no superación de la producción máxima autorizada por RCA N° 850/2009 para el CES May, dentro de plazo de esta acción, se considera capacitar a todo el personal encargado del control de la producción del CES May sobre el Protocolo para Control de Biomasa que se elaborará por la Compañía de acuerdo con la acción N° 2 de este PdC. Esta capacitación se efectuará por parte de la Subgerencia de Medio Ambiente y Concesiones de Multi X, en la que se capacitará sobre el contenido del Protocolo, y especialmente sobre las acciones y medidas que se contemplan para el control de la producción del CES May, durante su operación, que consisten en:</p> <p>1. Plan de siembra. -Verificación Plan de Siembra. - Proyección de biomasa.</p>			<p>- Compilado de todos los reportes de avance.</p>	N/A

	<p>2. Control de biomasa CES. - Control sistema productivo.</p> <p>3. Plan de cosecha. - Revisión y actualización del plan de cosecha.</p> <p>Finalizada la capacitación sobre el Protocolo para Control de Biomasa del CES May, se levantará un registro o listado de asistencia que contendrá fecha, nombre, cargo y firma de los asistentes.</p>					
4	<p>Acción</p> <p>Informar a la SMA los reportes y medios de verificación que acrediten la ejecución de las acciones comprendidas en el programa de cumplimiento a través de los sistemas digitales que se dispongan al efecto para implementar el SPDC.</p>	Permanente	Esta acción no requiere de 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.	<p>Reportes de avance</p> <p>Esta acción no requiere de 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.</p>	\$0	
	<p>Forma de implementación</p> <p>Dentro del plazo y según la frecuencia establecida en la resolución que apruebe el programa de cumplimiento, se</p>			<p>Reporte final</p> <p>Esta acción no requiere de reporte o medio de verificación específico, y una vez ingresados</p>		<p>Impedimentos</p> <p>Problemas exclusivamente técnicos que pudieran 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.</p>
				<p>Acción alternativa, implicancias y gestiones asociadas al impedimento</p> <p>Se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico,</p>		

	<p>accederá al sistema digital que se disponga para este efecto, y se cargará el programa y la información relativa al reporte inicial, los reportes de avance o el informe final de cumplimiento, según 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.</p>			<p>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.</p>		<p>especificando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC, remitiendo comprobante 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.</p>
--	---	--	--	---	--	--

2.2.4 ACCIONES ALTERNATIVAS

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

N° IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN PRINCIPAL ASOCIADA	PLAZO DE EJECUCIÓN	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	COSTOS ESTIMADOS	
N/A	Acción				Reportes de avance		
	Forma de implementación				Reporte final		

3. PLAN DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS

3.1 REPORTE INICIAL

REPORTE ÚNICO DE ACCIONES EJECUTADAS Y EN EJECUCIÓN.

PLAZO DEL REPORTE (en días hábiles)		Días hábiles desde de la notificación de la aprobación del Programa.
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción a reportar
	N/A	

3.2 REPORTES DE AVANCE

REPORTE DE ACCIONES EN EJECUCIÓN Y POR EJECUTAR.

TANTOS REPORTES COMO SE REQUIERAN DE ACUERDO A LAS CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES REPORTADAS Y SU DURACIÓN

PERIODICIDAD DEL REPORTE (Indicar periodicidad con una cruz)	Semanal		A partir de la notificación de aprobación del Programa. Los reportes serán remitidos a la SMA en la fecha límite definida por la frecuencia señalada. Estos reportes incluirán la información hasta una determinada fecha de corte comprendida dentro del periodo a reportar.
	Bimensual (quincenal)		
	Mensual		
	Bimestral		
	Trimestral		
	Semestral	x	
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción a reportar	
	1	Se reducirá la producción del CES May en su ciclo productivo 2025-2026 en al menos 36 toneladas en relación con lo autorizado por la RCA N°850/2009.	

	2	Se elaborará un Protocolo para el control de biomasa del CES May.
	3	Se capacitará al personal encargado del control de la producción del CES May.
3.3 REPORTE FINAL		
REPORTE ÚNICO AL FINALIZAR LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.		
PLAZO DE TÉRMINO DEL PROGRAMA CON ENTREGA DEL REPORTE FINAL	30	Días hábiles a partir de la finalización de la acción de más larga data.
ACCIONES A REPORTAR (N° identificador y acción)	N° Identificador	Acción a reportar
	1	Se reducirá la producción del CES May en su ciclo productivo 2025-2026 en al menos 36 toneladas en relación con lo autorizado por la RCA N°850/2009.
	2	Se elaborará un Protocolo para el control de biomasa del CES May.
	3	Se capacitará al personal encargado del control de la producción del CES May.

INFORME INTEGRADO DE ANÁLISIS AMBIENTALES EN COLUMNA DE AGUA Y SEDIMENTO

**Proyecto: “Modificación del proyecto Centro de engorda de
salmónidos canal Chaffers Sureste isla May, Salmones
Multiexport S.A.”**

SOLICITANTE: MULTI X S.A.
EJECUTOR: IA Consultores SpA.



Enero de 2025

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	3
2	Evaluación de Aportes Adicionales en la Columna de agua.....	3
2.1	Descripción de la columna de agua a partir de resultados INFA.....	4
2.2	Cuantificación de la emisión de nutrientes orgánicos e inorgánicos mediante balance de masas.....	5
2.2.1	Resultados de la emisión de nutrientes	9
2.3	Determinación del consumo de oxígeno y nutrientes	13
2.3.1	Consumo de nutrientes	13
2.3.2	Consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo	15
2.4	Evaluación de la condición ambiental de la columna de agua	16
2.5	Discusión y Conclusiones	20
3	Evaluación del sedimento del fondo marino.....	23
3.1	Metodología para la modelación	24
3.1.1	NewDepomod.....	24
3.1.2	Definición del Área de Influencia (AI).....	30
3.2	Objetivos de la modelación	30
3.3	Datos de entrada del balance de masas.....	30
3.4	Descripción del área de estudio	31
3.4.1	Batimetría	31
3.4.2	Hidrodinámica del área modelada	32
3.5	Antecedentes de la modelación	33
3.5.1	Grilla de Modelación.....	33
3.5.2	Cálculo de los valores de flujo diario y flujo anual de carbono	33
3.6	Resultados de la modelación	34
3.7	Análisis sedimento INFA	35
3.8	Identificación Componentes bióticos potencialmente afectados	36
4	Análisis Área protegida Reserva Nacional Las Guaitecas	37
4.1	Conclusiones	42
5	Anexos (adjuntos en formato digital)	45

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

1 Introducción

El presente análisis se realiza en el contexto de la formulación de cargos a la titular del CES “May” (RNA 110513), Multi X S.A., por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (“SMA” o “Superintendencia”) mediante la RES. EX. N° 1 / ROL D-300-2024, en adelante la “Resolución”, analizando los aportes adicionales producidos en la columna de agua y sedimento, así como sobre la biota presente en el fondo marino y los objetos de protección de la Reserva Forestal Las Guaitecas.

El presente informe consta de dos secciones principales. La primera se centra en identificar los aportes adicionales en la columna de agua, mediante el uso de un balance de masas y análisis de información de terreno. La segunda parte consiste en determinar el aporte adicional en el sedimento marino dado por el ciclo 2020 – 2021, mediante el uso del modelo de sedimentación NewDepomod y análisis de la información disponible. Se hace presente que, la información productiva empleada para realizar este análisis corresponde a la contenida en la RES. EX. N° 1 / ROL D-300-2024 de formulación de cargos de la Superintendencia.

2 Evaluación de Aportes Adicionales en la Columna de agua

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

1. Identificar el aporte de nutrientes en el mes de máxima emisión de nutrientes, que representa la condición más desfavorable del CES May, durante el ciclo 2020 – 2021, objeto de la formulación de cargos.
2. Comparar el aporte de nutrientes del ciclo 2020 – 2021 con el aporte de nutrientes de un ciclo productivo según máxima biomasa autorizada a través de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del CES May (en adelante “ciclo biomasa autorizada”).
3. Analizar los resultados con el fin de evaluar los aportes adicionales sobre la columna de agua y biota.
4. Determinar el consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo, los nutrientes y materia orgánica emitidos a la columna de agua y comparar el consumo de oxígeno entre el ciclo 2020 – 2021 y el ciclo según biomasa autorizada por RCA.

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

- Descripción de los ciclos productivos a analizar.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

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

2.1 Descripción de la columna de agua a partir de resultados INFA

En relación con las características oceanográficas del sector, se analizaron los perfiles de la columna de agua realizados en el marco de las INFA efectuadas en noviembre de 2019 y enero de 2022. En el mes de noviembre de 2019 se observan concentraciones de oxígeno relativamente homogéneas en toda la columna, con valores siempre superiores a los 7 mg/l, y un promedio en superficie cercano a 8.5 mg/l. En el mes de enero de 2022, la columna muestra cierta estratificación superficial, mostrando incremento en las concentraciones de oxígeno desde los 30 a los 0 m. Las concentraciones superficiales en verano son elevadas, con valores promedio en torno a los 9 mg/l en los primeros 20 m de la columna, y valores levemente más bajos, en torno a los 7.5 mg/l, a nivel de fondo.

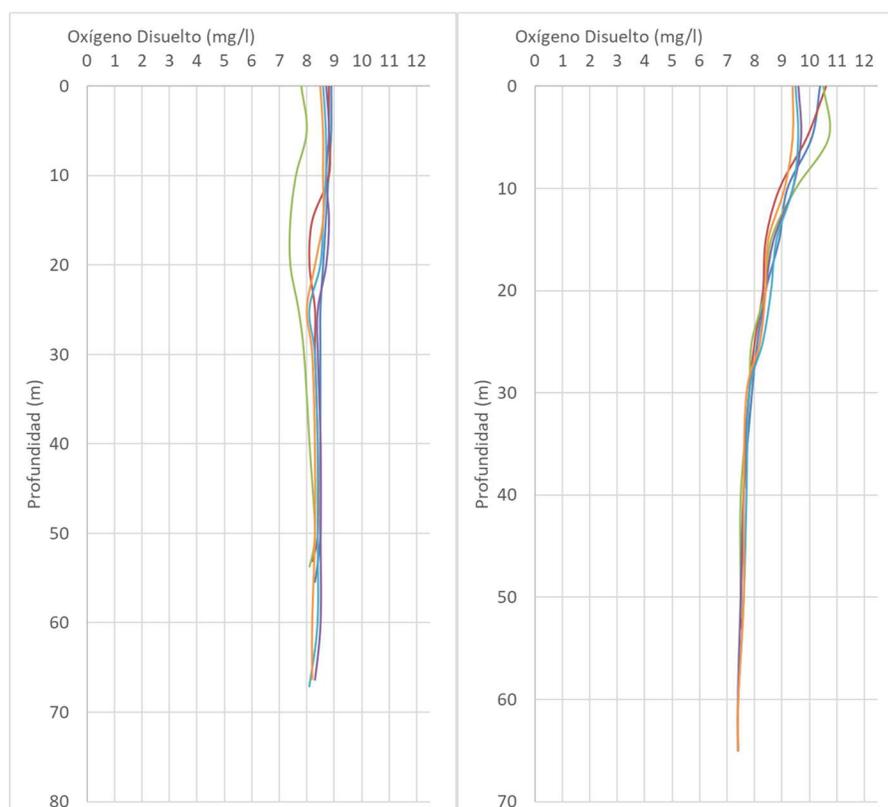


Figura 1 Perfiles de Oxígeno(mg/l): De izquierda a derecha: INFA 2019; INFA 2022.

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

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

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

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

En cuanto al comportamiento hidrodinámico, a partir de la correntometría realizada entre los días 3 de junio y 4 de julio de 2018, por un período de 32 días, se observa el predominio de las corrientes en dirección Este y Oeste, de forma paralela al borde costero y con velocidades máximas de hasta 1.2 nudos principalmente en dirección Este, tal y como se puede observar en la figura 3 del informe de corrientes adjunto en **Anexo - May Estudio Corrientes 2018**.

La correntometría de 2018 fue también analizada 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 principal de emisión de nutrientes, comprendida aproximadamente entre los 0 y los 20 m de profundidad. Se calculó la velocidad promedio del período de medición en el rango de profundidades 4 a 20 m, obteniéndose una velocidad promedio de 11.32 cm/s.

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

Según lo indicado por Wang et.al., 2012⁴ la acuicultura libera a la columna de agua carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P), ver 0. El nitrógeno inorgánico disuelto, abreviado como DIN (N aportado por el amoníaco, NH₃⁺) y el fósforo inorgánico disuelto, abreviado como DIP (P aportado por el fosfato, PO₄³⁻), se liberan a través de la excreción de los ejemplares de cultivo, y el C inorgánico como CO₂ se libera a través de la respiración de los peces. Las partículas orgánicas del C, N y P, como el Carbono Orgánico Particulado (POC), el Nitrógeno Orgánico Particulado (PON) y el Fósforo Orgánico Particulado (POP), se liberan a través de la defecación de los peces y del alimento no consumido. El C, N y P orgánicos disueltos, como el Carbono Orgánico Disuelto (DOC), el Nitrógeno Orgánico Disuelto (DON) y el Fósforo Orgánico Disuelto (DOP), se generan a través de la disolución de fracciones orgánicas de partículas de fecas y alimento procedentes tanto de la columna de agua como de las ya sedimentadas (Olsen y Olsen 2008⁵).

⁴ 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.

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

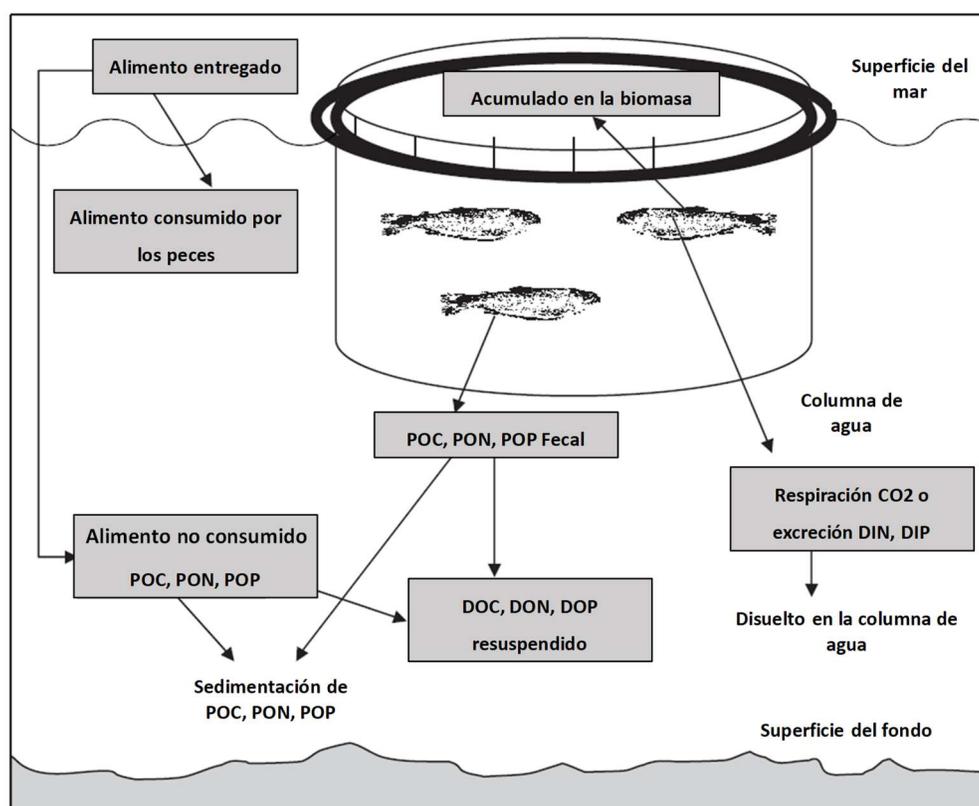


Figura 2 El flujo y el destino de los nutrientes de un sistema de cultivo de salmónidos. El nitrógeno y el fósforo inorgánicos disueltos (DIN y DIP, respectivamente) se liberan a través de la excreción de los peces, y el carbono inorgánico (CO₂) a través de su respiración. Las partículas orgánicas C,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

Las partículas fecales y el alimento no consumido se hunden rápidamente y podrían acumularse en los sedimentos del fondo marino (Cromey et al. 2002⁶, Olsen & Olsen 2008, Nickell et al. 2009⁷). El DON y el DOP se disuelven del alimento y las partículas fecales, y pueden constituir moléculas pequeñas que contienen N y P como, por ejemplo, aminoácidos y nucleótidos, pero en su mayoría comprenden compuestos químicos complejos disueltos (<0.2 µM) que están disponibles para bacterias y para el fitoplancton en una escala de tiempo más larga (Palenik y Morel 1990⁸, Fan et al. 2003⁹, Stoecker & Gustafson 2003¹⁰).

En la Tabla N° 1, se muestran los resultados del balance de masas de emisión de desechos de Carbono (C), Nitrógeno (N) y Fósforo (F) 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° 1. Dado

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

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

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

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

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

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

que la emisión de nutrientes consiste en un flujo, el cálculo es realizado con los valores productivos del mes de máxima emisión de nutrientes (condición más desfavorable). Los parámetros productivos mensuales se presentan en la Tabla N° 1.

Tabla 1. Coeficientes del modelo para el contenido de agua del alimento y los peces, la eficiencia de asimilación (EA) del carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) del alimento, el contenido de C, N y P en alimento y peces y la velocidad de lixiviación (es decir, fracción soluble) de materia fecal y de alimentación C, N y P. DW: peso seco; WW: peso húmedo (según Wang et. al., 2012). **Todos los cálculos se realizaron sobre el mes de máxima emisión de nutrientes, teniendo en cuenta el incremento de biomasa en dicho mes, dado que es el dato directamente asociado al volumen de alimento entregado.**

Coeficientes	RCA	Ciclo 2020 – 2021	Referencias
Mes de máxima emisión	mes 10	mes 10	Información Multi X
FCR	1.03	1.03	Información Multi X
Biomasa producida (Ton)	893.8	898.3	Información Multi X
Alimento entregado (Ton)	923.6	928.3	Información Multi X
Alimento no consumido	1.0%	1.0%	Morriey D., et.al, Niwa Report, 2011
Humedad en alimento (DW)	5.1%	5.1%	Información Multi X
Materia seca en peces (WW)	33.5%	33.5%	Talbot et al. (1986)
Eficiencia asimilación C (AE)	80.0%	80.0%	Cheshuk et al. (2003), Corner et al. (2006)
Contenido de C en alimento (DW)	53.4%	53.4%	Información Multi X
Contenido de C en el pez (DW)	50%	50%	Olsen & Olsen (2008)
Fracción soluble C en alimento y fecas (DW)	15%	15%	Chen et al. (2003)
Eficiencia asimilación N (AE)	85%	85%	T. Lea, Skretting AS
Contenido de N en alimento (DW)	7.2%	7.2%	Gillibrand et al. (2002), Mente et al. (2006)
Contenido de N en el pez (WW)	3.0%	3.0%	Ackefors & Enell (1990),
Contenido de N en el pez (DW)	9.0%	9.0%	Davies & Slaski (2003)
Fracción soluble N en alimento y fecas (DW)	15.0%	15.0%	Chen et al. (2003)
Eficiencia asimilación P (AE)	50.0%	50.0%	Reid et al. (2009), Bureau et al. (2003)
Contenido de P en alimento (DW)	1.20%	1.20%	Petersen et al. (2005), Reid et al. (2009)
Contenido de P en el pez (WW)	0.40%	0.40%	Talbot et al. (1986)
Contenido de P en el pez (DW)	1.19%	1.19%	Talbot et al. (1986)
Fracción soluble P en alimento y fecas (DW)	15.0%	15.0%	Sugiura et al. (2006)

Tabla 2. Detalle del incremento mensual de biomasa y alimento mensual entregado, en toneladas, de los 2 ciclos modelados relativos al CES May. Se resaltan en negrita los valores de máximo incremento de biomasa y máxima cantidad de alimento entregado en un mes, correspondientes a la condición más desfavorable utilizada para la modelación de nutrientes de cada ciclo.

Mes	Ciclo biomasa autorizada			Ciclo 2020 – 2021		
	Biomasa mensual	Incremento biomasa	Alimento	Biomasa mensual	Incremento biomasa	Alimento
1	237	59	48	238	59	49
2	394	158	137	396	158	138
3	713	319	289	717	321	291
4	1,060	347	352	1,066	349	354
5	1,482	422	422	1,490	424	425

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY				IA Consultores Innovación Ambiental	
	Proyecto 24222					

6	2,111	629	619	2,122	632	622
7	2,830	719	701	2,845	723	705
8	3,490	659	718	3,507	663	722
9	4,375	886	877	4,398	890	881
10	5,269	894	924	5,296	898	928
11	5,917	648	778	5,947	651	782
12	5,543	508	721	5,571	511	725
13	2,559	398	413	2,572	400	416
14	-	-	61	-	-	61

De la tabla anterior se desprende que los meses con mayor emisión de nutrientes, es decir, más desfavorables para la emisión de nutrientes, corresponden al mes 10 para ambos ciclos. Los valores identificados de alimento entregado e incremento de biomasa en dichos meses son los utilizados en los balances de masas, según puede verse en la Tabla N° 1, filas 3 y 4.

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

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

Respecto al 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 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"¹¹, 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**

¹¹ https://scia.sea.gob.cl/elementosFisicos/enviados.php?id_documento=2162766950

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

el análisis de efectos, la peor condición se concentra en el mes de máxima emisión, y no en la acumulación de meses previos.

2.2.1 Resultados de la emisión de nutrientes

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

Emisión total de nutrientes en la columna de agua

Se muestra a continuación la totalidad de los nutrientes aportados al medio a lo largo de todo el ciclo productivo, lo que es comparado con el ciclo de biomasa autorizada. Se comparan también los valores totales de alimento entregado, junto con sus estadísticas asociadas.

Tabla 3. Se detalla en toneladas peso seco (DW) los resultados de alimento no consumido (A), crecimiento (G) y alimento consumido (I).

	Ciclo biomasa autorizada	Ciclo 2020 – 2021	Diferencia
Biomasa	6,880.0	6,915.3 ¹²	35.27
Alimento entregado	7,061.3	7,097.5	36.19
Alimento consumido	6,990.7	7,026.5	35.83
Alimento no consumido (A)	67.0	67.3	0.34
Crecimiento (G)	2,304.8	2,316.6	11.81
Consumo de alimento (I)	6,633.1	6,667.1	33.99

Tabla 4. Se detallan la excreción de C, N y P mediante excreción de los peces y emisión de fecas de los salmónidos a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO₂ eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amoníaco (NH₃) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO₄ 3-) por la orina de los ejemplares. Valores en toneladas mensuales.

	Contenido C, N, F	Abrev.	Ciclo biomasa autorizada		Ciclo 2020 – 2021		Aporte adicional	Destino
			Ton	%	Ton	%	Ton	
Alimento entregado	Carbono		3,580.0	100%	3,598.4	100%	18.35	---
	Nitrógeno		482.4	100%	484.9	100%	2.47	---
	Fósforo		80.4	100%	80.8	100%	0.41	---
Biomasa	Carbono		1,152.4	32%	1,158.3	32%	5.91	---
	Nitrógeno		206.4	43%	207.5	43%	1.06	---
	Fósforo		27.5	34%	27.7	34%	0.14	---
Excreción	Carbono	CO ₂	1,683.0	47%	1,691.6	47%	8.63	columna y atm.
	Nitrógeno	DIN	199.5	41%	200.6	41%	1.02	columna
	Fósforo	DIP	12.3	15%	12.3	15%	0.06	columna
Alimento no consumido + fecas	Carbono	POC	633.0	18%	636.2	18%	3.24	sedimento
	Nitrógeno	PON	65.0	13%	65.3	13%	0.33	sedimento
	Fósforo	POP	34.5	43%	34.7	43%	0.18	sedimento

¹² Se hace presente que, la información productiva empleada para realizar este análisis corresponde a la contenida en la RES. EX. N° 1 / ROL D-300-2024 de formulación de cargos de la Superintendencia.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY						IA Consultores Innovación Ambiental	
	Proyecto 24222							

Lixiviado de fecas y alimento	Carbono	DOC	111.7	3%	112.3	3%	0.57	columna
	Nitrógeno	DON	11.5	2%	11.5	2%	0.06	columna
	Fósforo	DOP	6.1	8%	6.1	8%	0.03	columna

De la información contenida en la formulación de cargos de la SMA referida, y a lo incluido en las Tablas anteriores, se desprende que el ciclo 2020 – 2021 tuvo una producción 35.27 Ton. por sobre la producción autorizada. Ello habría implicado una entrega de alimento adicional de 36.19 Ton.

En relación con la cuantificación de las emisiones de N, P y C inorgánicos emitidos a lo largo de la totalidad del ciclo productivo, del 100% del C, N y P entregados mediante el alimento, el balance de masas realizado arroja que un 47% del C es excretado como CO₂ durante la respiración de los peces, mientras que un 41% del N es excretado como amoníaco (NH₃) a través de las branquias (DIN) de éstos. En cuanto al fósforo, un 15% del P es excretado como fosfato (PO₄³⁻) a través de la orina de los peces (DIP). Adicionalmente, el proceso de lixiviación de las fecas y alimento aporta con carbono, nitrógeno y fósforo orgánicos disueltos, con un 3%, 2% y 8% respectivamente, del total de estos elementos ingresados mediante el alimento.

Se detalla también el aporte adicional de nutrientes aportados por el ciclo 2020 – 2021 en relación con un ciclo de biomasa autorizada. Al igual que en el caso del alimento adicional entregado y la biomasa adicional producida en el ciclo 2020 – 2021 respecto del ciclo de producción autorizada (ver Tablas 3 y 4), el aporte adicional es un 0.51% superior, tanto con relación a la cantidad de alimento utilizado como en la cantidad de nutrientes aportados al medio.

Respecto del sistema de alimentación del CES May, es importante mencionar que la compañía cuenta con un sistema de control de la alimentación de los peces diseñado para minimizar las pérdidas de alimento, optimizar la producción y reducir el impacto en el fondo marino por acumulación de materia orgánica. Este sistema requiere la supervisión de alimentadores capacitados y el uso de equipos como cámaras submarinas y aéreas, transmisores de video y marcadores de profundidad, los cuales proporcionan información clave sobre las condiciones del entorno. Las cámaras permiten monitorear el comportamiento de los peces y la caída de pellets, ajustando la alimentación en función de las condiciones ambientales del momento, como las corrientes y los niveles de oxígeno, así como de la apetencia de los peces.

Emisión mensual de nutrientes en la columna de agua

Con el fin de evaluar la condición más desfavorable, según lo indicado anteriormente, a continuación, se describen las emisiones en el mes de máxima emisión de nutrientes, correspondiente al mes 10 en el que se produce la máxima entrega de alimento.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Tabla 5. Se detalla en toneladas peso seco (DW) los resultados de alimento no consumido (A), crecimiento (G) y alimento consumido correspondientes al mes 10 de ambos ciclos.

	Ciclo biomasa autorizada	Ciclo 2020 – 2021	Diferencia
Biomasa	893.8	898.3	4.58
Alimento entregado	923.6	928.3	4.73
Alimento consumido	914.4	919.0	4.69
Alimento no consumido (A)	8.76	8.81	0.04
Crecimiento (G)	299.4	300.9	1.53
Consumo de alimento (I)	867.6	872.0	4.45

Tabla 6. Se detallan las emisiones de C, N y P del mes 10 de ambos ciclos, mediante excreción de los peces y producción de fecas de los salmónidos a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO₂ eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amoníaco (NH₃) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO₄ 3-) por la orina de los ejemplares. Valores en toneladas mensuales.

	Contenido C, N, F	Abrev.	Ciclo biomasa autorizada		Ciclo 2020 – 2021		Aporte adicional	Destino
			Ton	%	Ton	%	Ton	
Alimento entregado	Carbono		468.3	100%	470.7	100%	2.400	---
	Nitrógeno		63.1	100%	63.4	100%	0.323	---
	Fósforo		10.5	100%	10.6	100%	0.054	---
Biomasa	Carbono		149.7	32.0%	150.5	32.0%	0.767	---
	Nitrógeno		26.8	42.5%	27.0	42.5%	0.137	---
	Fósforo		3.6	34.0%	3.6	34.0%	0.018	---
Excreción	Carbono	CO ₂	221.2	47.2%	222.3	47.2%	1.133	columna y atm.
	Nitrógeno	DIN	26.3	41.7%	26.4	41.7%	0.135	columna
	Fósforo	DIP	1.6	15.5%	1.6	15.5%	0.008	columna
Alimento no consumido + fecas	Carbono	POC	82.8	17.7%	83.2	17.7%	0.424	sedimento
	Nitrógeno	PON	8.5	13.5%	8.5	13.5%	0.044	sedimento
	Fósforo	POP	4.5	42.9%	4.5	42.9%	0.023	sedimento
Lixiviado de fecas y alimento	Carbono	DOC	14.6	3.1%	14.7	3.1%	0.075	columna
	Nitrógeno	DON	1.5	2.4%	1.5	2.4%	0.008	columna
	Fósforo	DOP	0.8	7.6%	0.8	7.6%	0.004	columna

En relación con la cuantificación de las emisiones de N, P y C inorgánicos, del 100% del C, N y P entregados mediante el alimento, el balance de masas realizado arroja que un 47.2% del C es excretado como CO₂ durante la respiración de los peces, mientras que un 41.7% del N es excretado como amoníaco (NH₃) a través de las branquias (DIN) de éstos. En cuanto al fósforo, un 15.5% del P es excretado como fosfato (PO₄ 3-) a través de la orina de los peces (DIP). Adicionalmente, el proceso de lixiviación de las fecas y alimento aporta con carbono, nitrógeno y fósforo orgánicos disueltos, con un 3.1%, 2.4% y 7.6% respectivamente, del total de estos elementos ingresados mediante el alimento.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Concentración de nutrientes

A partir de los volúmenes totales de nutrientes emitidos a lo largo del mes de máxima emisión, presentados en la Tabla N° 6, 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 (4 - 20 m de profundidad), la que es de 11.3 cm/s y se calculó la velocidad de recambio del agua en el volumen del centro de cultivo. Conociendo este valor, es posible calcular la cantidad de litros por unidad de tiempo que atravesarían el centro de cultivo, y de esta manera obtener una concentración promedio de los nutrientes que emitió. **Con el fin de asumir la condición más desfavorable, se minimizó al máximo la velocidad de recambio al asumir que la corriente siempre se mueve a lo largo del eje más largo del centro de cultivo.** Por lo tanto, dado el volumen del centro de cultivo y la corriente paralela a éste, se calcularon las concentraciones por unidad de volumen (m³) considerando que cada m³ se desplaza a lo largo de todo el tren de jaulas, durante un período igual a la velocidad de recambio del volumen de agua del centro. Tiempo durante el cual se acumulan los nutrientes y carbono orgánico antes de ser emitidos hacia el exterior del centro de cultivo.

Se detallan a continuación las ecuaciones de cálculo utilizadas:

- Tiempo de recambio del volumen de agua del centro = longitud del centro / velocidad promedio de la corriente (11.3 cm/s).
- Flujo de emisión = Volumen del centro / velocidad de recambio.
- Concentración de emisión de un nutriente o partícula = carga de nutrientes o partículas generadas diariamente / flujo de agua emitido diariamente.

Tabla 7. Cálculo de la tasa de emisión de nutrientes inorgánicos y orgánicos en la columna de agua en el mes de máxima emisión de nutrientes en el CES May, utilizando para ello los valores de emisión mensual de DIN, DIP, DOC, DON y DOP de la Tabla 6. El aporte adicional corresponde a la diferencia entre la emisión del ciclo 2020 – 2021 y el ciclo de biomasa autorizada.

Item	Ciclo biomasa autorizada	Ciclo 2020 – 2021	Diferencia	Unidad
Longitud tren de jaulas	280	280	-	m
Volumen centro	448,000	448,000	-	m ³
Velocidad promedio corriente superficial	11.32	11.32	-	cm / s
Tiempo de recambio volumen de un tren de jaulas	41.21	41.21	-	minutos
Flujo de emisión	10,871	10,871	-	m ³ / min
Emisión de nitrógeno inorgánico disuelto	55.97	56.26	0.29	mg DIN / m ³
Emisión de fósforo inorgánico disuelto	3.47	3.49	0.02	mg DIP / m ³
Emisión de carbono orgánico disuelto	31.11	31.27	0.16	mg DOC / m ³
Emisión de nitrógeno orgánico disuelto	3.19	3.21	0.02	mg DON / m ³
Emisión de fósforo orgánico disuelto	1.70	1.71	0.01	mg DOP / m ³

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

El máximo aporte de nutrientes inorgánicos y orgánicos a la columna de agua, en términos de concentración, en la condición más desfavorable, según lo descrito anteriormente, corresponde a los valores DIN, DIP, DOC, DON y DOP indicados en la Tabla N° 7, donde se indica además el aporte adicional del ciclo 2020 – 2021, respecto al ciclo de biomasa autorizada.

2.3 Determinación del consumo de oxígeno y nutrientes

2.3.1 Consumo de nutrientes

Según lo indicado por Boyle, et.al., (© 2016–2021 Global Aquaculture Alliance¹³) los componentes orgánicos e inorgánicos del alimento emitidos al medio ambiente son aquellos que no se encuentran en la biomasa en el momento de la cosecha y que no fueron retirados del sistema de cultivo durante el ciclo de producción (mortalidad, etc). El carbono orgánico es oxidado a dióxido de carbono por las especies de cultivo y los microorganismos que descomponen el alimento no consumido y las heces. Los animales de cultivo y los microorganismos también excretan amoníaco en el agua que es nitrificada a nitrato por bacterias especializadas.

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



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

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



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

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

¹³ <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/understanding-oxygen-demand-aquafeeds>

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Tabla 8. Se muestra la demanda potencial de oxígeno necesaria para oxidar totalmente el flujo de amoníaco a nitrito y de carbono orgánico a CO₂, emitidos por el centro de cultivo. Muestra también las constantes de degradación, las que permitirán calcular los tiempos necesarios para que sucedan los procesos de oxidación.

		Concentración en el punto de emisión	Demanda potencial de oxígeno	Constante de degradación	
		mg/m ³	mg O ₂ / l		
Ciclo biomasa autorizada	Amoníaco (NH ₃) excretado por las branquias (DIN)	26.28	0.256	1.27 mg/m ³ /día	(Kitidis, et.al., 2011)
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	31.1	0.083	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)
	Carbono Orgánico particulado (POC)	52.9	0.141	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)
Ciclo 2020 – 2021	Amoníaco (NH ₃) excretado por las branquias (DIN)	26.42	0.257	1.27 mg/m ³ /día	(Kitidis, et.al., 2011)
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	31.3	0.083	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)
	Carbono Orgánico particulado (POC)	53.2	0.142	0.15 K / día	(Avimelech, et.al., 1995)
Aporte adicional	Amoníaco (NH ₃) excretado por las branquias (DIN)	0.13	0.0013		
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	0.16	0.0004		
	Carbono Orgánico particulado (POC)	0.27	0.0007		

La tabla anterior muestra el aporte adicional del ciclo 2020 – 2021 en términos de concentración en la columna de agua, así como en términos de demanda de oxígeno diferencial por parte de los nutrientes DIN, DOC y POC.

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

Tabla 9. A partir de las constantes de degradación se obtiene la demanda diaria de O₂ para cada componente y la demanda total diaria por litro. Se utiliza la tasa de difusión de oxígeno atmosférico al agua de mar calculada por Waldichuk, M, 1975¹⁴ para estimar el tiempo de recuperación del oxígeno utilizado en la degradación del amoníaco y el carbono orgánico.

		Demanda diaria de O ₂	Demanda total diaria	Tasa de difusión de O ₂ atm-agua	Tiempo de recuperación de oxígeno
		mg O ₂ //día	mg O ₂ //día	mg O ₂ //día	minutos
Ciclo biomasa autorizada	Amoníaco (NH ₃) excretado por las branquias (DIN)	0.0058	0.0394	2.4	23.7
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	0.0125			
	Carbono Orgánico particulado (POC)	0.0212			

¹⁴ Waldichuk, M. Diffusion of oxygen into still sea water. OCEAN 75 Conference, 1975, pp. 907-912

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY		IA Consultores Innovación Ambiental	
	Proyecto 24222			

Ciclo 2020 – 2021	Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN)	0.0058	0.0396	2.4	23.8
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	0.0125			
	Carbono Orgánico particulado (POC)	0.0213			
Aporte adicional de demanda y tiempo de recuperación del oxígeno	Amoníaco (NH3) excretado por las branquias (DIN)	0.00000	0.0002	-	0.10
	Carbono Orgánico Disuelto (DOC)	0.00006			
	Carbono Orgánico particulado (POC)	0.00011			

Los cálculos realizados permiten de forma aproximada establecer que la demanda total diaria de oxígeno generada por la suma del amoníaco y el carbono orgánico particulado y disuelto, es muy baja, con valores en el rango de 0.0394 y de 0.0396 mg O2//día. Estas demandas diarias son casi 2 órdenes de magnitud inferiores a la velocidad diaria de difusión molecular de oxígeno atmosférico hacia la capa superficial de la columna de agua, generando tiempos de recuperación de tan solo 23.7 y 23.8 minutos.

La demanda diferencial producto del ciclo 2020 – 2021 es de tan solo 0.0002 mg O2//día respecto del ciclo de biomasa autorizada. Su tiempo de recuperación es de tan solo 0.1 minutos.

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., 1993¹⁵, para un rango de temperaturas de 7 a 10 °C, la que se detalla a continuación:

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

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

Tabla 10. A partir de la ecuación de consumo de oxígeno de salmónidos, se calculó el consumo de oxígeno por litro, teniendo en cuenta para ello el flujo de emisión del centro (ver Tabla 7). Finalmente se calculó el tiempo de recuperación del oxígeno consumido por la biomasa, utilizando para ello la tasa de difusión de oxígeno atmosférico al agua de mar calculada por Waldichuk, M, 1975.

		Ciclo biomasa autorizada	Ciclo 2020 – 2021	Aporte diferencial del ciclo 2020 – 2021
Peso promedio	gr	5868	5868	-
Máxima biomasa mensual	Ton	5917	5947	30.3
Velocidad promedio corriente	cm/s	11.32	11.32	-
Temperatura promedio	°C	9.9	9.9	-

¹⁵ 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.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY			IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222			

Tasa Consumo de oxígeno / kg de pez / min	mg O2/Kg/min	0.78	0.78	-
Densidad cultivo	Kg/m ³	13.2	13.3	0.068
Tasa de consumo por m ³	mg O2/m ³ /min	10.3	10.3	0.053
Consumo O2 / l	mg O2/l	0.42	0.43	0.002
Tiempo de recuperación	horas	4.2	4.3	0.022

Las tasas de consumo de oxígeno por unidad de volumen (mg O2/l) son altamente dependientes de la densidad de cultivo, así como de las proporciones y ubicación de los trenes de jaulas respecto de la corriente principal. En este caso el efecto sobre la columna de agua será levemente menor en el ciclo con biomasa autorizada respecto del ciclo 2020 – 2021, con consumos de oxígeno proyectados de 0.42 y 0.43 mg O2/l respectivamente.

Ambas situaciones además son mínimas, ya que reducirían la concentración de oxígeno superficial de la columna en un valor inferior a 0.5 mg O2/l, lo que teóricamente se recupera mediante difusión molecular atmosférica en un plazo de tan solo 4.2 y 4.3 horas respectivamente.

En cuanto al aporte adicional del ciclo 2020 – 2021, éste se puede calcular como la diferencia en el oxígeno consumido por la biomasa de dicho ciclo respecto del ciclo de biomasa autorizada, lo que implica un consumo adicional de tan solo 0.002 mg O2/l por parte del ciclo 2020 – 2021; **consumo adicional que requeriría un tiempo de recuperación de tan solo de 0.022 horas.**

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

2.4 Evaluación de la condición ambiental de la columna de agua

Se analizan a continuación los nutrientes emitidos a la columna de agua, con relación al potencial efecto de eutrofización dado por el ciclo 2020 – 2021, y el efecto que ésta podría tener a su vez sobre la biota.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Tabla 11. A partir de la Tabla 6, se detallan la excreción de C, N y P mediante excreción y emisión de fecas de peces a partir de las cargas de C, N y P entregadas mediante el alimento. Excreción: CO₂ eliminado en la respiración; DIN es liberado mediante amoníaco (NH₃) por las branquias; DIP es liberado como fosfato (PO₄³⁻) por la orina de los peces. Valores en toneladas mensuales. Se incluye la columna de aporte adicional, calculada a partir de la diferencia en el aporte entre el ciclo 2020 – 2021 y el ciclo de biomasa autorizada.

Contenido C, N, F	Abrev.	Ciclo biomasa autorizada	Ciclo 2020 – 2021	Aporte adicional del ciclo 2020 – 2021	Destino
Carbono	CO ₂	221.2	222.3	1.133	columna y atm.
Nitrógeno	DIN	26.3	26.4	0.135	columna
Fósforo	DIP	1.6	1.6	0.008	columna

Con el fin de contextualizar las concentraciones de DIN y DIP aportadas por el centro de cultivo, se detalla a continuación un comparativo con las concentraciones naturales del sector cercano al centro de cultivo. En el crucero CIMAR 8, estación 46, Etapa 1¹⁶ y Etapa 2¹⁷, se obtuvieron valores promedio en la capa superficial (0 – 25 m) de 11.93 µM de nitrato y 1.24 µM de fosfato. Al transformar estos valores a mg/m³ obtenemos las siguientes concentraciones:

- 1.24 µM Fosfato (PO₄-P) = 118.5 mg/m³
- 11.93 µM Nitrato (NO₃⁻) = 739.4 mg/m³

Las mediciones de concentración natural de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN) en el crucero CIMAR 8 se limitaron al análisis de Nitrato, no incluyendo Nitrito ni Amoníaco, por lo que se está asumiendo una peor condición al reducir las concentraciones totales de DIN natural informadas.

Tabla 12. Comparación entre los flujos de DIN y DIP emitidos por el centro de cultivo con la concentración natural del sector, según los registros de CIMAR Fiordo 8. Valores en mg/m³

ítem	Emisión de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN)	Emisión de fósforo inorgánico disuelto (DIP)
Ciclo biomasa autorizada	55.97	3.47
Ciclo 2020 – 2021	56.26	3.49
Concentración natural del sector*	739.4	118.5
Aporte adicional ciclo 2020 – 2021	0.29	0.02
	0.039%	0.015%

(*) CIMAR Fiordo 8, Estación 46, Etapas 1 y 2, 0 a 25 m.

Por lo tanto, el aporte adicional producto de la emisión adicional de nutrientes inorgánicos DIN y DIP, en el peor escenario, es de apenas 0.29 y 0.02 mg/m³ respectivamente, en el mes de máxima biomasa y en los primeros metros de haber sido emitidos, antes de que se

¹⁶ https://www.shoa.cl/n_cendhoc/productos/cimar-8/proyectos/silva/silva146.htm

¹⁷ https://www.shoa.cl/n_cendhoc/productos/cimar-8/proyectos/silva/silva246.htm

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

produzca dispersión y dilución alguna. Al comparar estos valores con las concentraciones naturales del sector aledaño al centro de cultivo que corresponden a DIN 739.4 y DIP 118.5, obtenemos que las concentraciones máximas emitidas por el centro de cultivo corresponden a una fracción menor, ya que el aporte adicional por emisión de DIN equivale al 0.039% de la concentración natural del sector aledaño al centro de cultivo, mientras que, en el caso de DIP, equivale al 0.015% de la concentración natural del sector. **Ello teniendo en cuenta que, tras los primeros metros de haber sido emitidos, las concentraciones de DIP y DIN se reducirán rápidamente producto de la dispersión y dilución hidrodinámica.**

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

El nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), compuesto por amoníaco, nitrito y nitrato, constituye el factor limitante que determina el crecimiento y productividad de las macroalgas en la mayoría de los ambientes marinos del mundo (Troell et al. 2009¹⁸, á Norði et al. 2011¹⁹). 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. 2006²⁰) y que su contenido de humedad es de entorno al 85% (Wang et.al., 2012), se realiza a continuación una estimación del crecimiento de macroalgas que pudiesen verse teóricamente inducidas por el ciclo 2020-2021.

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

	Proceso	Cálculo	Resultado	Unidad
Ciclo biomasa autorizada	DIN consumido por macroalgas	DIN x 20%	5.26	Ton / mes
	Biomasa generada peso seco (BPS)	DIN consumido / 4.2%	125.16	Ton / mes
	Biomasa peso húmedo (BPH)	BPS / 15%	834.39	Ton / mes
Ciclo 2020 – 2021	DIN consumido por macroalgas	DIN x 20%	5.28	Ton / mes
	Biomasa generada peso seco (BPS)	DIN consumido / 4.2%	125.80	Ton / mes
	Biomasa peso húmedo (BPH)	BPS / 15%	838.67	Ton / mes
Aporte adicional	Biomasa peso húmedo	(BPH ciclo 2020 – 2021) – (BPH ciclo biomassa autorizada)	4.28	Ton / mes

¹⁸ 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

¹⁹ 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

²⁰ 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

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

A partir de los cálculos desarrollados en la tabla anterior, se puede inferir que, en el mes de máxima biomasa del ciclo 2020 – 2021, la emisión de nitrógeno inorgánico (DIN) pudo haber significado el crecimiento de 838.67 Ton. de macroalgas en dicho ciclo, lo que implica un aporte adicional de 4.28 Ton respecto a lo aportado por el ciclo de biomasa autorizada, valor que corresponde a tan solo el 0.51% de lo que habría aportado el ciclo de biomasa autorizada.

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. 2007²¹, Olsen et al. 2007²², 2011²³). 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 por parte del ciclo 2020 – 2021, sería el que se calcula a continuación:

- DIN emitido por el ciclo 2020-2021: 26.42 Ton/mes
- DIN emitido por el ciclo de biomasa autorizada: 26.28 Ton/mes
- Aporte diferencial del ciclo 2020-2021: 0.13 Ton/mes
- DIN utilizado por macroalgas (20%): 0.03 Ton/mes
- DIN disponible para el fitoplancton: 0.11 Ton/mes
- Incremento en biomasa fitoplanctónica: 0.11 Ton/50% = **0.22 Ton peso húmedo.**

Se puede inferir por lo tanto que, en el mes de máxima biomasa del ciclo 2020 – 2021, la emisión adicional de nitrógeno inorgánico (DIN) pudo haber significado el crecimiento de 0.22 Ton. de fitoplancton, como aporte adicional a lo que genera un ciclo con biomasa autorizada. **El aporte adicional indicado, sin embargo, no implica necesariamente un efecto de eutrofización de la columna de agua, principalmente por los siguientes motivos:**

1. Dilución: el DIN adicional aportado por el ciclo de 2020-2021 se dispersa ampliamente producto de los procesos hidrodinámicos, **diluyéndose a niveles muy bajos rápidamente, por lo que su efecto tiene lugar en una amplia área geográfica y a concentraciones muy bajas.**
2. Relación con concentración DIN natural: el análisis realizado es en el contexto en el que el DIN adicional aportado por el ciclo 2020 – 2021 representa el 0.039% de la concentración natural, en el momento de su máxima concentración a pocos metros del tren de jaulas, **por lo que representa un aporte mínimo en relación a la**

²¹ 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

²² 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

²³ 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

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

concentración natural preexistente. Además, esta concentración se diluirá con rapidez, según lo indicado anteriormente.

Por último, es importante mencionar que Gianella et.al., 2023²⁴, encontraron ausencia de correlación significativa entre la biomasa de los centros de salmónidos con la abundancia celular y aparición de diversos géneros de fitoplancton que componen las floraciones algales nocivas en el norte del Reino Unido, géneros que son también recurrentes en el sur de Chile: *Dinophysis spp.*, *Alexandrium spp.* y *Pseudo-nitzschia spp.* Una posible explicación que se entrega en el estudio mencionado, por la falta de correlación significativa entre salmonicultura y la abundancia celular de fitoplancton nocivo, es que los centros de cultivo están generalmente ubicados en zonas hidrodinámicamente energéticas, donde el recambio de agua permite la dilución efectiva de los nutrientes; argumento que se encuentra alineado con lo expuesto anteriormente en este documento.

2.5 Discusión y Conclusiones

Alimento y nutrientes totales

Conforme a la información contenida en la formulación de cargos, y a lo incluido en las Tablas 3 y 4 del presente informe, el ciclo 2020 – 2021 tuvo una producción de 35.27 Ton. por sobre la producción autorizada. Ello implicó una entrega de alimento adicional de 36.19 Ton. Asimismo, el aporte adicional producto del proceso de lixiviación de fecas y alimento habría aportado 0.57 Ton. de carbono orgánico disuelto (DOC), 0.06 Ton. de nitrógeno orgánico disuelto (DON) y 0.03 Ton. de fósforo orgánico disuelto (DOP).

Como ya se explicó en la sección 2.2 del presente informe, el análisis de efectos debe ser realizado sobre los aportes en el mes de máxima emisión de nutrientes.

Aporte de nutrientes a la columna de agua.

El aporte adicional en la columna de agua, que sería producido por el aporte extra del ciclo 2020 – 2021, en su mes de máxima emisión de nutrientes, se representa a continuación en términos de aporte total mensual y de aporte en flujo promedio de nutrientes por m³. Se identifica además el diferencial aportado por el referido ciclo respecto del ciclo con biomasa autorizada.

²⁴ Gianella F., Burrows M T., Davidson K. The relationship between salmon (*Salmo salar*) farming and cell abundance of harmful algal taxa. Harmful Algae 129 (2023)

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Tabla 14. Cuantificación del aporte adicional de nutrientes orgánicos e inorgánicos a la columna de agua, tanto disueltos como particulados: ciclo de biomasa autorizada comparado con el aporte el ciclo 2020 – 2021. Cargas de nutrientes en Ton/mes y concentración mg/m³.

	Contenido N, F	C, abrev.	Ciclo biomasa autorizada		Ciclo 2020 – 2021		Aporte adicional del ciclo 2020 – 2021	
			Ton / mes	mg/m ³	Ton / mes	mg/m ³	Ton / mes	mg/m ³
Excreción	Nitrógeno	DIN	26.3	56.0	26.42	56.26	0.13	0.29
	Fósforo	DIP	1.6	3.5	1.64	3.49	0.01	0.02
Lixiviado de fecas y alimento	Carbono	DOC	14.6	31.1	14.68	31.27	0.07	0.16
	Nitrógeno	DON	1.5	3.2	1.51	3.21	0.01	0.02
	Fósforo	DOP	0.8	1.7	0.80	1.71	0.00	0.01
Total de nutrientes			44.8	95.4	45.05	95.93	0.23	0.49

En términos de DIN, DIP, DOC, DON y DOP, el volumen total de nutrientes adicionales aportados por el ciclo 2020 – 2021 corresponde a 0.23 Ton en el mes de máximo aporte de nutrientes (máximo crecimiento y máxima entrega de alimento), por sobre el aporte de un ciclo con biomasa autorizada. En el caso del aporte adicional en términos de concentración de nutrientes orgánicos e inorgánicos en la columna, este corresponde a 0.49 mg/m³.

Al relacionar las concentraciones naturales DIP y DIN del sector con el máximo aporte adicional calculado para el ciclo 2020 – 2021, 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 0.015% de la concentración natural del sector, mientras que, en el caso de DIN, corresponde al 0.039% 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.

Respecto a los nutrientes emitidos a la columna de agua en el mes de máxima emisión y su posible efecto sobre las macroalgas, el ciclo 2020 – 2021 genera un aporte adicional producto de la emisión de nitrógeno inorgánico disuelto de 0.02 Ton, el que a su vez tiene el potencial de haber sido asimilado en un 20% por macroalgas, lo que habría generado una producción adicional de tan solo 4.28 Ton peso húmedo, probablemente en una amplia área de dispersión.

En relación con los nutrientes emitidos a la columna de agua y su efecto sobre las comunidades planctónicas, se concluye que el crecimiento fitoplanctónico potencial a partir de los nutrientes adicionales emitidos por el ciclo 2020 – 2021 podría haber llegado a las 0.22 toneladas peso húmedo, ocurriendo ello en una amplia área de dispersión. A su vez, el aporte adicional del DIN emitido corresponde al 0.039% 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**

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

eutrofización asociado al aporte diferencial de nutrientes por parte del ciclo 2020 – 2021.

En base a los resultados de los análisis de muestras de agua para fitoplancton realizados en el CES May durante el ciclo productivo 2020 – 2021²⁵ (Figura 3), es posible observar la presencia de aumentos en el conteo de microalgas, tanto nocivas como no nocivas, en los meses de primavera y verano, lo que constituye una situación natural y esperable en las aguas superficiales costeras del sur de Chile. También es destacable que los registros indican concentraciones mayores en el verano de 2020 – 2021, al inicio del ciclo, mientras que las concentraciones en primavera – verano de 2021 – 2022, al término del ciclo productivo, son muy inferiores, evidenciándose ausencia de correlación con la mayor producción del ciclo 2020 – 2021.

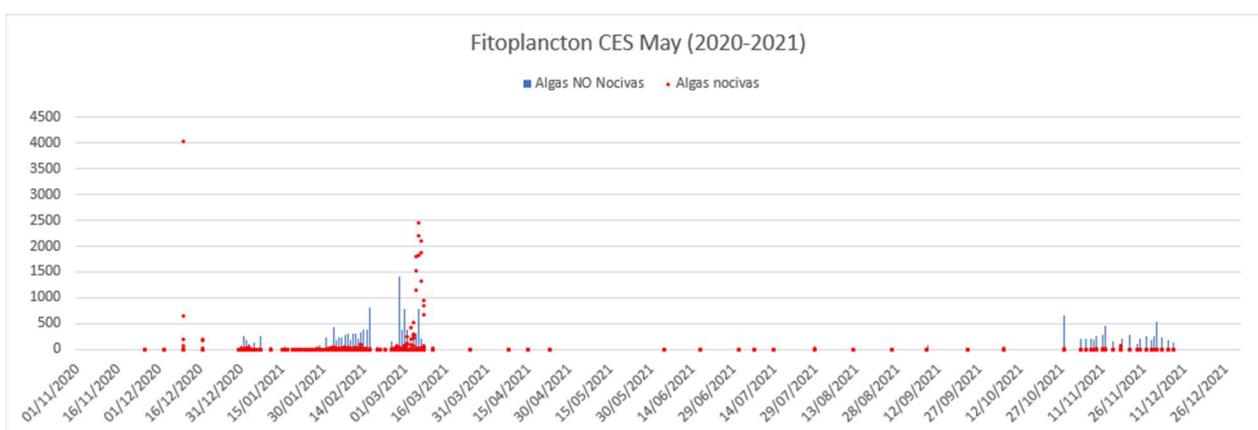


Figura 3 Resultados análisis fitoplancton CES May Ciclo 2020 – 2021.

Consumo de oxígeno en la columna de agua.

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

1. El consumo de oxígeno producto de la oxidación del amoníaco y el carbono orgánico particulado y disuelto, es muy bajo, con valores de 0,0394 y 0,0396 mg O₂/l/día en los escenarios de biomasa autorizada y ciclo 2020 – 2021, respectivamente.
2. El consumo de oxígeno por parte de la biomasa en cultivo, considerando el mes con máxima biomasa, es levemente menor en el ciclo con biomasa autorizada respecto del ciclo 2020 – 2021, con consumos de oxígeno proyectados de 0.42 y 0.43 mg O₂/l, respectivamente, lo que habría generado un consumo adicional de 0.0022 mg/O₂/l. **Esta reducción en la concentración de oxígeno se habría recuperado**

²⁵ Anexo N°1 de la propuesta del PdC, documento denominado “Informe Técnico de Análisis de Posibles Efectos Ambientales”, de marzo de 2023, elaborado por Multi X S.A.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

en un plazo de aproximadamente 0.0217 horas producto de la difusión molecular atmosférica.

Como se ha mostrado en el presente trabajo, es posible calcular teóricamente el consumo de oxígeno y tiempos de recuperación de la columna de agua. Sin embargo, no siempre es posible asociar el consumo de oxígeno teórico con las concentraciones de oxígeno medidas en la columna de agua, dado que éstas dependen de una infinidad de procesos físicos y biológicos que suceden a una mayor escala que la de un centro de cultivo, lo que es consistente con la reducida diferencia calculada en el consumo de oxígeno de la biomasa y nutrientes emitidos en el ciclo 2020 – 2021 respecto a un ciclo con biomasa autorizada.

Se concluye por lo tanto que pese a que sí es posible determinar, con el cálculo y la modelación, la diferencia del consumo de oxígeno del ciclo 2020 – 2021 vs un ciclo con biomasa autorizada, el cual arrojó un déficit aproximado de la concentración de oxígeno de 0.0022 mg O₂/l, **esto representa una estimación teórica que da cuenta de lo reducido que podría haber resultado un déficit de oxígeno en la columna de agua, siendo muy poco probable que ello se haya traducido en alguna respuesta por parte de la biota y las propiedades físico químicas de la columna de agua. Esta conclusión es consistente con la ausencia de un efecto ambiental medible en las concentraciones de oxígeno de la columna de agua.**

De forma consistente con lo indicado, los valores promedio de las concentraciones de oxígeno registradas a un metro del fondo en el INFA de enero de 2022, realizado al término del ciclo de 2020 – 2021, no muestra diferencias que puedan ser atribuibles al ciclo 2020 – 2021 (ver Figura 1). También es importante señalar que las concentraciones presentan valores por sobre los 2,5mg/L que exige la Resolución (SUBPESCA) N°3612/2009.

En este sentido, cabe señalar que, los valores de OD a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo se encuentran sobre el límite de aceptabilidad de 2,5 mg/L según lo establecido por la Res. Ex. 3612/2009. Los valores promedio a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo fluctúan entre el 7.4 - 8.3 mg/L, siendo 7.4 mg/L el valor promedio de OD de la INFA realizada en 2022 correspondiente al ciclo productivo 2020 – 2021.

3 Evaluación del sedimento del fondo marino

La evaluación del sedimento del fondo marino en el área de la concesión se realiza a través de la modelación de fecas y alimento no consumido, mediante el software de modelado de rastreo de partículas NewDEPOMOD, desarrollado por la Asociación Escocesa de Ciencias

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

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 2019²⁶).

3.1 Metodología para la modelación

3.1.1 NewDepomod

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

Los distintos procesos del Modelo que no fueron activados se resumen en la siguiente tabla N°15. En Anexos del presente documento, se incorpora la carpeta denominada “Recomendación SAMS” que contiene el detalle de sus recomendaciones respecto de la desactivación de los módulos indicados en la tabla N°15.

²⁶ SAMS Research Services Limited, NewDepomod Team, 2019-2020, NewDepomod User Guide

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Tabla 15. Detalle de los módulos y procesos del modelo NewDepomod que no fueron activados.

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

Adicionalmente, es importante aclarar que el Módulo de sedimento (Bed Module) corresponde aún a un sub-modelo experimental que no arroja cambios significativos en los resultados cuando es modificado, de acuerdo a lo que indica el documento de validación de NewDepomod (*Refining Sea-Bed Process Models For Aquaculture*²⁷, pp., 40). Se transcribe a continuación el texto:

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

Con el fin de entregar una breve descripción del funcionamiento del modelo NewDepomod, y conocer algunas de sus limitaciones y supuestos, a continuación, se describen los procesos que afectan el destino de las partículas del modelo, de manera secuencial y en el orden en que tienen lugar dentro de cada subsección. Se presentan los diagramas y ecuaciones que introducirán los parámetros claves.

Generación de residuos

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

- Residuos de alimento
- Fecas

²⁷ <https://www.sams.ac.uk/t4-media/sams/pdf/publications/REFINING-SEA-BED-PROCESS-MODELS-FOR-AQUACULTURE-Final-Report-for-web.pdf>

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

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

Transporte de partículas en suspensión: asentamiento y advección

Una vez que las partículas salen de las jaulas, su movimiento está sujeto a las condiciones que encuentran cuando se asientan ("Módulo de seguimiento de partículas", Figura N° 4). Las partículas pueden moverse horizontal y verticalmente, sujetas a las corrientes de agua (advección), procesos difusivos y hundimiento. De manera predeterminada, la columna de agua se representa en 3 dimensiones como una cuadrícula que consta de celdas cuadradas regulares horizontalmente y una serie de capas definidas por los datos del medidor actual suministrados y la información de batimetría. El movimiento "horizontal" de las partículas es verdaderamente lateral (perpendicular a vertical), en lugar de seguir la forma del fondo marino. En términos generales, los sólidos de interés (en términos de impactos bentónicos) no son flotantes; en ausencia de fuerza externa, se hunden hacia el fondo del mar. Como se señaló anteriormente, la velocidad de hundimiento puede variar entre las partículas, pero permanece constante para una partícula dada durante su vida útil en el modelo. Las corrientes de agua varían con la profundidad y generalmente son más altas cerca de la superficie del agua. Esta variación se representa en los registros de series temporales actuales que se recopilan en los centros de cultivo, por lo que se recomienda tener una medición de superficie (alrededor de 0,1 x profundidad de la columna de agua), una medición de profundidad media (alrededor de 0,5 x profundidad de la columna de agua) y una medición cercana al lecho (alrededor de 0,95 x profundidad de la columna de agua). La velocidad horizontal para una partícula dada se obtiene interpolando linealmente las corrientes a profundidades por encima y por debajo de la profundidad de partícula actual. Las partículas también están sujetas a lo que colectivamente se denominan "procesos difusivos". Debido a las fluctuaciones a pequeña escala en las corrientes y los movimientos del agua debido a la turbulencia, las partículas que se mueven en el agua tienden naturalmente a separarse unas de otras. Esto tiene lugar tanto horizontal como verticalmente, y se representa en el modelo mediante pequeñas adiciones aleatorias a (o sustracciones de) los movimientos que las partículas realizan debido al hundimiento o a las corrientes horizontales. La magnitud de esta dispersión aleatoria está representada por tres dimensiones, x, y (ambas horizontales) y z (vertical). El tipo de caminata aleatoria implementada se puede definir en el modelo como una de dos ecuaciones:

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

1. Reticular:

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

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

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 Δt). u y v son las velocidades de corriente este y norte (en m s⁻¹) en la ubicación de la partícula, y el término adicional incorpora el efecto de difusión horizontal, basado en el paso de tiempo, el parámetro de escala $k(x, y)$. $R = +1$ o -1 , y U es un número aleatorio uniforme entre -1 y 1

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

1. Reticular:

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

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 N° 4.

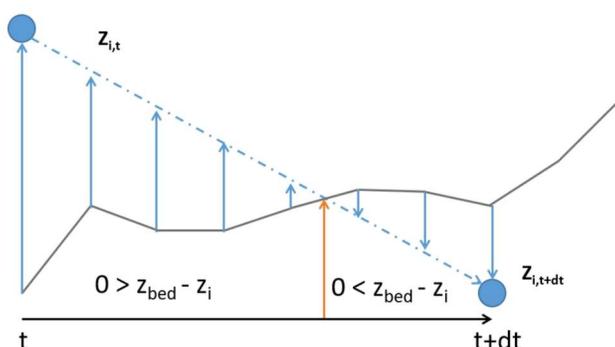


Figura 4 Representación de la interacción de partículas con el fondo marino.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

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

Esta recomendación se debe a que el módulo aún corresponde a un sub-modelo experimental que no arroja cambios significativos en los resultados cuando es modificado, de acuerdo a lo que indica el documento de validación de NewDepomod (*Refining Sea-Bed Process Models For Aquaculture*²⁸, pp., 40). Se transcribe a continuación el texto y se copia también el párrafo original: "El "módulo bentónico" en NewDEPOMOD describe la consolidación y relajación de sedimentos enterrados y exhumados que altera la tensión de cizalla (*shear stress*) crítica requerida para la erosión. En los experimentos, la variación de los parámetros del módulo de sedimento no mostró ningún efecto observable. Por lo tanto, esta característica se ha ignorado provisionalmente, con miras a realizar más pruebas exploratorias en una fecha posterior."

Procesos en el sedimento

Cuando los módulos de sedimento (Bed Module) y el módulo de resuspensión en NewDEPOMOD son activados, una vez que una partícula alcanza el fondo marino, se deposita en una capa de sedimento en la superficie del fondo marino. Después de que las partículas han estado en el fondo marino por un cierto tiempo (definido por un parámetro modelo), se produce la consolidación, lo que significa que la capa de partículas depositadas se convierte en parte del fondo marino y puede estar cubierta por nuevas partículas que se depositan sobre ellos. Las partículas en el fondo marino pueden sufrir degradación (descomposición del carbono y/o concentraciones químicas). Las partículas en la superficie del fondo marino son susceptibles a la erosión. Esto significa que, si el esfuerzo de cizalla en el fondo marino es suficientemente alto, las partículas se eliminan del fondo marino y vuelven a entrar en la columna de agua. Este proceso se representa en la figura N°5.

²⁸ <https://www.sams.ac.uk/t4-media/sams/pdf/publications/REFINING-SEA-BED-PROCESS-MODELS-FOR-AQUACULTURE-Final-Report-for-web.pdf>

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

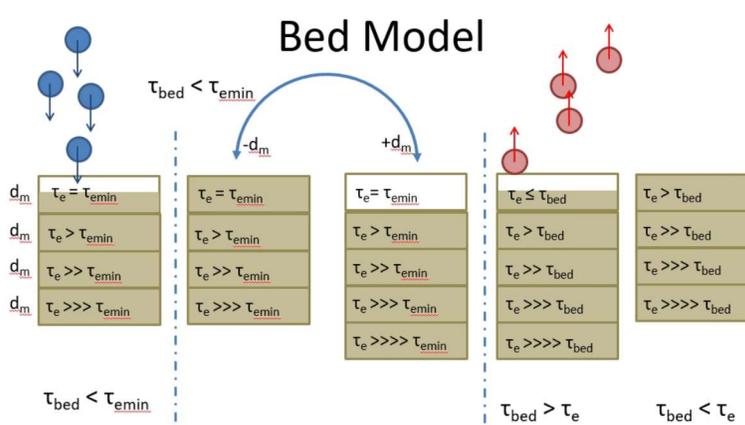


Figura 5 Representación del movimiento de partículas en el modelo de fondo desde la deposición (a la izquierda), hasta la consolidación (centro) y la erosión (derecha).

La materia en el fondo marino se degrada con el tiempo. Esto significa que la masa química se elimina de la masa depositada de acuerdo con las velocidades definidas para la ejecución del modelo particular (se utilizan valores predeterminados razonables). El sub-modelo “Bed Module” también puede permitir la degradación del carbono a lo largo del tiempo, aunque, como se indicó anteriormente, se requieren pruebas adicionales de este proceso tanto para el material lábil como para el refractario, a fin de tener en cuenta los cambios en este proceso con la temperatura, la profundidad y, por lo tanto, el oxígeno (SAMS, 2019²⁹). Debido a ello, el módulo de sedimento no fue activado en la presente modelación.

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

²⁹ SAMS Research Services Limited, NewDepomod Team, 2019-2020, NewDepomod User Guide

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

3.1.2 Definición del Área de Influencia (AI)

El límite entre condiciones naturales sin impacto a condiciones de enriquecimiento detectable se da entre 1.000 y 1.500 g C/m²/año según diversos autores (Hargrave 1994³⁰, Findlay – Watling 1997, Cromey et al. 2002a³¹, Chamberlain & Stucchi 2007³²). Por otro lado, Hargrave B.T., 2010³³, establece este límite entre 473,46 y 912,5 g C/m²/año. **Corresponde por lo tanto a un límite relativamente variable.** En la búsqueda de evaluar la condición más desfavorable posible, en Chile se ha establecido el valor de 365 g C/m²/año para establecer el límite del área de influencia, a partir del cual existen condiciones de enriquecimiento orgánico que pueden ser detectables y podrían ser atribuibles a la actividad acuícola.

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

3.2 Objetivos de la modelación

Entregar antecedentes que permitan:

- Determinar los aportes adicionales sobre el sedimento del ciclo productivo 2020 – 2021.
- Comparación relativa del ciclo 2020 – 2021 respecto de un ciclo con biomasa autorizada.
- Identificar y evaluar el aporte adicional sobre los diferentes componentes expuestos a la sedimentación: sedimento y biota principalmente.

3.3 Datos de entrada del balance de masas

Se detalla a continuación la configuración productiva de los ciclos RCA o autorizado y 2020 – 2021 utilizada para alimentar el modelo. Cabe mencionar que en el ciclo RCA, las toneladas de producción y alimento indicadas corresponden a la máxima biomasa autorizada, mientras que el resto de los parámetros son idénticos a los del ciclo 2020 – 2021.

³⁰ 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

³¹ 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

³² Chamberlain J, Stucchi D (2007) Simulating the effects of parameter uncertainty on waste model predictions of marine finfish aquaculture. Aquaculture 272: 296–311

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

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Tabla 16. Configuración productiva de los 2 escenarios modelados mediante NewDepomod.

	Unidad	Ciclo biomasa autorizada	Ciclo 2020 – 2021
Meses ciclo	Meses	14	14
Número de Jaulas	Jaulas	14	14
dimensiones	Metros	40x40x20	40x40x20
Producción Total (biomasa + mortalidad)	Ton	6,880	6,915.27
Toneladas de mortalidad	Ton	136.8	137.53
Toneladas de Alimento	Ton	7,061	7,097
Digestibilidad Alimento	%	87.5% *	87.5% *
FCR	-	1.03	1.03
	%	1%	1%
Alimento no consumido	Ton	70.6	71.0
	%	12.5%	12.5%
Fecas	Ton	874.5	879.0
Contenido agua en alimento	%	5.1% *	5.1% *
% Carbono en alimento	%	53.4% *	53.4% *
% Carbono en fecas	%	30%	30%
Módulo de Resuspensión y de fondo	-	Inactivo	Inactivo
Velocidad hundimiento pellets, calibre 9 mm	m/s	0.128 *	0.128 *
Velocidad hundimiento fecas	m/s	0.032	0.032

(*) Corresponde al promedio ponderado de las dietas de mayor calibre utilizadas en el ciclo productivo.

3.4 Descripción del área de estudio

3.4.1 Batimetría

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

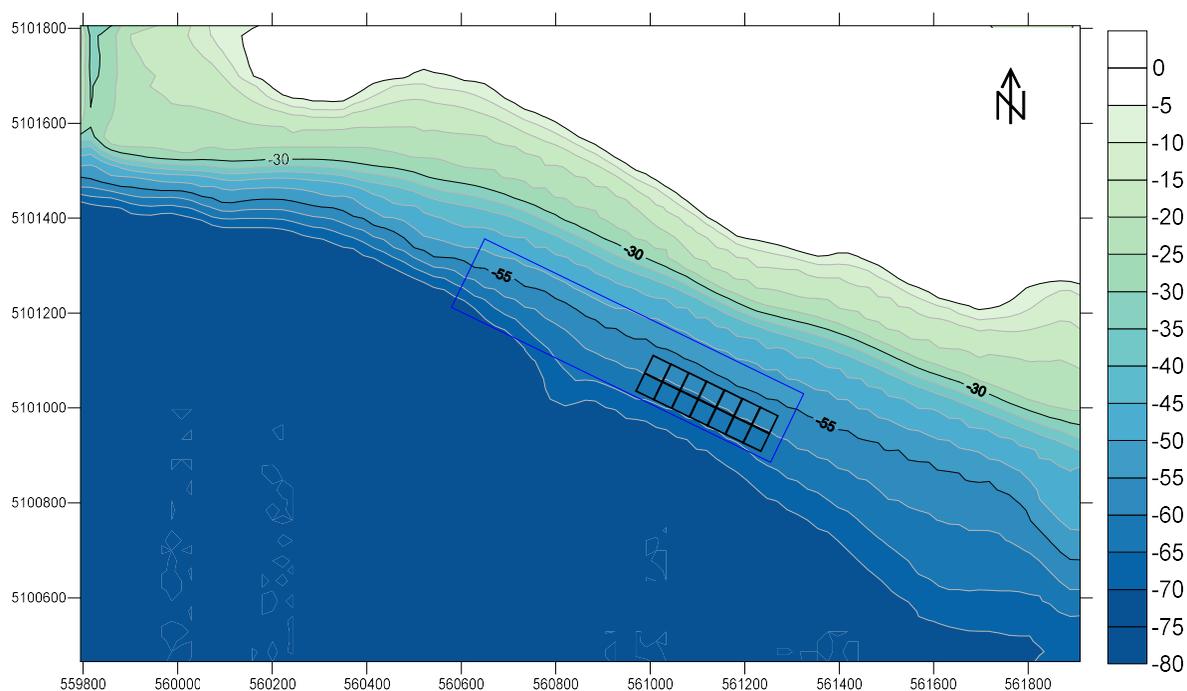


Figura 6 Vista bidimensional de la Batimetría del dominio de Modelación en May. Concesión otorgada en color azul. Se muestra configuración de jaulas del ciclo.

Las profundidades bajo la concesión se distribuyen entre los 47 y los 70 metros de profundidad aproximadamente.

3.4.2 Hidrodinámica del área modelada

La correntometría fue realizada entre los días 3 de junio y 4 de julio de 2018, por un período de 32 días y utilizando para ello un Correntómetro ADCP.

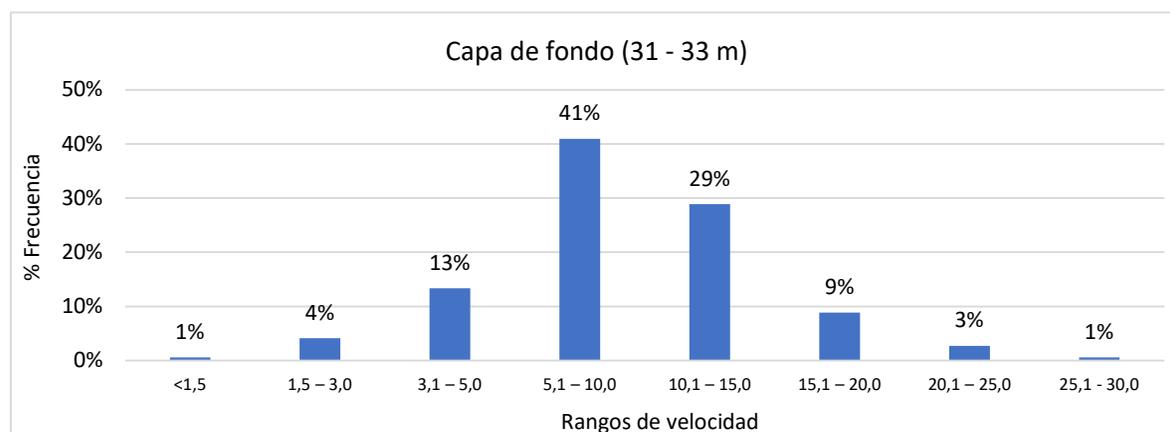


Figura 7 Distribución de frecuencias de las velocidades de corriente en la capa más profunda registrada de la columna.

3.4.2.1 Filtrado y selección de capas de la correntometría

Se utilizaron todas las capas registradas, las que corresponden a las siguientes profundidades:

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

- -32, -30, -28, -26, -24, -22, -20, -18, -16, -14, -12, -10, -8, -6 y -4 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 20x20 m, con un offset mínimo (desfase respecto de balsa jaulas) de 400 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°16). Es importante recalcar que la información que entrega el modelo corresponde al flujo acumulado de carbono durante todo el período de modelación, es decir, **14 meses**, dependiendo del ciclo. Esto es posible verificarlo revisando el archivo generado automáticamente por el software, ubicado en la carpeta del presente informe. Por ejemplo: **Anexos / Modelaciones NewDepomod / "E1_May" / Depomod / results / E1_May-J1-NONE-N-carbon-g0**. Al abrir el archivo, se observan 3 columnas, las que corresponden de izquierda a derecha a: eje X, eje Y, gramos de Carbono / m² (ver Figura N° 8, siguiente).

1	"x", "y", "g carbon/m2"
2	559805.00, 5100475.00, 0.000000
3	559825.00, 5100475.00, 0.000000
4	559845.00, 5100475.00, 0.000000
5	559865.00, 5100475.00, 0.000000
6	559885.00, 5100475.00, 0.000000
7	559905.00, 5100475.00, 0.000000
8	559925.00, 5100475.00, 0.000000

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

La naturaleza del resultado obtenido es por lo tanto un valor acumulado, no asociado de forma explícita a una unidad de tiempo, que representa la acumulación de carbono a lo largo de todo el ciclo productivo modelado. Por lo tanto, se debe en primer lugar conocer el período de tiempo que representan los valores de carbono obtenidos, con el objetivo de poder obtener un valor de flujo de carbono por unidad de tiempo, por ejemplo, diario (gC/m²/día) o anual (gC/m²/año).

Por lo tanto, dado que el ciclo productivo representado es de 14 meses, se debe en primer lugar dividir cada uno de los valores de carbono acumulado por el número de días que existen en 14 meses. Ello nos permite obtener el valor de flujo de carbono diario (gC/m²/día), el cálculo para obtener el valor de flujo diario de carbono es el siguiente, para un ciclo de 14 meses:

$$(\text{g carbono} / \text{m}^2) / (\text{n}^\circ \text{ días en 14 meses})$$

3.6 Resultados de la modelación

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/m²/día de sedimentación, o su equivalente de 365 gC/m²/año, al expresarlo mediante flujo anual. Se detallan y grafican a continuación los resultados de flujo de carbono obtenidos.

Tabla 17. Concentraciones máximas de deposición de carbono y área de sedimentación, delimitada por la isolínea de 365 gC/m²/año.

	gC/m ² /año	Superficie AI (m ²)
Ciclo biomasa autorizada	5,670	122,360
Ciclo 2020 – 2021	5,703	122,862
Aporte adicional del ciclo 2020 – 2021	32.7	502

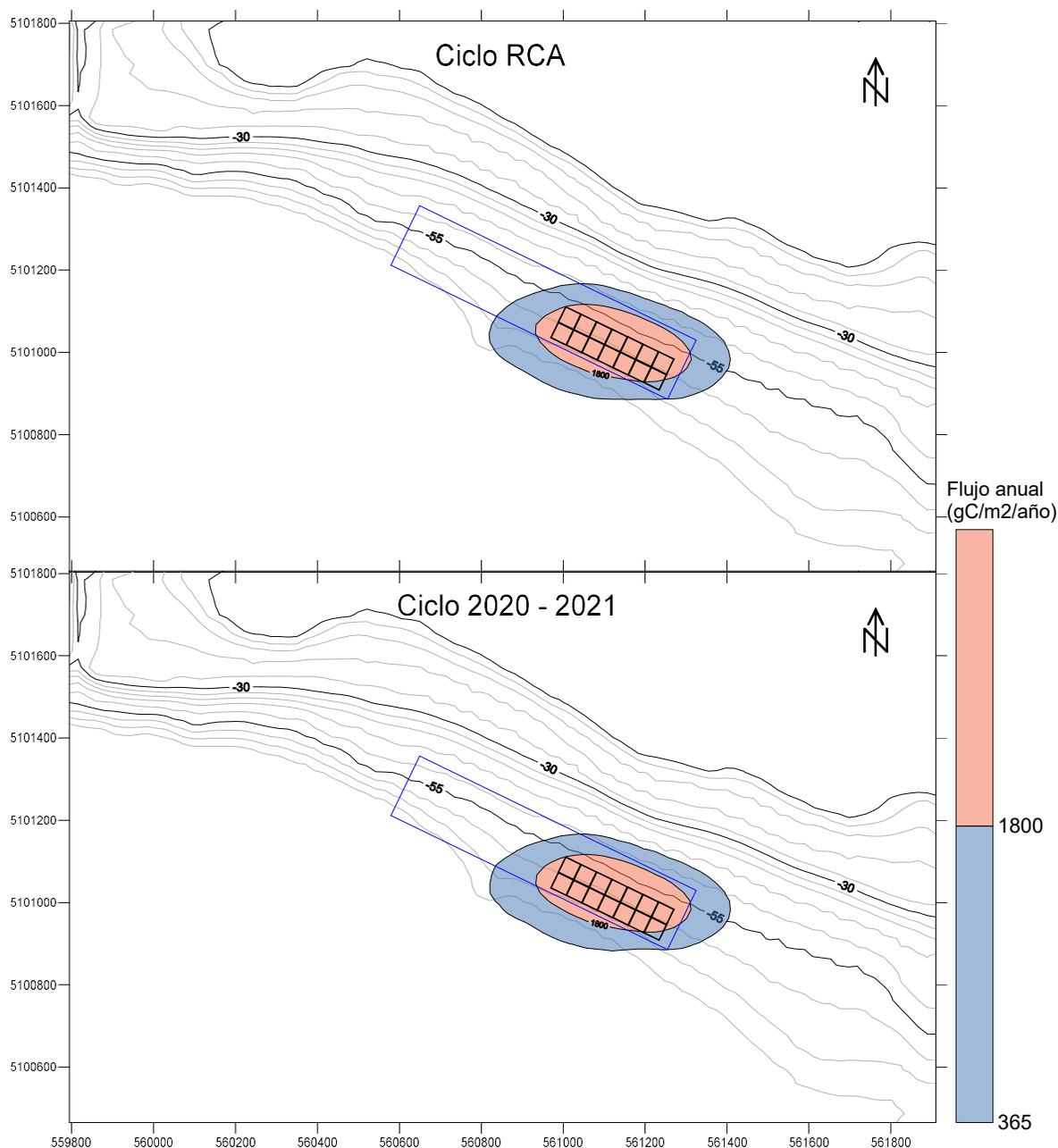


Figura 9 Flujo anual de carbono. Tasa de sedimentación en gC/m²/año. Arriba: ciclo de producción autorizada. Abajo: Ciclo 2020 – 2021.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Los valores máximos de flujo anual de carbono en los escenarios de biomasa autorizada y 2020 – 2021, son de 5,703 y 5,670 gC/m²/año respectivamente, por lo que el aporte adicional de carbono del ciclo 2020 – 2021 fue de 32.7 gC/ m²/año, lo que equivale a 0.09 gC/ m²/día, valor que como se verá en la sección 3.8, se encuentra por debajo del límite inferior de lo que varios autores consideran el umbral entre condiciones naturales, con sedimentación natural sin cultivo, y condiciones de enriquecimiento mínimo o leve.

El área de influencia en el sedimento corresponde a 122,360 y 122,862 m² en los escenarios de producción autorizada y 2020 – 2021, respectivamente, por lo que el aporte adicional en el área de influencia en el sedimento del ciclo 2020 – 2021 es de 502 m², lo que aporta tan solo un 0.41% al área de sedimentación producida por el ciclo de producción autorizada

3.7 Análisis sedimento INFA

El CES May presenta categoría 3 y 5. Dado que los resultados de oxígeno en la columna de agua ya fueron analizados en la sección 2.1 anterior, se analizan a continuación los resultados de las INFA 2019 y 2022, en relación con los parámetros de materia orgánica, pH y potencial Redox en el sedimento de las muestras obtenidas según metodología definida en la Res. Ex. N° 3612/09 y cuyos estándares de cumplimiento se detallan a continuación.

Tabla 18. Límites de aceptabilidad de las muestras de sedimento según Res. Ex. N°3612/2009.

Parámetro	Límite de aceptabilidad
Oxígeno disuelto (1 m fondo)	≥ 2,5 mg/L
Materia Orgánica	≤ 9
pH	≥ 7.1
Eh (SNH)	≥ 50 mV

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.

Se analizan a continuación los resultados de los INFA realizados en noviembre de 2019 (INFA 1) y en enero de 2022 (INFA 2).

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

Tabla 19. Resultados muestras de sedimento.

Monitoreo	Promedio de MO	Promedio de pH	Promedio de Potencial REDOX SNH (mV)
INFA 1 _ 20-11-2019			
E1	2.7	8.3	439
E2	2.4	7.5	232
E3	2.5	7.3	225
E4	2.5	7.7	230
E5	2.6	7.7	252
E6	2.6	7.4	252
E7	2.6	7.5	240
E8	2.3	7.3	242
C1	2.4	7.5	241
C2	2.4	7.5	239
INFA 2 _ 20-01-2022			
E1	3.1	7.3	-162
E2	2.8	7.7	-108
E3	3.7	7.3	-21
E4	3.5	7.4	-50
E5	5.4	7.4	1
E6	5.9	7.6	-99
E7	6.4	7.7	-164
E8	6.8	7.7	-21
C1	1.5	7.3	-126
C2	4.4	7.7	62

La condición anaeróbica, según normativa vigente, se produce a partir del incumplimiento de los valores de pH y Redox, de forma simultánea en 3 estaciones. Se constata que esta situación no sucede en ninguno de las INFA, por lo que se concluye que existe una condición aeróbica en el sedimento en los dos monitoreos INFA. 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.

También es importante mencionar que en los monitoreos INFA realizados en 2019 y 2022, se han obtenido resultados aeróbicos. Por tanto, el centro de cultivo operó en niveles compatibles con las capacidades del cuerpo de agua en que se localiza.

3.8 Identificación Componentes bióticos potencialmente afectados

Los componentes bióticos potencialmente afectados por la emisión adicional del ciclo 2020 – 2021, respecto del ciclo de biomasa autorizada, dentro del área de sedimentación, corresponden a aquellos que puedan ser potencialmente afectados por el flujo de sedimentación adicional, calculado en un máximo de 0.09 gC/m²/día, o 32.7 gC/m²/año.

En el caso de que 32.7 gC/m²/año fuese toda la sedimentación aportada, en lugar de ser solo una fracción adicional, se puede indicar que dicho flujo anual de carbono se

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

encuentra por debajo del límite inferior 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 20. 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 ³⁴	321 – 867	g C/m ² /año
Hargrave B.T., 2010 ³⁵	36,5 – 365	g C/m ² /año
Bannister et.al., 2014 ³⁶	56 – 317	g C/m ² /año

4 Análisis Área protegida Reserva Nacional Las Guaitecas

De acuerdo con lo presentado en el informe “Evaluación Área de Influencia del Sedimento” el Proyecto se ubicaba colindando con la Reserva Forestal Islas Guaitecas, sin embargo, en el marco de la Ley SBAP, se realizó una recategorización de las AP, dejando esta área Protegida como Reserva Nacional Islas Guaitecas e incorporando dentro de la extensión protegida, el maritorio. Es por esto, que se presenta en la siguiente Figura, el área protegida actualizada de la Reserva Nacional (RN) Las Guaitecas, cuya extensión está validada por el Decreto N°420 de 1983 del Ministerio de Hacienda, el área de la concesión del proyecto, y el área de la concesión.

³⁴ 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

³⁵ Hargrave B.T. (2010) Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. Aquacult Environ Interact Vol. 1: 33–46

³⁶ 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.

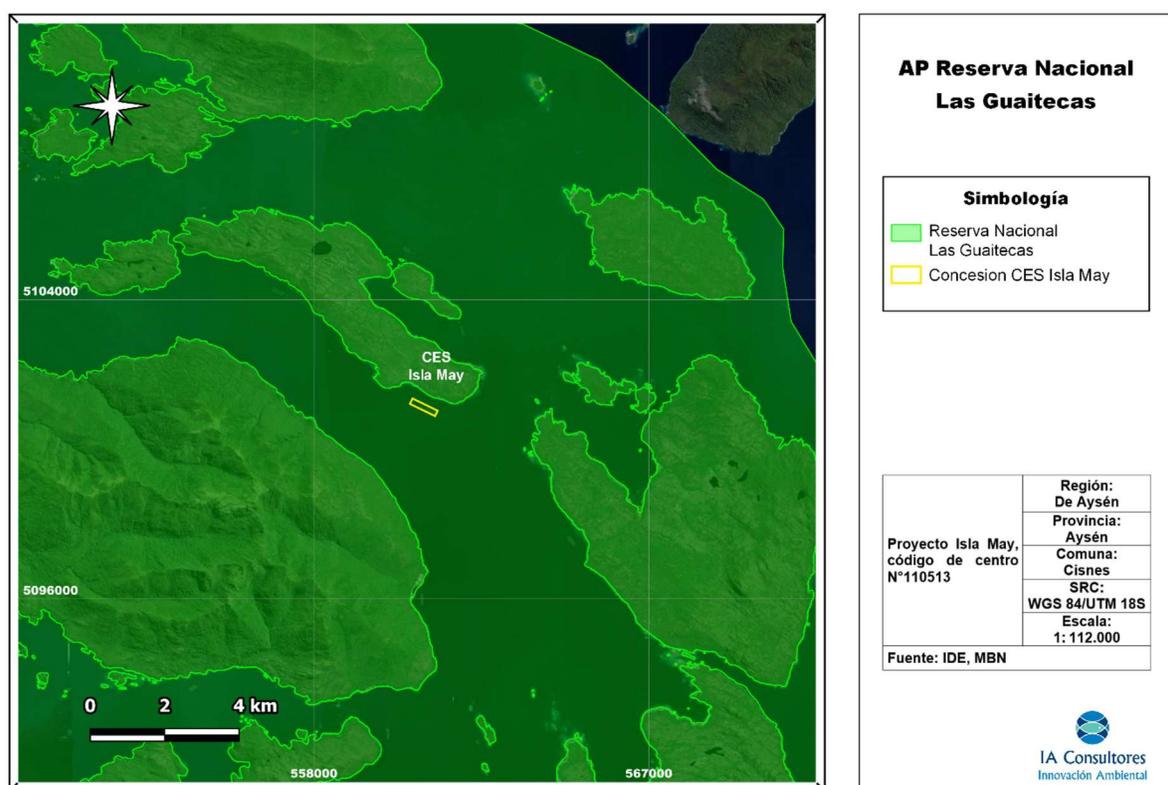


Figura 10 Ubicación del Proyecto respecto a la Reserva Nacional Las Guaitecas

Para analizar la susceptibilidad de afectación por parte del ciclo productivo 2020 – 2021, 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 OP que resguarda la RN Las Guaitecas.

Es importante aclarar que, si bien existió una recategorización del área protegida, hasta la fecha no ha existido una modificación en los objetos de protección de la RN Las Guaitecas, manteniéndose la protección a las especies de vegetación como el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uvifera*), el coigüe de Chiloé (*Nothofagus nitida*) y el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), y las especies de fauna como el chucao (*Scelorchilus rubecula*), el hued hued (*Pteroptochos tarnii*) que habitan en la porción terrestre de la RN Las Guaitecas. Dado que la diferencia de aporte en cuanto a flujo de carbono, nutrientes y materia orgánica del ciclo 2020 – 2021 se dan únicamente en la porción marina, **es que se descarta una afectación negativa sobre estos objetos de protección que se ubican en tierra.**

Respecto de la fauna marina identificada que utiliza parte de porción marina y terrestre, encontramos al huillín habitando las costas protegidas y al chungungo (*Lontra felina*) habitando las costas que presentan una mayor exposición al viento y oleaje. El huillín, como otras nutrias de río, selecciona sitios para descansaderos y madrigueras en lugares cercanos al agua, con vegetación, pendiente y raíces o rocas agrietadas, lo cual le provee de visibilidad al vecino cuerpo de agua sin exponerse a riesgos (Chehébar et al., 1986;

Mason y Macdonald, 1986; Medina 1991, 1996). Las madrigueras de huillines pueden estar al interior de grietas profundas en grandes rocas, entre raíces y rocas (ríos pre-andinos y andinos) o cavadas en la arcilla con entradas que quedan sumergidas durante la época de las crecidas (ríos de la Cordillera de la Costa y Valle central), e inmediatamente sobre el agua en la ribera o alejadas hasta 50 m del cuerpo de agua (Chehébar y Benoit, 1988; Medina, 1991, 1996).³⁷ Puesto que la diferencia de aporte en cuanto a flujo de carbono, nutrientes y materia orgánica del ciclo 2020 – 2021, se dan únicamente en la porción marina y en específico en el área que se representa en la Figura N° 11, es que **es posible descartar una afectación negativa tanto del huillín como del chungungo, ya que el área de influencia no se superpone ni interfiere en el hábitat de ambas especies.**

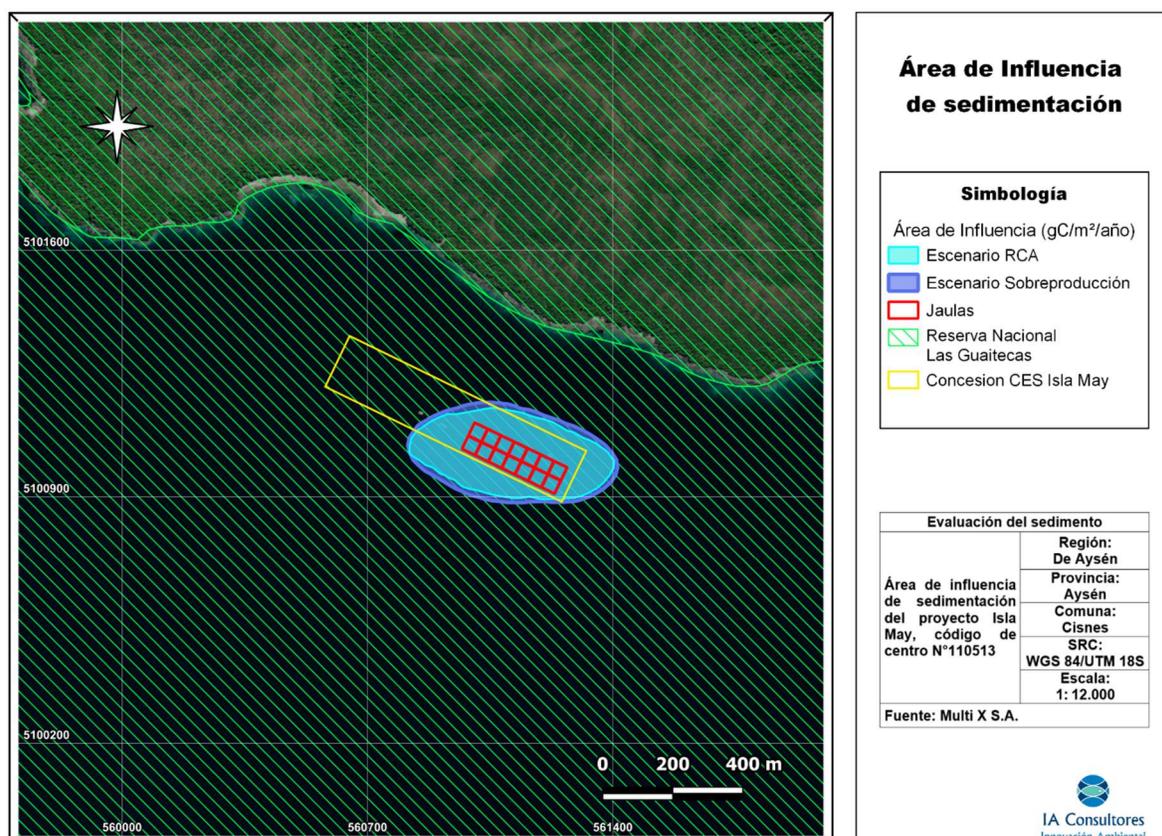


Figura 11 Ubicación del Proyecto respecto a la Reserva Nacional Las Guaitecas

Respecto a la porción de mar donde se observa el área de influencia de flujo de carbono y nutrientes, se encuentra inserto dentro de las Áreas Aptas para la Acuicultura (A.A.A.), en Zona Preferencial para la Acuicultura³⁸, la que además es identificada y reconocida como áreas que se encuentran dentro de la RN Las Guaitecas.

También se identifican distintas especies de aves, como son aves marinas de la familia de los pingüinos (Spheniscidae), petreles (Procellariidae), cormoranes (Phalacrocoracidae), patos (Anatidae), chorlos (Charadriidae) y gaviotas (Laridae), mientras que en las zonas

³⁷ Informe final “conservación de la biodiversidad en el sector priorizado isla kent” código bip: 3007705-0

³⁸ Memoria de Zonificación Borde Costero región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

terrestres destacan especies como chucao (*Troglodytes aedon*), zorzal (*Turdus falcklandii*), martín pescador (*Megaceryle torquata*), tordo (*Curaeus curaeus*) y cachaña (*Enicognathus ferrugineus*). Entre los mamíferos, tanto marinos como terrestres, es posible también encontrar: lobo marino común (*Otaria flavescens*), lobo marino fino (*Arctocephalus australis*), coipo (*Myocastor coypus*), güiña (*Leopardus guigna*) y pudú (*Pudu puda*).

Como ya se indicó, es posible descartar efectos negativos sobre las especies terrestres, ya que el área de influencia no se superpone ni interfiere en el hábitat de estas especies. En cuanto a las especies marinas, 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 dada la ausencia de efectos negativos en la columna de agua y en el sedimento que puedan ser identificados mediante mediciones in situ, **es posible concluir que estos no generan efectos negativos sobre las especies, su hábitat ni sobre la cadena trófica.**

En cuanto a los objetos de protección (OP) es importante señalar que la RN Las Guaitecas no cuenta con un plan de manejo u otro documento que identifique los OP marinos, por este motivo, con el fin de poder analizar si el ciclo 2020 – 2021 generó efectos negativos en el medio marino, se analizará, dependiendo de la información disponible, la magnitud, la extensión y/o duración de la emisión de flujo de carbono, nutrientes y materia orgánica dado por el alimento adicional utilizado en este ciclo.

Flujo de carbono.

Respecto a la magnitud de los efectos por el alimento adicional entregado, se determinaron flujos de carbono de 5,670 y 5,703 gC/m²/año en los escenarios ciclo biomasa autorizada vs ciclo 2020 – 2021, respectivamente, por lo que el aporte adicional de ese último ciclo fue de 32.7 gC/ m²/año, lo que equivale a 0.09 gC/ m²/día, valor que se encuentra incluso por debajo del rango de valores de sedimentación natural medidos sin producción (ver Tabla 20). Ello permite inferir que se trata de un aporte adicional reducido.

En cuanto a las áreas de sedimentación adicional, éstas corresponden a 122,360 y 122,862 m² en los escenarios de producción autorizada y 2020 – 2021 respectivamente, por lo que el aporte adicional en el área de influencia en el sedimento del ciclo recién mencionado es de apenas 502 m², como se observa en la Figura 11, lo que aporta un 0.41% al área de sedimentación producida por el ciclo de producción autorizada.

Emisión de nutrientes.

Para determinar la magnitud del aporte de nutrientes, se realizó el cálculo de los efectos generados por el aporte adicional de nutrientes en el medio durante el mes de máxima biomasa del ciclo 2020 – 2021, determinándose que el aporte adicional es un 0.51%, tanto con relación a la cantidad de alimento utilizado como en la cantidad de nutrientes aportados

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

al medio. En cuanto a los posibles efectos, se determinó que esta emisión adicional de nutrientes pudo haber significado el crecimiento de 0.22 Ton. de fitoplancton, y de 4.28 Ton de macroalgas como aporte adicional a las 834.4 Ton que generaría un ciclo con biomasa autorizada en su mes de máxima emisión. Para poder comprender si el crecimiento adicional de fitoplancton y macroalgas en el medio pudo haber generado efectos negativos como eutrofización de la columna de agua, es necesario tener en cuenta en primer lugar que el aporte adicional de nutrientes del ciclo 2020 – 2021 corresponde al 0.039% del DIN presente de forma natural en la columna de agua y al 0.015% del DIP, por lo que se trata de un aporte de dimensión muy limitada. En cuanto a la duración de este aporte adicional en el medio marino, cabe tener en cuenta los resultados del estudio de modelación biogeoquímica mencionado en el numeral 2.2 al inicio del presente estudio³⁹, donde se muestra que el decaimiento de los nutrientes producto de procesos hidrodinámicos y biogeoquímicos demora un máximo de 1,5 días hasta llegar a concentraciones cercanas a cero.

Consumo de oxígeno

Para determinar la magnitud del consumo de oxígeno adicional, se determinó el consumo de oxígeno del ciclo 2020 – 2021 vs un ciclo con biomasa autorizada, obteniéndose un consumo adicional de oxígeno de 0.002 mg O₂/l en el mes de máximo consumo, 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 estaría dada bajo las inmediaciones de las balsas jaulas y su duración se determinó que **se recuperaría mediante difusión molecular atmosférica en un plazo máximo de 0.022 horas**. 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.

Por lo mencionado anteriormente, es posible descartar en cuanto a la magnitud, duración y extensión del aporte adicional de nutrientes, consumo de oxígeno disuelto y sedimentación del flujo de carbono, que éstos hayan generado efectos negativos asociados a la diferencia dada por el ciclo 2020 – 2021 del CES May.

Es por lo tanto posible descartar que exista y haya existido un efecto negativo sobre los componentes ambientales y objetos de protección existentes en la Reserva Nacional Las Guaitecas, tanto en el Maritorio como en el medio terrestre.

³⁹ https://scia.sea.gob.cl/elementosFisicos/enviados.php?id_documento=2162766950

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

4.1 Conclusiones

Alimento adicional entregado: como se desprende de las Tablas 3, 4 y 16, el alimento utilizado en el ciclo 2020 – 2021 corresponde 7,097.5 Ton., mientras que, en el ciclo con producción autorizada el alimento utilizado sería de 7,061.3 Ton. Por lo tanto, el alimento adicional utilizado en el 2020 – 2021 corresponde a 36.19 Ton. Considerando que el alimento no consumido por los peces se estima en 1% del total entregado, el alimento adicional no consumido a lo largo de todo el ciclo corresponde a 361.9 Kg. Teniendo en cuenta el alimento mensual utilizado en el ciclo 2020 – 2021 (ver Tabla 2), el mes 10 corresponde al mes con la máxima entrega de alimento: 928.3 Ton en dicho ciclo y 923.6 Ton en el ciclo con biomasa autorizada. El aporte adicional de alimento en el mes 10 es por lo tanto de $928.3 - 923.6 = 4.73$ Ton. Teniendo en cuenta que el 1% no habría sido consumido, el aporte adicional de alimento no consumido en el mes 10 equivale a 0.047 Ton, lo que a su vez corresponde a una emisión diaria promedio de $0.047/30 = 1.58$ Kg/día durante el mes de máxima entrega de alimento. Respecto del carbono orgánico adicional aportado por el alimento, dado que el alimento contiene un 53.4% de carbono, el aporte máximo diario adicional de carbono emitido al medio producto del alimento no consumido corresponde a:

$$1.58 \text{ Kg. de alimento} \times 53.4\% = 0.84 \text{ Kg de carbono orgánico / día}$$

Análisis del ciclo 2020 – 2021 en el sedimento: es posible indicar que, el aporte adicional del ciclo 2020 – 2021 corresponde a un flujo anual de carbono 32.7 gC/ m²/año, lo que equivale a 0.09 gC/m²/día y a un aumento en el área de sedimentación de 502 m². En comparación, el flujo anual de carbono que sedimenta de forma natural en el mar, sin presencia de centros de cultivo, ha sido reportado por diversos autores y presenta un amplio rango de valores, entre 36,5 y 867 gC/m²/año, según se detalló en la Tabla 20 anterior. 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/m²/año cuanto mayor es el impacto. Es decir, se requiere cada vez un mayor flujo de carbono para pasar de un estado de enriquecimiento al siguiente. Dicho lo anterior, es importante aclarar que el cálculo de sedimentación permite concluir la existencia de un aporte adicional de materia orgánica en el área de sedimentación. Sin embargo, es probable que dicho aporte sea difícil de evaluar y medir en terreno, debido a la baja concentración de carbono adicional, así como del limitado y potencial efecto que éste pudo haber causado.

El Análisis de la INFA 2022, muestra una condición aeróbica, según normativa vigente, dentro de la zona de mayor sedimentación predicha por la modelación con NewDepomod. No obstante, se observa una baja concordancia entre los resultados INFA y la predicción

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

NewDepomod. En cuanto al área de sedimentación, los resultados INFA muestran condiciones aeróbicas en el perímetro de las jaulas.

Adicionalmente, en relación con el Análisis de sedimento INFA, se puede destacar que la condición anaeróbica, según normativa vigente, se produce a partir del incumplimiento de los valores de pH y Redox, de forma simultánea en 3 estaciones. Se constata que esta situación no sucede en ninguno de los INFA, por lo que se concluye que existe una condición aeróbica en el sedimento en los monitoreos INFA de 2019 y 2022. De la misma forma, todos los valores de materia orgánica analizados se encuentran por debajo del 9%, que es el límite establecido en la Res 3612/09. También es importante mencionar que en los monitoreos INFA realizados en 2019 y 2022, se han obtenido resultados aeróbicos.

Además, se debe considerar que los resultados de los muestreos INFA muestran una mejor condición ambiental de la que es predicha mediante las modelaciones NewDepomod. Ello permite concluir que las condiciones ambientales del CES May podrían ser más favorables que la información oceanográfica existente, la que muestra valores altos de energía hidrodinámica y buena profundidad.

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

En relación con el análisis de columna de agua, la emisión adicional de nutrientes inorgánicos DIN y DIP, en el peor escenario, representa un aporte de tan solo 0.29 y 0.02 mg/m³ respectivamente, en el mes de máxima biomasa y en los primeros metros de haber sido emitidos, antes de que se produzca dispersión y dilución alguna. Al comparar estos valores con las concentraciones naturales del sector aledaño al centro de cultivo que corresponden a DIN 739.4 y DIP 118.5, obtenemos que las concentraciones máximas emitidas por el centro de cultivo corresponden a una fracción menor, ya que el aporte adicional por emisión de DIN equivale al 0.039% de la concentración natural del sector aledaño al centro de cultivo, mientras que, en el caso de DIP, equivale al 0.015% de la concentración natural del sector. Ello teniendo en cuenta que, **tras los primeros metros de haber sido emitidos, las concentraciones de DIP y DIN se reducirán rápidamente producto de la dispersión y dilución hidrodinámica.**

Respecto al consumo de oxígeno de la biomasa en cultivo, el efecto sobre la columna de agua será levemente menor en el ciclo con biomasa autorizada respecto del ciclo 2020 – 2021, con consumos de oxígeno proyectados de 0.42 y 0.43 mg O₂/l, respectivamente. Ambos consumos de oxígeno son mínimos, ya que reducirían la concentración de oxígeno

Ene-2025	Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento. CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

superficial de la columna en un valor inferior a 0.5 mg O₂/l, **lo que teóricamente se recupera mediante difusión molecular atmosférica en un plazo de tan solo 4.24 y 4.26 horas, respectivamente.**

En cuanto al consumo adicional de oxígeno producto de la superación del límite máximo autorizado, éste se puede calcular como la diferencia en el oxígeno consumido por la biomasa del ciclo 2020 – 2021 respecto del ciclo de biomasa autorizada, lo que implica un consumo adicional de oxígeno de tan solo 0.002 mg O₂/l por parte del ciclo 2020 – 2021; **lo que requeriría de apenas 0.022 horas para alcanzar las concentraciones originales.**

De acuerdo con las concentraciones de oxígeno registradas a un metro del fondo, se puede concluir que **el alimento adicional suministrado no generó cambios detectables en la concentración de oxígeno en la columna de agua.** De igual forma, se puede indicar que los resultados de las INFA muestran condiciones ambientales aeróbicas, lo que comprende el ciclo de producción 2020 – 2021, objeto de la formulación de cargos. Lo anterior, debido que, los valores de OD a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo en las INFA de 2019 y 2022, se encuentran sobre el límite de aceptabilidad de 2,5 mg/L según lo establecido por la Res. Ex. 3612/2009, de acuerdo con el Figura 1 presentada en este Informe. Asimismo, los valores promedio a 1 m del fondo de todas las estaciones de muestreo fluctúan entre el 7.4 - 8.3 mg/L, siendo 7.85 mg/L los valores promedio de OD de la INFA realizada en 2022 correspondiente al ciclo productivo 2020 – 2021.

Se puede concluir por lo tanto que, **el ciclo 2020 – 2021, no habría generado efectos relevantes en la columna de agua ni en el sedimento, producto de la emisión de carbono y nutrientes.** Es probable que dichos efectos sean difíciles de medir y evaluar con información de terreno, debido a la baja concentración de carbono, nutrientes y consumo de oxígeno adicionales, por lo que se puede inferir que, debido al transcurso del tiempo, ya no serían detectables. Asimismo, la evidencia disponible permite inferir que, por lo señalado, **no se generaron efectos negativos sobre los objetos de protección, el sedimento marino, columna de agua, flora y fauna de la RNA Las Guaitecas.**

Informe elaborado por:

Matias E. Gargiulo
Biólogo Marino
IA Consultores

Ene-2025	<i>Informe Integrado de Análisis Ambientales en Columna de Agua y Sedimento.</i> CES MAY	IA Consultores Innovación Ambiental
	Proyecto 24222	

5 Anexos (adjuntos en formato digital)

1. Archivos AutoCAD georreferenciados en WGS84 del escenario modelado.
2. Archivos de Modelaciones NewDepomod.
3. Archivos de correntometría May.
4. Respaldos parámetros de modelación.
5. Guía usuario NewDepomod.
6. Archivos INFA.
7. "TABLAS": Planilla Excel con todas las tablas que incorpora el presente informe.



Notario Puerto Montt Lebby Carolin Barría Gutiérrez

Certifico que el presente documento electrónico es copia fiel e íntegra de ESCRITO PATROCINIO Y PODER otorgado el 15 de Enero de 2025 reproducido en las siguientes páginas.

Notario Puerto Montt Lebby Carolin Barría Gutiérrez.-

Pedro Montt 180, Puerto Montt.-

Puerto Montt, 15 de Enero de 2025.-



123456841580
www.fojas.cl

Emito el presente documento con firma electrónica avanzada (ley No19.799, de 2002), conforme al procedimiento establecido por Auto Acordado de 13/10/2006 de la Excm. Corte Suprema.-

Certificado N° 123456841580.- Verifique validez en www.fojas.cl.-

CUR N°: F4662-123456841580.-

**LEBBY CAROLIN
BARRIA GUTIERREZ**

Digitally signed by LEBBY CAROLIN BARRIA GUTIERREZ
Date: 2025.01.15 16:29:24 -03:00
Reason: Notario Publico Lebby Carolin Barria Gutierrez
Location: Puerto Montt - Chile

Puerto Montt, 14 de enero de 2025

Sra. Claudia Arancibia Cortés
Fiscal Instructora del Departamento de Sanción y Cumplimiento
Superintendencia del Medio Ambiente
Presente.



EN LO PRINCIPAL: Patrocinio y Poder; **PRIMER OTROSÍ:** Acompaña Personería;
SEGUNDO OTROSÍ: Delega Poder.

PABLO RUBÉN BASCUÑÁN SERRANO, abogado, RUN N° 8.108.412-2, en representación de la sociedad **MULTI X S.A.**, RUT N° 79.891.160-0, ambos con domicilio en Avenida Cardonal N° 2.501, de la comuna y ciudad de Puerto Montt, en Expediente de Procedimiento Administrativo Sancionatorio **Rol D-300-2024**, a Ud. respetuosamente, digo:

Que, Multi X S.A. fue notificada de la Res. Ex. N° 1/ ROL D-300-2024 – en adelante la “Resolución” –, en que se contiene la formulación de cargos efectuada por esta Superintendencia del Medio Ambiente – en adelante “Superintendencia” o “SMA” –, por incumplimiento de la Unidad Fiscalizable “**CES May**” (RNA 110513) a las condiciones, normas y medidas establecidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental.

Que, conforme la misma Resolución, bajo el Resuelvo IV. se otorgó plazo para presentar Programa de Cumplimiento (PdC) o descargos, respectivamente, los que fueron ampliados de oficio por esta Superintendencia en el Resuelvo V. De esta manera, el plazo para presentar un PdC o evacuar descargos es de 15 y 22 días hábiles, respectivamente.

Que, por este acto, vengo en hacer presente que, en mi calidad de abogado habilitado para el ejercicio de la profesión, asumiré personalmente el patrocinio y poder en este Procedimiento Administrativo Sancionatorio contenido en Expediente **Rol D-300-2024** de esta SMA.

POR TANTO, y en mérito de lo expuesto,

SOLICITO A UD., Tener presente Patrocinio y Poder.

PRIMER OTROSÍ: Que, solicito a Ud., tener presente que, mi personería para obrar en representación de Multi X S.A. (antes, Salmones Multiexport S.A.), consta en escritura pública otorgada en la Notaría de Puerto Montt de doña Leby Barría Gutiérrez, cuya copia se acompaña junto a esta presentación.



SEGUNDO OTROSÍ: Que, por el presente acto y sin perjuicio de lo señalado en lo principal de esta presentación, vengo en delegar poder a los abogados habilitados para el ejercicio de la profesión don **HUGO REYES PRUDENCIO**, RUN N° **13.689.233-9**, y don **SEBASTIÁN RUIZ ULLOA**, RUN N° **18.238.531-K**, con quienes podré actuar en este procedimiento administrativo de sanción conjunta o separadamente, de manera indistinta, ambos de mí mismo domicilio, esto es, Avenida Cardonal N° 2.501, de la ciudad y comuna de Puerto Montt, quienes firman en señal de aceptación.

Barría

[Signature]

13.689.233-9



[Signature]

18.238.531-K



Autorizo las firmas de don HUGO ANTONIO REYES PRUDENCIO, Cédula Nacional de Identidad N°13.689.233-9; y de don SEBASTIAN IGNACIO RUIZ ULLOA, Cédula Nacional de Identidad N°18.238.531-K. Doy fe. En Puerto Montt a 15 de enero de 2025.-



[Large signature]





COPIA CON VIGENCIA

Archivero Judicial de Puerto Montt

El Archivero Judicial de Puerto Montt certifica que la copia de la escritura pública de fecha 28 de Mayo de 2021, otorgada en la Notaría LEBBY BARRIA GUTIERREZ, comuna de PUERTO MONTT, Repertorio Notarial N° 1511-2021, adjunta al presente documento, es testimonio fiel de su original y no hay constancia al margen de ella que el mandato a que se refiere haya sido revocado.-

Archivero Judicial de Puerto Montt.-
Benavente 390, Puerto Montt, Chile.-
Carátula N°: 407590 .-
Puerto Montt, 11 de Enero de 2024.-



N° Certificado: 123457581516.-
www.fojas.cl

JORGE HUMBERTO
MARTINEZ
BARRIENTOS

Emito el presente documento con firma electrónica avanzada (ley No19.799, de 2002), conforme al procedimiento establecido por Auto Acordado de 13/10/2006 de la Excm. Corte Suprema.-

Certificado N° 123457581516.- Verifique validez en www.fojas.cl.-

Digitally signed by JORGE HUMBERTO
MARTINEZ BARRIENTOS
Date: 2024.01.11 17:38:10 -03:00
Reason: Conservador Jorge Martinez
Barrientos
Location: Puerto Montt - Chile



LEBBY BARRIA GUTIERREZ

Notaria Pública Titular
Quinta Notaría de Puerto Montt

Fonos: 65 2273200 / 65 2273201 / 65 2470231
Mail: escrituras@notariabarria.cl
Dirección: Pedro Montt 180
Puerto Montt - Chile



REPERTORIO N° 1511 - 2021.-

MANDATO JUDICIAL Y ESPECIAL

SALMONES MULTIEXPORT S.A.

A

PABLO RUBÉN BASCUÑÁN SERRANO

En PUERTO MONTT, REPÚBLICA DE CHILE, a veintiocho de mayo de dos mil veintiuno, ante mí, **LEBBY CAROLIN BARRIA GUTIERREZ**, Notaria Pública Titular de la Quinta Notaría de Puerto Montt, con oficio en calle Pedro Montt, número ciento ochenta de esta ciudad, comparecen: Don **JOSÉ RAMÓN GUTIÉRREZ ARRIVILLAGA**, quien declara ser chileno, casado, ingeniero civil industrial, cédula de identidad número siete millones diecisiete mil trescientos sesenta y cuatro guion seis y don **ANDRÉS MAURICIO LYON LABBÉ**, quien declara ser chileno, casado, ingeniero civil industrial, cédula de identidad número diez millones diecinueve mil cincuenta y ocho guion tres, ambos en representación de **SALMONES MULTIEXPORT S.A.**, empresa del giro de su denominación, Rol Único Tributario número setenta y nueve millones ochocientos noventa y un mil ciento sesenta guion cero, todos con domicilio para estos efectos en Avenida Cardonal, número dos mil quinientos uno, comuna y ciudad de Puerto Montt; los comparecientes mayores de edad, quienes me acreditaron sus identidades con las cédulas mencionadas y exponen: **PRIMERO.** Que, en la representación en que comparecen, por este acto viene en conferir mandato especial al abogado don **PABLO**

*Cambio de Razón Social.
Reg. N° 12.164.-
Por escritura pública de fecha 07/11/2022, respectivo N° 13.130.122, otorgada en la Notaría de don Antonio Vera P. de la ciudad de Santiago, a inscrita en el Registro de Comercio de San Diego a fs. 91.814 N° 46.159 del año 2022 y minuta escrita de fecha 12/12/2023, de don Cristian Swett P., otorgada en la Notaría de don Leby Barria G. de esta ciudad, consta: Que "Salmones Multiexport S.A."; la misma su razón social por "MULTI X S.A." y "MULTI X".
Requisito don José Contreras. Puerto Montt, 09.01.24.-*

Señal S.A.



Certificado emitido con Firma Electrónica Avanzada Ley N° 19.799. Autoacreditado de la Excma Corte Suprema de Chile. Cert. N° 123457891516. Verifique validez en http://www.fonasa.cl

RUBÉN BASCUÑÁN SERRANO, cédula nacional de identidad número ocho millones ciento ocho mil cuatrocientos doce guion dos, para que actúe a nombre y representación de SALMONES MULTIEXPORT S.A., en todo juicio de cualquier clase y naturaleza que sea y que actualmente tenga pendiente o le ocurra en lo sucesivo, con especial limitación de no poder contestar nuevas demandas, ni ser emplazado en gestión judicial alguna por su mandante sin previa notificación personal del compareciente de que se trate. Se confiere especialmente al mandatario las facultades indicadas en ambos incisos del artículo séptimo del Código de Procedimiento Civil y especialmente las de demandar, reclamar judicialmente a órganos que pertenezca a la administración del Estado, como para iniciar cualquier otra especie de gestiones judiciales, así sean de jurisdicción voluntaria o contenciosa, reconvenir, contestar reconvencciones, desistirse en primera instancia de la acción deducida, aceptar la demanda contraria previo emplazamiento personal a la mandante, absolver posiciones, renunciar a los recursos y términos legales, transigir, comprometer otorgar a los árbitros facultades de arbitradores, aprobar convenios y percibir. En el desempeño de su mandato, el mandatario podrá representar a la mandante en todos los juicios o gestiones judiciales en que tengan interés actualmente o lo tuviere en lo sucesivo ante cualquier tribunal del orden judicial, de compromiso o administrativo y en juicio de cualquier naturaleza y, así intervengan la mandante como demandante o demandada, tercerista, coadyuvante o a cualquier otro título o en cualquier otra forma hasta la completa ejecución de la sentencia, pudiendo nombrar abogados patrocinantes y apoderados con todas las facultades que por el presente instrumento se le



Certificado emitido con
Firma Electrónica Avanzada
Ley N° 19.799
Autorizado de la
Excma Corte Suprema
de Chile.
Cert. N° 123457891516
Verifique validez en
<http://www.fjsus.cl>



LEBBY BARRIA GUTIERREZ
Notaria Pública Titular
Quinta Notaría de Puerto Montt

Fonos: 65 2273200 / 65 2273201 / 65 2470231
Mail: escrituras@notariabarría.cl
Dirección: Pedro Montt 180
Puerto Montt - Chile

confieren, pudiendo delegar este poder y reasumirlo cuantas veces lo estime conveniente.- SEGUNDO. En este acto y sin perjuicio del mandato judicial conferido en la cláusula precedente, los comparecientes en la representación que invisten, vienen en conferir mandato civil especial a don **PABLO RUBÉN BASCUÑÁN SERRANO**, ya individualizado, para que en nombre y representación de **SALMONES MULTIEXPORT S.A.** ejecute cuantas gestiones extrajudiciales sean necesarias ante organismos públicos y privados y, en fin, ante las personas naturales y jurídicas que estime pertinente y sea necesario, y sin que la enumeración sea taxativa, represente a la empresa ante el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Defensa Nacional, Armada de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Servicio de Evaluación Ambiental, Comisiones de Evaluación Ambiental, Comité de Ministros, Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, Subsecretarías del Medio Ambiente, Superintendencia de Medio Ambiente, Seremis del Medio Ambiente, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Ministerio de Bienes Nacionales, Contraloría General de la República, Secretarías Regionales Ministeriales de Salud, Ministerio de Salud, Corporación Nacional Forestal, Ministerio Público, Carabineros de Chile, Investigaciones de Chile, Tesorería General de la República, Servicio de Impuestos Internos, Consejo General para la Transparencia, y cualquiera de los continuadores legales de los mismos, con objeto del oportuno y eficaz resguardo de los derechos que el



ordenamiento jurídico reconoce a **SALMONES MULTIEXPORTE S.A.** Por este instrumento se deja expresa constancia que el mandatario tendrá todas las facultades necesarias para el eficaz y correcto desempeño de su mandato, pudiendo solicitar y firmar a nombre y en representación de la mandante las solicitudes, comunicaciones, formularios, y demás documentos que sean requeridos por los organismos públicos y privados ante quienes comparezca el mandatario, y especialmente celebrar actos extrajudiciales y firmar acuerdos, transacciones u otros de carácter extrajudicial, y suscribir toda clase de documentos, recibos o resguardos que se les exijan, a nombre de su representada, e incluso ser notificada a su nombre de resoluciones administrativas, y en general, se le faculta para que efectúe en todos los trámites que sean necesarios para el cumplimiento de su misión, de conformidad al artículo veintidós de la Ley diecinueve mil ochocientos ochenta, que establece las bases de los procedimientos administrativos que rigen los órganos de la Administración del Estado, siendo el presente mandato suficiente ante cualquiera otra disposición que exija el ordenamiento jurídico para la representación de la mandante. Igualmente, el mandatario podrá delegar el presente mandato en todo o en parte y la actuación personal de los comparecientes no revocará, por sí sola, el presente poder.

PERSONERÍA. La personería de don **José Ramón Gutiérrez Arrivillaga** y don **Andrés Lyon Labbé** para comparecer en nombre de **SALMONES MULTIEXPORTE S.A.** consta en escritura pública de fecha veintidós de febrero de dos mil diecisiete, otorgada en la notaría de Santiago de don Patricio Raby Benavente, personerías que se tuvieron a la vista y no se insertan por ser conocidas de las partes y de la Notario que autoriza. Minuta redactada por el abogado **José Ruiz Ulloa**. En





LEBBY BARRIA GUTIERREZ
Notaria Pública Titular
Quinta Notaría de Puerto Montt

Fonos: 65 2273200 / 65 2273201 / 65 2470231
Mail: escrituras@notariabarria.cl
Dirección: Pedro Montt 180
Puerto Montt - Chile

comprobante previa lectura firman los comparecientes
con la Notaria que autoriza. Se da copia. Anotada en
el Repertorio bajo el número mil quinientos once. DOY FE.-

OT. 14324
Bol N° 3482.

LBG/JLV

FIRMA

JOSÉ RAMÓN GUTIÉRREZ ARRIVILLAGA
C. I. N° 7.017.364-6 EN REP.
SALMONES MULTIEXPORTE S.A
RUT N° 79.891.160-0

FIRMA

ANDRÉS MAURICIO LYON LABBÉ
C. I. N° 10019053 EN REP.
SALMONES MULTIEXPORTE S.A
RUT N° 79.891.160-0



Certificado emitido con
Firma Electrónica Avanzada
Ley N° 19.799
Autorizado de la
Excma Corte Suprema
de Chile.
Cert N° 123457891516
Verifique validez en
<http://www.fonusc.cl>

