

**MAT.:** Presenta Informe de Efectos rectificado.

**ANT.:** Programa de Cumplimiento Refundido.

**REF.:** Expediente sancionatorio Rol D-041-2024.

Punta Arenas, 17 de marzo de 2025

**Sr. Jaime Jeldres García**  
Fiscal Instructor  
División de Sanción y Cumplimiento  
Superintendencia del Medio Ambiente  
Presente

De mi consideración:

**Juan Pablo Oviedo Stegmann**, en representación de **Salmones Blumar Magallanes SpA** (“**Blumar**”) RUT N°76.794.340-7, todos domiciliados para estos efectos en Av. Presidente Ibañez N°7200, Punta Arenas, en procedimiento sancionatorio **Rol N°D-041-2024**, venimos a acompañar el documento “Análisis de probables efectos ambientales en CES Córdova 2”, elaborado por la Consultora Ecotecnos (“**Informe de Efectos**”), rectificado respecto a la versión presentada junto al Programa de Cumplimiento Refundido (“**PdC Refundido**”).

En efecto, en respuesta a las observaciones formuladas en la Resolución Exenta N°2/ ROL D-041-2024 (“**Res. Ex. N°2**”), de 11 de octubre de 2024, de la Superintendencia del Medio Ambiente (“**Superintendencia**” o “**SMA**”), mi representada presentó, con fecha 11 de noviembre de 2024 el PdC Refundido, en el cual se dio respuesta a las observaciones contenidas en la citada resolución.

Sin embargo, habiendo presentado el PdC Refundido, mi representada se percató de algunos errores respecto a cifras presentadas en el Informe de Efectos acompañado. En este contexto, y para efectos de evitar cualquier tipo de confusión en esta autoridad, se han corregido los errores con el que fuera presentado el Informe de Efectos, en la versión que se acompaña en esta presentación.

En particular, estas correcciones se refieren a los aspectos relacionados a la cifra de alimento adicional consumido (6.1.4.), tasas de depositación de carbono en escenario con

sobreproducción (9.1.), comparación de comportamientos entre escenario con sobreproducción y con producción autorizada por RCA (9.4.), antecedentes del centro en el análisis de la columna de agua (9.5.3), y conclusiones en el acápite 11.1.

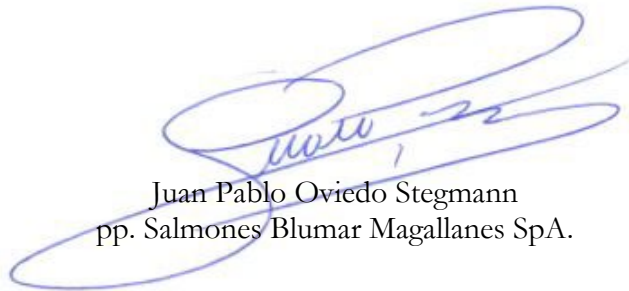
Con todo, cabe precisar que las correcciones atienden a cuestiones formales y errores numéricos o de redacción y no alteran el contenido de fondo del Informe, ni tampoco lo complementa con información adicional.

De esta forma, solicitamos a Usted, que para todos los efectos de tramitación del procedimiento sancionatorio ROL D-041-2024, en relación al análisis del PdC Refundido y su Informe de Efectos, se tenga presente la versión acompañada en esta presentación del PdC Refundido.

Sin otro particular, y esperando una favorable acogida de su parte, le saluda atentamente,

**Adj.:**

- Análisis y estimación de probables efectos ambientales en CES Córdova 2, Ecotecnos (marzo, 2025).



Juan Pablo Oviedo Stegmann  
pp. Salmones Blumar Magallanes SpA.

**ANÁLISIS DE  
PROBABLES EFECTOS  
AMBIENTALES EN CES  
CÓRDOVA 2  
ROL D-041-2024**

**Salmones Blumar**

---

**Región de Magallanes**

**- Marzo, 2025 -**



## ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2 BLUMAR.

Solicitado Por:



**Casa Central**  
Av. Juan Soler Manfredini 11,  
Edificio Torre Plaza, Oficina 1202  
Puerto Montt, Chile.

Preparado Por:



**Casa Matriz**  
Limache 3405, Of. 31-33,  
Edificio Reitz de las Empresas  
El Salto, Viña Del Mar - Chile  
Teléfono 56 32 2189200  
[info@ecotecnos.cl](mailto:info@ecotecnos.cl)

Rev.	Fecha	Propósito de la emisión	Por	Rev.	Apr.
B	11-11-2024	Revisión Interna	K. Marshall	P. Monreal	P. Monreal
A	11-11-2024	Revisión del cliente	K. Marshall	P. Monreal	M. Quezada
0	13-03-2025	Revisión del cliente	K. Marshall	P. Monreal	P. Monreal

**ecotecnos.**  
CONSULTORES AMBIENTALES

B: Emitido para revisión interna.

A: Emitido para aprobación del cliente.

0: Aprobado.



## **Profesionales Responsables Ecotecnos S.A.**

### **Jefe de Proyecto**

**PhD. Ing. Sr. Matías Quezada**

Jefe del Departamento de Oceanografía  
Física y Modelamiento Matemático  
Doctor en Ciencias de la Ingeniería,  
Mención Fluidodinámica  
Ingeniero Civil Oceánico

### **Equipo Profesional**

**Ing. Pia Monreal Donoso**

Ingeniero Civil Oceánico  
Magíster en Oceanografía Física ©

**Keitell Marshall**

Ingeniero Civil Oceánico (e)



**ECOTECNOS S.A.**

Limache 3405, Of. 31-33,  
Edificio Reitz de las Empresas,  
El Salto, Viña Del Mar – Chile.

El presente informe fue elaborado por ECOTECNOS S.A. a requerimiento de la empresa Blumar Seafoods por lo que este documento solamente puede ser utilizado y divulgado con la autorización expresa de sus propietarios, quedando terminantemente prohibido el uso y divulgación, de todo o parte, del referido documento, en cualquiera de sus formas. La información de este documento se encuentra protegida, entre otras normas, por la Ley N° 17.336 sobre Propiedad Intelectual, publicada en el Diario Oficial N° 27.761, de 2 de octubre de 1970.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	<b>Nº DOCUMENTO</b> IT-VUL-CESCÓRDOVA2	<b>EDICIÓN / REVISIÓN</b> 1/0	<b>1</b>
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1	PREÁMBULO	9
1.2	ASPECTOS PARTICULARES	11
<b>2</b>	<b>DOCUMENTOS REVISADOS</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>CARGOS FORMULADOS Y NORMATIVA ASOCIADA</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>EVIDENCIAS DE LOS CARGOS FORMULADOS</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>EFFECTOS PREVISTOS POR EXCEDENCIA DE LA PRODUCCIÓN MÁXIMA DE BIOMASA PERMITIDA EN EL MEDIO MARINO</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>18</b>
6.1	CICLO 1: 2019 - 2021	18
6.1.1	Oxígeno disuelto en la columna de agua	18
6.1.2	Análisis espectral del oxígeno disuelto	21
6.1.3	Uso de antibióticos y antiparasitarios	25
6.1.4	Uso de alimento adicional	26
6.1.5	Mortalidades	27
6.1.6	INFA	28
<b>7</b>	<b>NUTRIENTES</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>LEVANTAMIENTO BIBLIOGRÁFICO DE AVIFAUNA EN LA RESERVA NACIONAL KAWÉSQAR</b>	<b>47</b>
8.1	PREÁMBULO	47
8.2	OBJETIVO	47
8.3	LEVANTAMIENTO BIBLIOGRÁFICO	47
<b>9</b>	<b>ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL COMPLEMENTARIA</b>	<b>52</b>
9.1	SEDIMENTOS	52
9.2	Tasas de Depositación con Sobreproducción	52
9.3	Tasas de Depositación con RCA	57
9.4	Comparación de comportamientos	63
9.5	COLUMNA DE AGUA	65
9.5.1	Antecedentes Bibliográficos de Nutrientes en Agua de Mar	65
9.5.2	Aspectos Generales	66
9.5.3	Antecedentes del Centro	68
9.5.4	Formulación Matemática	72
9.5.5	Resultados de Nutrientes en Columna de Agua	75
9.5.6	Resultados de Nutrientes en Columna de Agua proyectada	85
9.5.7	Análisis del registro de aporte de nutrientes a la columna de agua	92

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	2
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

<b>10</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CAMPAÑA DE MONITOREO 2024.</b>	<b>93</b>
10.1	Condiciones de la Columna de Agua:	94
10.2	Estado del Fondo Marino	94
10.3	Impacto Antrópico y Observaciones Adicionales:	95
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>96</b>
11.1	RESPECTO AL CICLO 1: 2019 -2021	96
11.2	RESPECTO DE LA DEPOSITACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA	96
11.3	RESPECTO DE LA COLUMNA DE AGUA	97
<b>12</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>99</b>

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1: Toneladas sobreproducidas según SIFA, por plantas de proceso y mortalidad....	12
Tabla 6.1: Resumen del aporte energético de las forzantes principales detectadas en el espectro.....	24
Tabla 7.1: Resultados del monitoreo ASC de 30/04/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Abril de 2020. ....	30
Tabla 7.2: Resultados del monitoreo ASC de 31/08/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Agosto de 2020. ....	30
Tabla 7.3: Resultados del monitoreo ASC de 09/12/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Diciembre de 2020.....	31
Tabla 7.4: Resultados del monitoreo ASC de 20/01/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Enero de 2020. ....	31
Tabla 7.5: Resultados del monitoreo ASC de 01/02/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Febrero de 2020. ....	32
Tabla 7.6: Resultados del monitoreo ASC de 30/07/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Julio de 2020. ....	32
Tabla 7.7: Resultados del monitoreo ASC de 30/06/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Junio de 2020. ....	33




	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	3
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 7.8: Resultados del monitoreo ASC de 31/03/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Marzo de 2020.....	33
Tabla 7.9: Resultados del monitoreo ASC de 31/05/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Mayo de 2020.....	34
Tabla 7.10: Resultados del monitoreo ASC de 28/11/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Noviembre de 2020. ....	34
Tabla 7.11: Resultados del monitoreo ASC de 30/10/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Octubre de 2020.....	35
Tabla 7.12: Resultados del monitoreo ASC de 30/09/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Septiembre de 2020. ....	35
Tabla 7.13: Resultados del monitoreo ASC de 14/02/2021. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Febrero de 2021. ....	36
Tabla 7.14: Resultados del monitoreo ASC de 24/03/2021. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Marzo de 2021.....	36
Tabla 7.15: Resultados del monitoreo ASC de 11/04/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Abril de 2023. ....	37
Tabla 7.16: Resultados del monitoreo ASC de 08/01/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Enero de 2023.....	37
Tabla 7.17: Resultados del monitoreo ASC de 18/07/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Julio de 2023. ....	38
Tabla 7.18: Resultados del monitoreo ASC de 29/10/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Octubre de 2023.....	38
Tabla 7.19. Valores de referencia de las concentraciones de fosfato y nitrato en zonas de la Región de Magallanes. ....	39


	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	4
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 7.20. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio.30/08/2020.....	40
Tabla 7.21. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 09/12/2020.....	41
Tabla 7.22. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 20/01/2020.....	41
Tabla 7.23. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 24/01/2020.....	42
Tabla 7.24. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/07/2020.....	42
Tabla 7.25. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/06/2020.....	42
Tabla 7.26. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 31/03/2020.....	43
Tabla 7.27. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 31/05/2020.....	43
Tabla 7.28. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 28/11/2020.....	43
Tabla 7.29. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/10/2020.....	44
Tabla 7.30. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/09/2020.....	44
Tabla 7.31. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 14/02/2021.....	44
Tabla 7.32. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 24/03/2021.....	45
Tabla 7.33. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 11/04/2023.....	45
Tabla 7.34. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 08/01/2023.....	45
Tabla 7.35. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 18/07/2023.....	46
Tabla 7.36. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 29/10/2023.....	46


	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	5
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Tabla 8.1. Uso de hábitat y riqueza de especies reportadas en sector de interés. ....	48
Tabla 8.2. Levantamiento bibliográfico de la avifauna citada en la Reserva Nacional Kawésqar y sectores aledaños. R: Residente todo el año; V: Visitante de verano; (+): Sitios reproductivos y nidificación; RCE (Reglamento de Clasificación de Especies); IUCN (International Union for Conservation of Nature).....	50
Tabla 9.1: Tasas de deposición de Carbono y efectos sobre el sedimento marino. ....	55
Tabla 9.2: Estimación de tiempos necesarios para disminuir el flujo de carbono depositado hasta 1 gC/m <sup>2</sup> /día. ....	57
Tabla 9.3: Tasas de deposición de Carbono y efectos sobre el sedimento marino. ....	60
Tabla 9.4: Estimación de tiempos necesarios para disminuir el flujo de carbono depositado hasta 1 gC/m <sup>2</sup> /día .....	62
Tabla 9.5: Comparación de los resultados de los escenarios modelados .....	64
<b>Tabla 9.6: Información productiva y operativa del ciclo 2019 – 2021.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 9.7: Cantidad de alimento a suministrar a los peces ciclo 2019-2021. ....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 9.8: Proyección de los tamaños promedio de los salmones durante el ciclo productivo 2019-2021. ....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 9.9: Calibre del alimento, según rango de pesos de los salmones.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 9.10: Cantidad (%) de nitrógeno y fósforo consumidos por lo peces según los distintos calibres considerados por el titular del proyecto junto al promedio determinado entre ellos.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 9.11: Parámetros de entrada para el balance de masas. ....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 9.12: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para ciclo productivo 2019- 2021 considerando los valores nutricionales del calibre 4.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 9.13: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo 2019-2021 considerando los valores nutricionales del calibre 6.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 9.14: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo 2019-2021 considerando los valores nutricionales del calibre 9.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 9.15: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo 2019-2021 considerando los valores nutricionales del calibre 12.....</b>	<b>79</b>

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	6
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.16: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua según el crecimiento y dieta efectiva suministrada durante el ciclo 2019-2021..... 81**

**Tabla 9.17: Concentraciones de nitrógeno y fósforo esperadas en el medio marino, debido a la alimentación suministrada durante el ciclo 2019-2021..... 83**

Tabla 9.18: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 4. .... 85

Tabla 9.19: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 6. .... 86

**Tabla 9.20: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 9. .... 87**

Tabla 9.21: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 12. .... 88

Tabla 9.22: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua según el crecimiento y dieta efectiva suministrada. .... 89

Tabla 9.23: Concentraciones de nitrógeno y fósforo esperadas en el medio marino, debido a la alimentación suministrada durante el ciclo de crecimiento. .... 90

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1: Identificación de la zona de estudio y disposición general del Proyecto. .... 10

Figura 5.1: Esquema indicando los impactos y efectos ambientales producidos por desechos orgánicos producto del cultivo de organismos de alto nivel trófico. .... 15

Figura 5.2: Flujo de nitrógeno (N) y fósforo (P) en términos porcentuales en un centro de cultivo de salmonídeos (con aporte exógeno de alimento). Se indica que el nitrógeno queda principalmente disuelto en la columna de agua en tanto el fósforo principalmente sedimenta al fondo. La cosecha remueve sólo un 23 al 25 % de los aportes de ambos nutrientes del ecosistema (modificado de Folke & Kautsky 1989). .... 16

Figura 6.1: Ejemplo de presentación de los resultados estadísticos de las series de tiempo de oxígeno disuelto. .... 18

Figura 6.2: Series de tiempo de oxígeno disuelto a 5 metros de profundidad, para el ciclo 2019 – 2021. .... 20



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	7
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Figura 6.3: Serie de tiempo de oxígeno disuelto a 10 metros de profundidad, para el ciclo 2019 – 2021. ....	20
Figura 6.4: Análisis estadístico del oxígeno disuelto en cada profundidad analizada, para el ciclo 2019 – 2021.....	21
Figura 6.5: Espectro de oxígeno disuelto a 5 metros de profundidad, para el ciclo productivo comprendido entre el 2019 – 2021.....	22
Figura 6.6: Espectro de oxígeno disuelto a 10 metros de profundidad, para el ciclo productivo comprendido entre el 2019 – 2021.....	23
Figura 6.7: Aporte energético de cada frecuencia detectada en el espectro, (a) para 5 metros de profundidad y (b) para 10 metros de profundidad.....	24
Figura 6.8: Uso de antibiótico y antiparasitario durante el ciclo productivo 2019 – 2021.....	25
Figura 6.9: Uso de alimento adicional durante el ciclo productivo 2019 – 2021.....	26
Figura 6.10: Causas de mortalidad durante el ciclo productivo 2019 – 2021.....	27
Figura 8.1. Aporte porcentual del tipo de hábitat de las especies reportadas en el sector de interés.....	48
Figura 8.2. Aporte porcentual del número de especies reportadas en el sector de interés....	49
Figura 9.1: Rangos de % de cobertura respecto al área total sedimentada con Sobreproducción.....	53
Figura 9.2: Zona de depositación de flujo diario de carbono obtenida por terceros mediante modelación NewDepomod, para el escenario con sobreproducción advertido durante el ciclo productivo 2019 – 2021. ....	54
Figura 9.3: Decaimiento del carbono orgánico depositado en los sedimentos. ....	56
Figura 9.4: Rangos de % de cobertura respecto al área total sedimentada con RCA. ....	58
Figura 9.5: Zona de depositación de flujo diario de carbono obtenida por terceros mediante modelación NewDepomod, para el escenario con sobreproducción advertido durante RCA.	59
Figura 9.6: Decaimiento del carbono orgánico depositado en los sedimentos. ....	62
Figura 9.7: Comparación de los rangos de % de cobertura respecto al área total sedimentada. ....	64
<b>Figura 9.8: Flujo y destino de los nutrientes en un CES.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 9.9: Concentración de nitrógeno incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones durante el ciclo 2019-2021. ....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 9.10: Concentración de fósforo incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones durante el ciclo 2019-2021.....</b>	<b>84</b>

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	8
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Figura 9.11: Concentración de nitrógeno incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones.....	91
Figura 9.12: Concentración de fósforo incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones. ....	91
Figura 9.13: Estimación de los nutrientes aportados al medio marino, debido al proceso de engorda de los salmones.....	92
Figura 10.1: Ubicación geográfica de las estaciones y transectas del monitoreo 2024. ....	93
Figura 10.2: Resultados medición variables de la columna de agua: OD, Temperatura y Salinidad por estación.....	94

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CESCÓRDOVA2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/0	9
		Fecha de emisión: 13-03-2025	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 PREÁMBULO

Los centros de cultivos de salmónidos (“**CES**”) corresponden a uno de los usos de espacios marinos que se han implementado con fuerza en el sur de nuestro país, teniendo una importancia económica relevante tanto en la región de Aysén como en la de Magallanes.

Su ciclo productivo involucra necesariamente una interacción con el medio marino, pues gran parte del ciclo de vida del salmón se realiza en las denominadas balsas jaulas, a las cuales organizadamente se suministran alimentos para favorecer el crecimiento de los ejemplares antes de su cosecha.

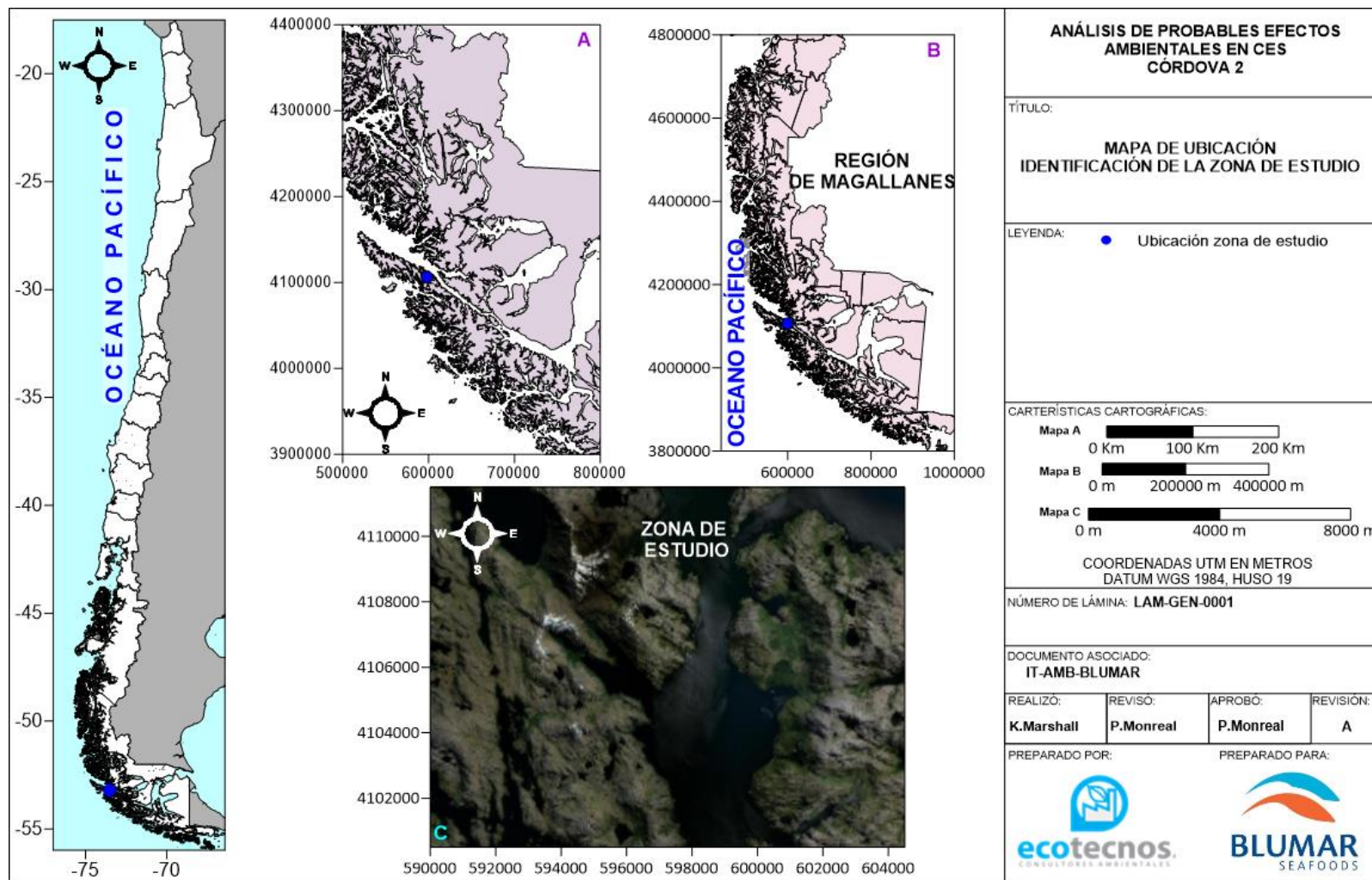
Durante su estadía en el medio marino, se desarrollan una serie de interacciones físico, químicas y biológicas entre el centro del cultivo y el ambiente circundante, existiendo en la actualidad criterios de estudios técnicos emanados desde la Resolución Exenta 3612 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, por medio de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (“**SUBPESCA**”), y que buscan realizar una Caracterización Preliminar del Sitio (“**CPS**”) antes de la puesta en marcha del CES y posteriormente, luego de su operación, recopilar Información Ambiental (“**INFA**”) conforme al artículo 2º literal p) del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (“**RAMA**”).

Tomando en cuenta tanto la CPS como la INFA como forma de recopilación de la información ambiental relevante.

En el marco del procedimiento D-041-2024, seguido por la Superintendencia del Medio Ambiente (“**SMA**”) respecto del CES Córdova 2, Salmones Blumar Magallanes SpA (“**Titular**”) ha encargado a Ecotecnos S.A., realizar un estudio que permita evaluar los posibles efectos ambientales referidos en la Formulación de Cargos (“**Formulación de Cargos**”) que da inicio al mencionado procedimiento respecto del CES antes individualizado, el cual se encuentra en la Región de Magallanes y cuya localización se puede consultar en la Figura 1.1.



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	10
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	



Fuente: Ecotecnos, 2024.

**Figura 1.1: Identificación de la zona de estudio y disposición general del Proyecto.**



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	11
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 1.2 ASPECTOS PARTICULARES

En el marco procedimiento sancionatorio **Rol D-041-2024**, instruido por la SMA en contra del Titular se le encargó a la consultora EcoTecnos S.A. la realización de un Informe Técnico que se pronuncie sobre la posible existencia de efectos ambientales negativos derivados de los hechos objeto de la Resolución Exenta N°1/Rol D-041-2024 (ya definida como “**Formulación de Cargos**”), para la presentación de un Programa de Cumplimiento (“**PdC**”).

## 2 DOCUMENTOS REVISADOS

El análisis que a continuación se efectúan, se basan en la revisión de los siguientes documentos:

- Res. Ex. N° 1/ROL D-041-2024 de la SMA, por medio de la cual formula cargos que indica a Salmones Blumar Magallanes SpA, titular del CES Córdova 2 (RNA120211) de fecha 01 marzo 2024 (ya definida como “**Formulación de Cargos**”).
- Res. Ex N° 2/ROL D-041-2024 de la SMA, de fecha 11 de octubre de 2024, por medio de la cual se formularon observaciones al Programa de Cumplimiento presentado en procedimiento sancionatorio ROL D-041-2024.
- Estadísticas de alimentos, antibióticos, mortalidades y perfiles de oxígeno disuelto, temperatura y salinidad del Córdova 2 suministrados por Blumar. Ciclo 2019-2021.
- Niveles de Nutrientes de la Columna de Agua Marina del CES provenientes de pruebas ASC.
- Bibliografía especializada, citada en el texto.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	12
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

### 3 CARGOS FORMULADOS Y NORMATIVA ASOCIADA

En el Resuelvo I de la Formulación de Cargos, la SMA imputa al Titular, de acuerdo al considerando N°17 la siguiente infracción respecto de la Resolución de Calificación Ambiental (“**RCA**”) aplicable al CES Córdova 2, contenida en la Resolución Exenta N°123/2005, de 7 de julio de 2015, de la Comisión de Evaluación de la Región de Magallanes y Antártica Chilena:

*“Conforme a estos antecedentes el informe concluye que el centro de cultivo superó la producción máxima permitida por la Resolución de Calificación Ambiental -5.875,2 toneladas- en 2.094,4 toneladas (35,64%), durante el ciclo productivo 2019-2021.”*

Por su parte en la Tabla 3.1 se reproduce información mencionada en la Formulación de Cargos, y que complementa el resumen del cargo:

**Tabla 3.1: Toneladas sobreproducidas según SIFA, por plantas de proceso y mortalidad**

Unidad fiscalizable/CES	ID	Producción autorizada RCA (ton)	Ciclo productivo denunciado	Producción Total	Exceso en base a producción SIFA	% de superación RCA
CES Córdova 2 (RNA 120211)	6-XII-2022	5.875,2	Desde julio de 2019 a marzo de 2021.	7.969,6	2.094,4	35,64

Fuente: Elaboración propia en base a Res. Ex. N°1/ROL D-041-2024.

De acuerdo con el Resuelvo I de la Formulación de Cargos, el hecho imputado conllevaría la infracción de los siguientes aspectos contenidos en las siguientes secciones de la **RCA** del CES:

ANEXO 2 DIA “Centro de Engorda de Salmones. Ribera Oeste de Estero Córdova, Isla Desolación. Pert. 211121043”: “[...] Producción máxima del proyecto 5.875.200[Kg]”. RCA N° 123/2015:4.1. Antecedentes Generales. “[...] con el objetivo de producir 5.875,2 toneladas...”. RCA N° 123/2015:

“Considerando 6.1. Permisos Ambientales Sectoriales de Contenido Únicamente Ambiental: 6.1.1. Permiso para realizar actividades de acuicultura, del artículo 116 del Reglamento del SEIA. [...] El titular deberá dar cumplimiento al Reglamento Ambiental para 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 concesión en comento”. “Considerando 7. Que, de acuerdo a los antecedentes que constan

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	13
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

en el expediente de evaluación, la forma de cumplimiento de la normativa de carácter ambiental aplicable al Proyecto es la siguiente: 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"

La infracción imputada fue calificada como grave en virtud de lo dispuesto en el literal e) del numeral 2 del artículo 36 de la LO-SMA, que establece que constituyen infracciones graves los hechos, actos u omisiones que contravengan las disposiciones pertinentes y que alternativamente incumplan gravemente las medidas para eliminar o minimizar los efectos adversos del proyecto o actividad de acuerdo a lo previsto en la respectiva RCA, de acuerdo a lo señalado en los considerandos 16° y siguientes de la Formulación de Cargos; e, indistintamente, en virtud del literal i) del mismo numeral y artículo, en tanto se trata de hechos, actos u omisiones que contravengan las disposiciones pertinentes y que alternativamente se ejecuten al interior de áreas silvestres protegidas del Estado, sin autorización, en atención a lo señalado en los considerandos 24° y siguientes de la Formulación de Cargos.

## 4 EVIDENCIAS DE LOS CARGOS FORMULADOS

Según se consigna en el Informe de Denuncia del Servicio Nacional de Pesca ("SERNAPESCA"), referido en la Formulación de Cargos (Considerando 16), se analizó la información contenida en los reportes de recepción de materia prima de las Plantas de Proceso a través de la plataforma Trazabilidad, administrada por dicho Servicio. Respecto al ciclo 2019-2021 la materia prima procesada proveniente del **CES** Córdova 2 (**120211**), correspondió a una biomasa de 7.579 toneladas, a lo cual se suma una mortalidad de 390 ton., por lo que la producción total del **CES** Córdova 2 (**120211**) asciende a 7.970 toneladas, lo que supera en 2.094,4 toneladas lo autorizado por la RCA.

Conforme estos antecedentes el informe concluye que el centro de cultivo superó la producción máxima permitida por la Resolución de Calificación Ambiental -5.875,2 toneladas- en 2.094,4 toneladas (35,64%), durante el ciclo productivo 2019-2021 (Considerando 17 de la Formulación de Cargos, antes referido).

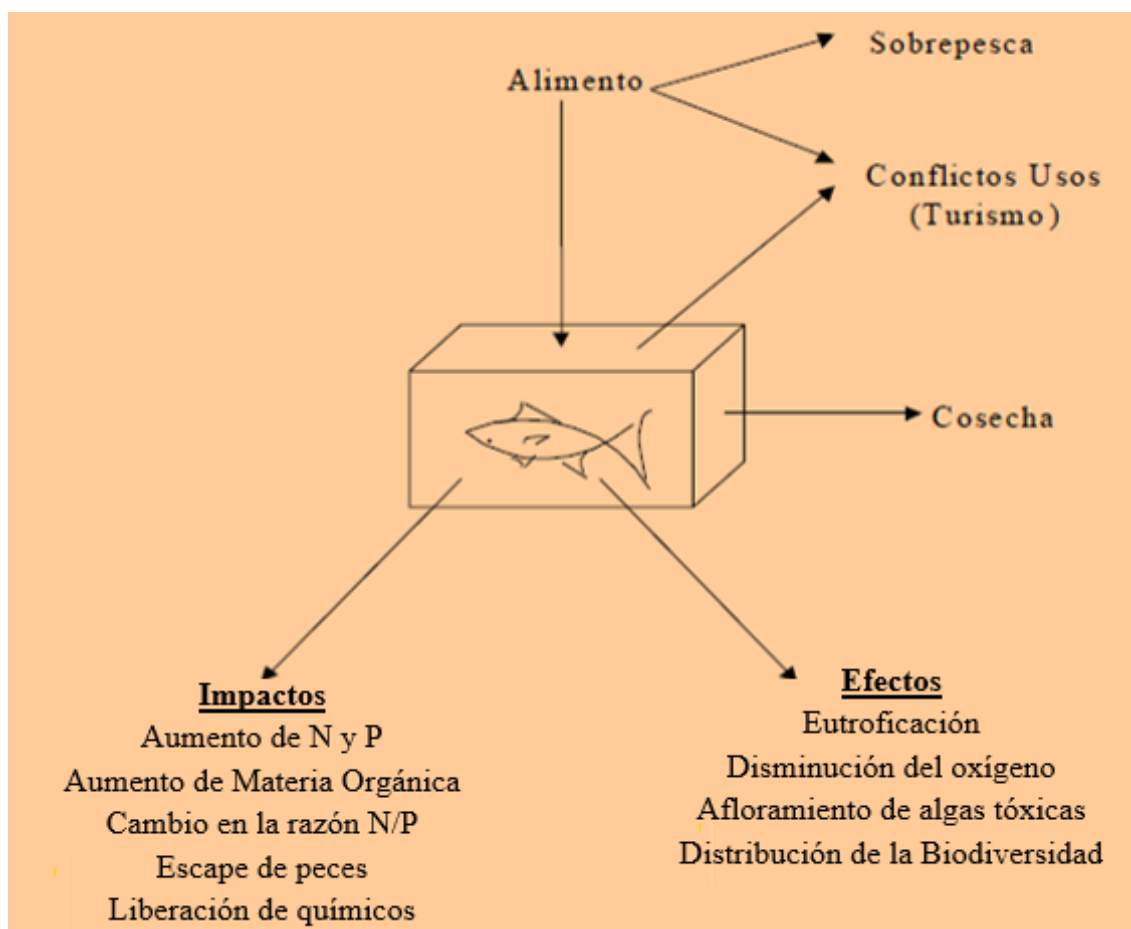
	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	14
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 5 EFECTOS PREVISTOS POR EXCEDENCIA DE LA PRODUCCIÓN MÁXIMA DE BIOMASA PERMITIDA EN EL MEDIO MARINO

La SMA, en la Formulación de Cargos (Considerando 20), identifica una serie de eventuales efectos que se deberían al aumento de la biomasa de producción, haciendo referencia a lo señalado por Buschmann (2001) en su documento “Impacto Ambiental de la Acuicultura el Estado de la Investigación en Chile y el Mundo”. Estos se resumen en la Figura 5.1.

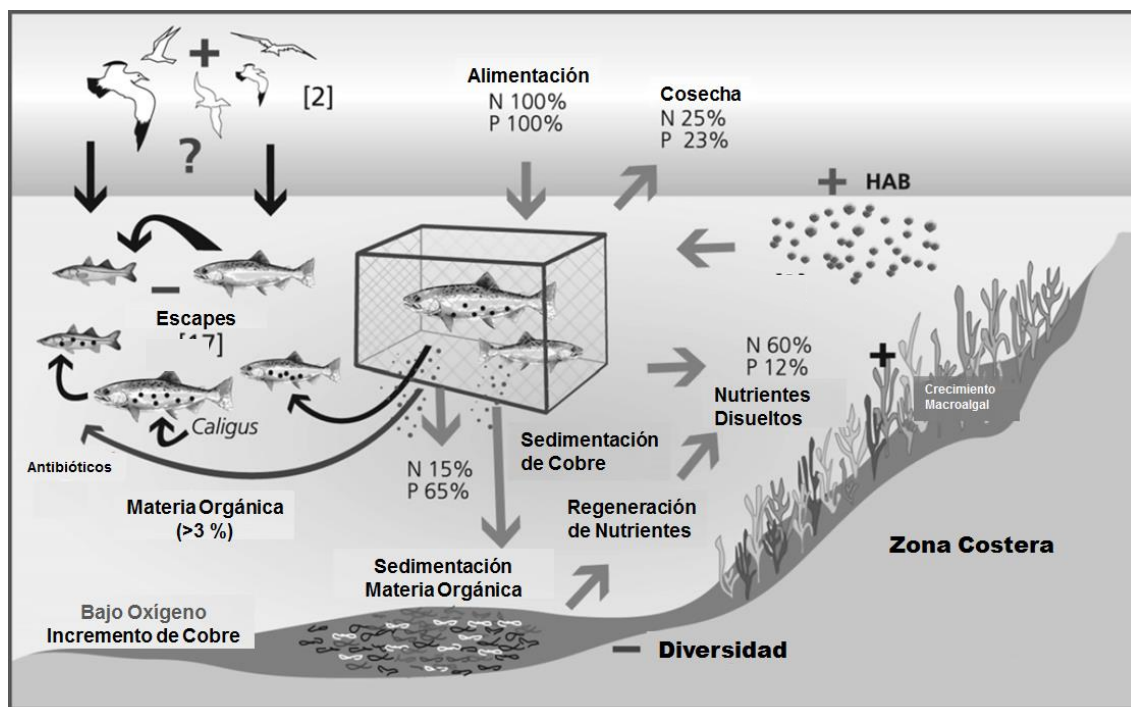
En síntesis, de acuerdo a esta literatura referida por la Formulación de Cargos, los efectos previstos más importantes serían:

1. Aumento de la cantidad de alimentación para sustentar el exceso de biomasa producida. Esto llevaría a un aumento de alimento no consumido por los peces y aumento de los desechos de los peces, con el concomitante aumento de nutrientes en la columna de agua y en los sedimentos submareales que se encuentran bajo los centros de cultivo. Un detalle de ello se aprecia en la Figura 5.2.
2. Aumento del aporte de Materia Orgánica Total y Materia Inorgánica Total proveniente del alimento en exceso y de las fecas de los peces. El aumento de materia orgánica puede llevar a la eutroficación de los sedimentos y, cuando esta capacidad de carga es superada y no es posible degradar aeróbicamente esta materia orgánica, comienza a producir procesos de degradación anaeróbica, con la consecuente producción de ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y emisión de gases desde los sedimentos.
3. Propagación de enfermedades y disponibilidad de fármacos (antibióticos) en el medio. Frecuentemente, frente a un aumento de la biomasa de cultivo, pueden llegar a aparecer enfermedades oportunistas y con ello, bacteriosis que deben ser tratadas con antibióticos.
4. Se estima que un aumento de la biomasa de producción puede provocar una disminución de flujo de agua que pasa por el sistema de cultivo.
5. Aumento de la probabilidad de escape de peces al medio, con la consecuente depredación de ejemplares de fauna nativa.



Fuente: Buschmann (2001).

**Figura 5.1: Esquema indicando los impactos y efectos ambientales producidos por desechos orgánicos producto del cultivo de organismos de alto nivel trófico.**



Fuente: Buschmann (2001).

**Figura 5.2: Flujo de nitrógeno (N) y fósforo (P) en términos porcentuales en un centro de cultivo de salmonídeos (con aporte exógeno de alimento). Se indica que el nitrógeno queda principalmente disuelto en la columna de agua en tanto el fósforo principalmente sedimenta al fondo. La cosecha remueve sólo un 23 al 25 % de los aportes de ambos nutrientes del ecosistema (modificado de Folke & Kautsky 1989).**

La información antes detallada permite desprender que para poder determinar si el aumento de la biomasa del CES Córdova 2 produjo algún efecto adverso en el medio ambiente, es preciso contar con la siguiente información:

1. Datos de concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua.
2. Datos de concentración de nutrientes en la columna de agua: Nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).
3. Datos de concentración de nutrientes en los sedimentos submareales: Nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).
4. Información sobre presencia de burbujas de gas y/o cubierta de microorganismos en el sustrato (presencia de *Beggiatoa*).
5. Análisis de la mortalidad del CES y sus causas.
6. Estadística de aumento de alimentación.
7. Estadística de aumento de antibióticos.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	17
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Debido a la clasificación del CES Córdova 2 (categoría 4 y 5 de acuerdo a la Resolución Exenta N°3612-09), no le corresponde efectuar el seguimiento de datos de nutrientes en aguas y/o sedimentos<sup>1</sup> a través de la INFA. Con todo, en el caso en análisis se cuenta, con la información de oxígeno disuelto y otros datos provenientes de fuentes del Titular para nutrientes en agua de mar.

Por tanto, descritos los posibles efectos y cómo podrían estos seguirse, se revisará a continuación la información entregada por el Titular, su INFA y la serie de estadísticas inherentes a la producción con que cuenta para el ciclo 2019-2021.

---

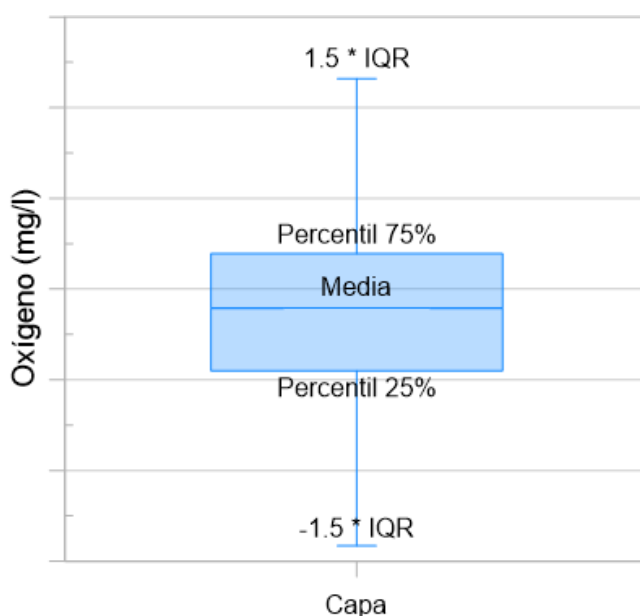
<sup>1</sup> No obstante, en el contexto de las certificaciones con que cuenta Blumar para sus CES, se encuentra la de la “Aquaculture Stewardship Council” (Consejo de Gestión Responsable de la Acuicultura), conocida como ASC, que considera monitoreos de nutrientes durante cada ciclo de cultivo. Los resultados de los monitoreos de nutrientes efectuados para la obtención de la certificación ASC respecto del CES Córdova 2, se analizan en el numeral 7 de este informe.

## 6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

### 6.1 CICLO 1: 2019 - 2021

#### 6.1.1 Oxígeno disuelto en la columna de agua

Para profundizar los análisis del comportamiento del oxígeno disuelto se analizaron las series de tiempo y se compararon con los límites sugeridos por Calderón (2019). Adicionalmente para cada una de las series de tiempo y capas de profundidad donde se registró, se elaboraron resúmenes estadísticos mediante boxplot (ver Figura 6.1) en el cual se indica la media, percentil 75% y 25%, así como los bordes definidos por el IQR (Rango intercuartílico) amplificado por un factor de 1.5 veces, tal como se ilustra en la Figura 6.1.



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 6.1: Ejemplo de presentación de los resultados estadísticos de las series de tiempo de oxígeno disuelto.**

Se utilizó la capa a 5 metros para caracterizar la superficie, mientras que la ubicada a 10 metros se empleó para capturar información a la profundidad en la cual usualmente se encuentran los salmones desarrollando su ciclo de vida.

Cabe indicar que dichas profundidades corresponden a aquellas consideradas por la SMA en la Resolución SMA Exenta N°2.662, de 22 de diciembre 20212, que contiene la instrucción



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	19
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

general para la implementación de un sistema de monitoreo continuo de centros de engorda de salmones, específicamente en su Apartado 7.a:

*“7. Obligación de informar en tiempo real parámetros de columna de agua*

*a) Indicadores*

*Los parámetros a informar en virtud de la presente Instrucción General, en tiempo real, serán los siguientes:*

*(i) Oxígeno Disuelto en columna de agua (mgOD/L)*

*(ii) Salinidad (psu)*

*(iii) Temperatura (°C).*

*Estos parámetros serán medidos inicialmente a 5 y 10 metros de profundidad de la columna de agua”.*

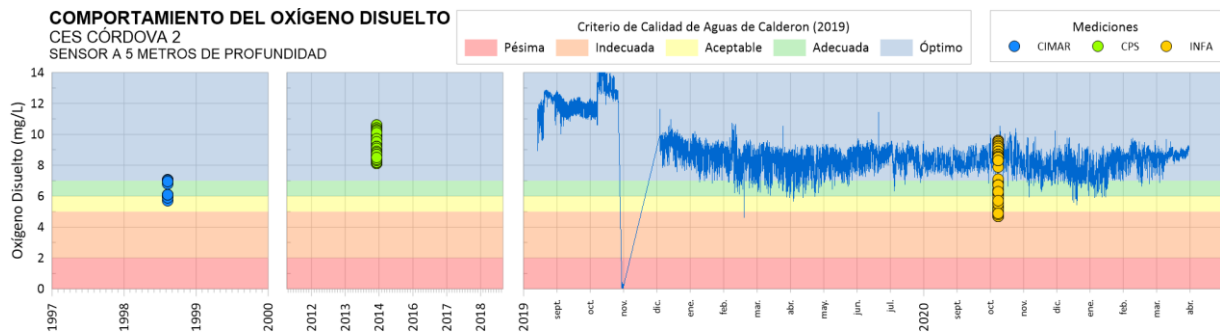
En la Figura 6.2 se presentan los resultados de la comparación de las series de tiempo de oxígeno disuelto a 5 metros de profundidad, mientras que en la Figura 6.3 se presentan los resultados para 10 metros de profundidad<sup>3</sup>. Adicionalmente se han incorporado mediciones de CIMAR (1998), CPS e INFAS, como datos puntuales.

En términos generales se logra apreciar para 5 metros de profundidad, que el comportamiento temporal del oxígeno disuelto se desarrolló en los mismos rangos reportados previamente por la CPS y por el crucero CIMAR.

La calidad de agua en la serie de tiempo se comporta desde aguas óptimas con fluctuaciones hacia calidad de agua aceptables, según el criterio de Calderón (2019), lo cual también se obtuvo en los resultados registrados previamente por CIMAR. La medición INFA presentó calidad de agua óptima hacia calidad de agua adecuada.

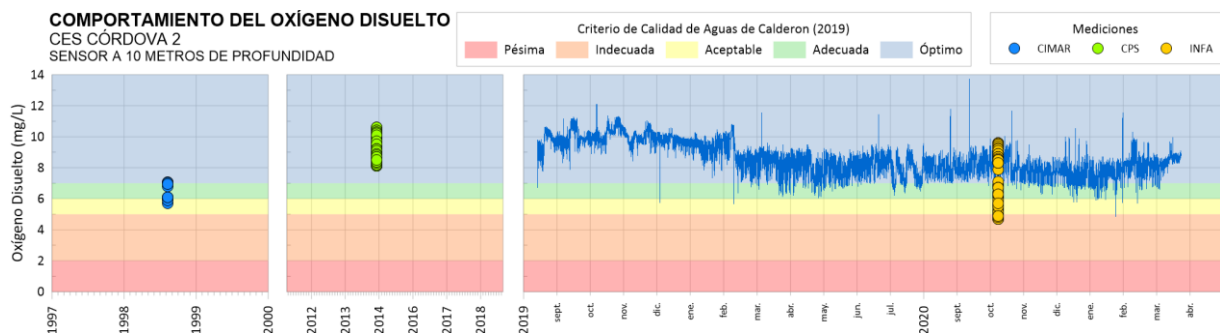
En el caso de la capa a 10 metros de profundidad, se logra advertir un comportamiento equivalente al descrito en la capa de 5 metros de profundidad, es decir, durante el tiempo medido el oxígeno disuelto presentó magnitudes que preferentemente se desarrollaron sobre el límite de calidad de aguas óptimo, pero con bajas fluctuaciones hacia calidad de agua adecuada y desarrollando su comportamiento similar a los registrados por la CPS.

<sup>3</sup> Es importante destacar que, si bien el propósito de estos registros no es el de medir efectos de la sobreproducción en el medio, se trata de información disponible que permite determinar la concentración de oxígeno en la columna de agua y por tal motivo se han empleado sus registros como un elemento más dentro de otros datos de oxígeno que han sido revisados y analizados.



Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.2: Series de tiempo de oxígeno disuelto a 5 metros de profundidad, para el ciclo 2019 – 2021.**

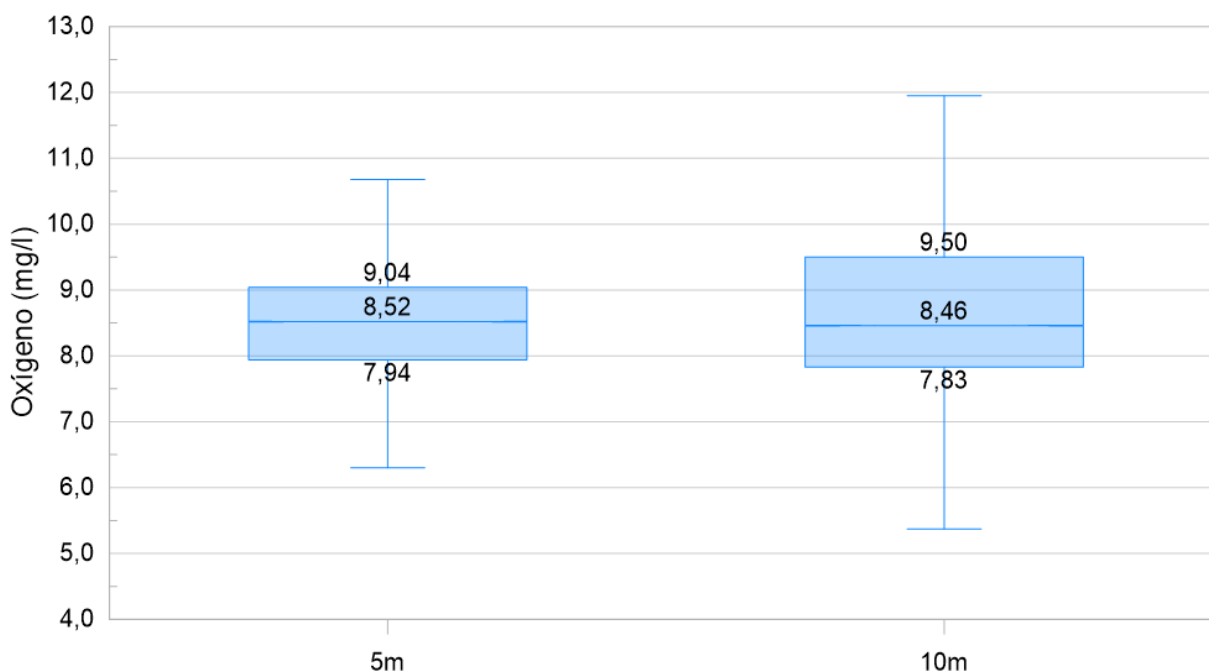


Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.3: Serie de tiempo de oxígeno disuelto a 10 metros de profundidad, para el ciclo 2019 – 2021.**

Al analizar estadísticamente los resultados previamente ilustrados, se han obtenido los resultados ilustrados en la Figura 6.4. En ella se muestra la asociación estadística mediante el cómputo de las medidas de tendencia central, donde el valor promedio de oxígeno disuelto como concentración fue de **8,52 mg/l** a 5 metros de profundidad y **8,46 mg/l** a 10 m de profundidad, es decir, un valor similar independiente de la capa analizada.

Por tanto, considerando los datos de concentración de oxígeno disuelto, es posible reconocer que la columna de agua, en general, mantuvo buenas condiciones de oxigenación, con concentraciones similares en los dos estratos de la columna de agua (Figura 6.4), si se considera la desviación estándar de los datos.



Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.4: Análisis estadístico del oxígeno disuelto en cada profundidad analizada, para el ciclo 2019 – 2021.**

### 6.1.2 Análisis espectral del oxígeno disuelto

El análisis espectral de una serie de tiempo mediante la descomposición de series de Fourier corresponde a una herramienta matemática que permite determinar que forzantes son las que aportan al contenido energético de una señal determinada, pues una de las grandes ventajas matemáticas que subyace dentro de este análisis es que cada acción del ambiente que actúa con una determinada ciclicidad se ve reflejada en una respuesta del mismo ambiente y con la misma ciclicidad.

Como ejemplo de lo anteriormente dicho, es común encontrar en la naturaleza ciclos diarios, ciclos mensuales, ciclos cuatrimestrales (estaciones del año), ciclos anuales, entre otros. Todos estos procesos son propios de la naturaleza, sin embargo, algunas ciclicidades pueden ser condiciones establecidas por el hombre.

Basado en lo anterior y considerando la disponibilidad de mediciones de series de tiempo de oxígeno disuelto, es que se han determinado los espectros y adicionalmente se han estimado el aporte relativo de energía de cada uno de los ciclos presentes en el espectro.

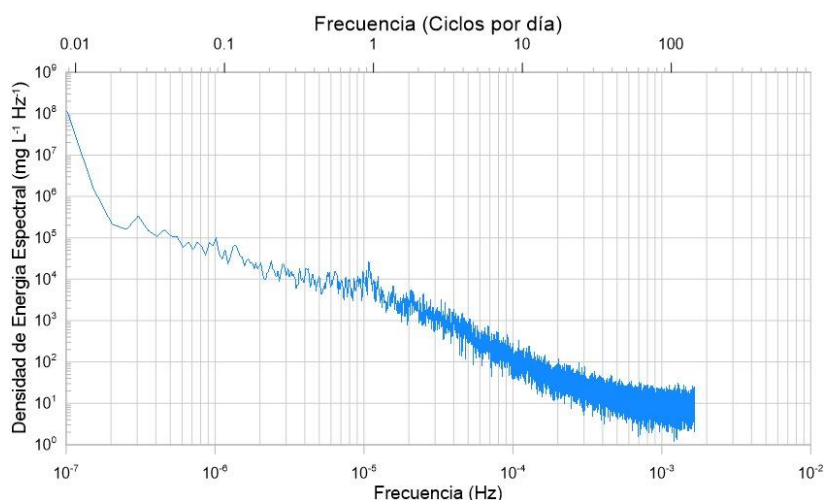
	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	22
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

En la Figura 6.5 se aprecia el espectro de energía del oxígeno disuelto a 5 metros de profundidad, de la traza seguida por la función se logra advertir que los modos más energéticos se obtienen para las bajas frecuencias ( $10^{-7}$ ), sin embargo, para las ciclicidades de mayor magnitud se ven peaks relativos en frecuencias cercanas a los 2 ciclos por días, lo cual podría asociarse a la marea (la que tiene características semidiurnas en el territorio nacional).

La señal espectral del oxígeno disuelto a 5 metros de profundidad desarrolló una disminución sostenida de su contenido energético en función del aumento de la frecuencia, es decir, se espera que todos aquellos forzantes que actúan en periodos cortos aporten energía de manera poco significativa a la construcción total de la magnitud registrada de oxígeno disuelto en la columna de agua a la profundidad descrita.

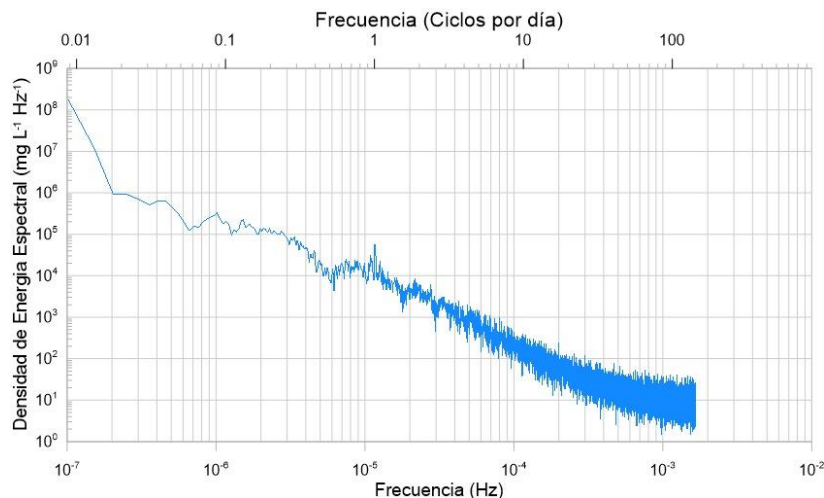
De igual manera a lo descrito para 5 metros de profundidad, en la Figura 6.6 se presenta el espectro del oxígeno disuelto a 10 metros de profundidad del cual se advierte un comportamiento equivalente a lo descrito previamente, tanto en su comportamiento en la ciclicidad como los aportes energéticos de los distintos componentes encontrados.

Con el propósito de destacar el comportamiento energético a 10 metros de profundidad, los ciclos asociados a  $10^{-7}$  hz aportan significativamente más energía que las restantes frecuencias encontradas en el espectro.



Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.5: Espectro de oxígeno disuelto a 5 metros de profundidad, para el ciclo productivo comprendido entre el 2019 – 2021.**



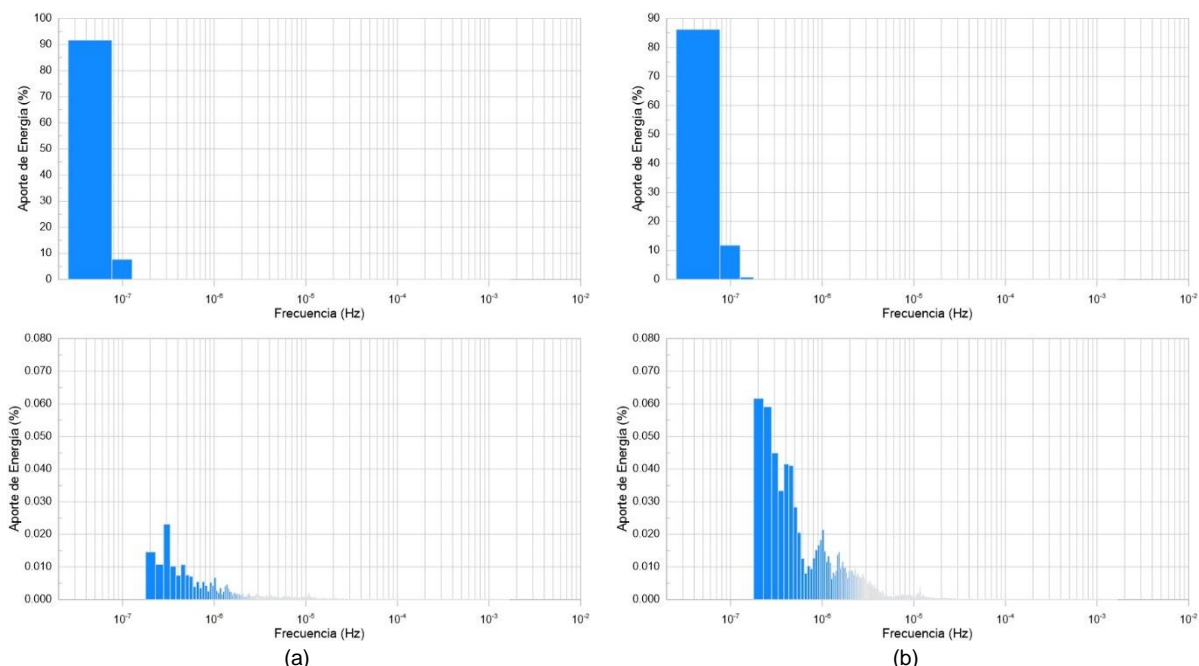
Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.6: Espectro de oxígeno disuelto a 10 metros de profundidad, para el ciclo productivo comprendido entre el 2019 – 2021.**

Para cuantificar el aporte de energía de los forzantes contenidos en el espectro, es que se determina el aporte individual de cada frecuencia, como una fracción de la energía total contenida. Es decir, se ha estimado el porcentaje de aporte de cada forzante en cada frecuencia, siendo resumidos en la Figura 6.7 y la Tabla 6.1.

La Figura 6.7 se compone de dos bloques, uno de ellos para los resultados a 5 metros de profundidad (a) y el otro a los 10 metros (b). En cada bloque en el recuadro superior se muestran los resultados para todas las frecuencias en la escala porcentual de 0 a 100%, mientras que el recuadro inferior entrega solamente el aporte de los modos secundarios, es decir, de aquellos que aportan menos energía al total global del espectro.

Del análisis de la Figura 6.7 se logra apreciar que las frecuencias de orden  $10^{-7}$  Hz compilan prácticamente el 90% de todo el contenido energético, es decir, esta ciclicidad es la que modula la concentración total de oxígeno disuelto en la columna de agua, tanto a 5 como 10 metros de profundidad.



Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.7: Aporte energético de cada frecuencia detectada en el espectro, (a) para 5 metros de profundidad y (b) para 10 metros de profundidad.**

De los resultados resumidos en la Tabla 6.1 se puede observar que la ciclicidad que más aporta a la energía total del espectro y consecuentemente a la magnitud de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, son aquellos equivalentes a los fenómenos que ocurren en escala de meses, pues ellos reúnen prácticamente el 90% del contenido energético, siendo el restante 10% distribuido en todos los modos secundarios, los que en su individualidad no aportan más de 0,10%.

**Tabla 6.1: Resumen del aporte energético de las forzantes principales detectadas en el espectro.**

Frecuencia (Hz)	Ciclicidad (meses)	Aporte porcentual por cada profundidad)	
		5 (m)	10 (m)
$5 \cdot 10^{-8}$	7,58	86,19%	91,73%
$1 \cdot 10^{-7}$	3,79	11,77%	7,70%
$2 \cdot 10^{-7}$	1,90	0,76%	0,10%

Fuente: Elaboración propia.

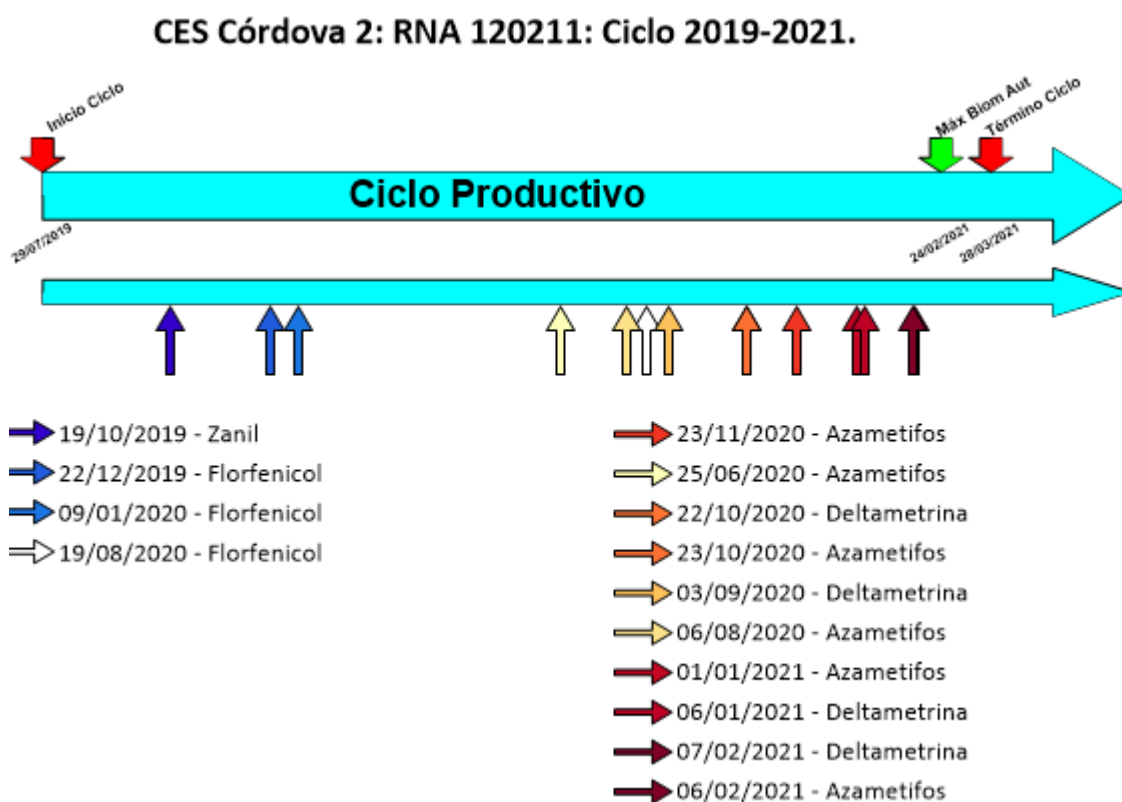
Lo anteriormente expuesto deja de manifiesto que los cambios de estaciones son el fenómeno más importante en la determinación de la concentración de oxígeno disuelto, es decir, que los aumentos de biomasa y sus respectivos alimentos adicionales

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	25
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

suministrados, son fenómenos que no aportan significativamente a la concentración de oxígeno disuelto, pues se encontrarían dentro del conjunto de forzantes extras que solamente y en su conjunto, explican el 10% de la magnitud registrada.

### 6.1.3 Uso de antibióticos y antiparasitarios

Como se observa en la Figura 6.8, se utilizó antibióticos Florfenicol en tres oportunidades y Zanil en una oportunidad durante el ciclo productivo 2019-2021 de CES Córdoba 2. Estos se utilizaron antes de alcanzar la biomasa máxima autorizada de 5875.2 ton. Para el caso de antiparasitarios, se utilizaron en 10 oportunidades durante todo el ciclo productivo, antes de alcanzar la biomasa máxima autorizada.

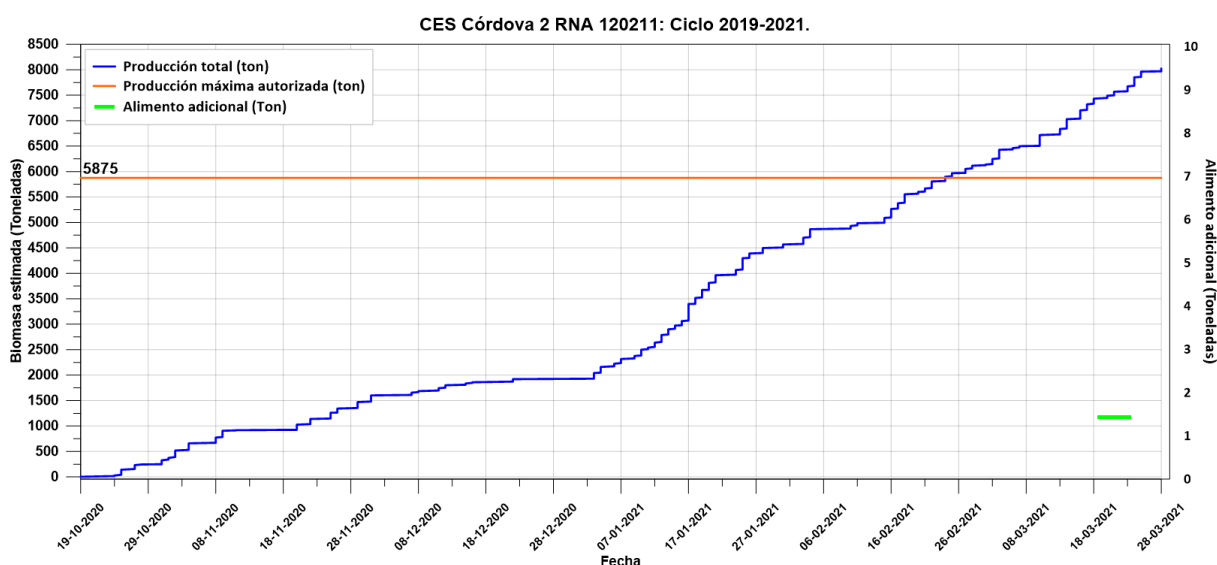


Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.8: Uso de antibiótico y antiparasitario durante el ciclo productivo 2019 – 2021.**

#### 6.1.4 Uso de alimento adicional

En la Figura 6.9 se presenta en azul la producción total del CES, en naranja el máximo autorizado y finalmente en verde el alimento suministrado posterior a superar el límite establecido, suceso que ocurre aproximadamente en la semana del 24 de febrero del 2021, en la cual se habría alcanzado un máximo de 7.969,6 toneladas de biomasa a la fecha del último reporte. Como se aprecia en el grafico (barras de color verde) se suministró alimento adicional después de alcanzar la biomasa autorizada, este alimento llego a ser un total de casi 178,59 toneladas.



Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.9: Uso de alimento adicional durante el ciclo productivo 2019 – 2021.**

En orden de poder dar respuesta al considerando N°14 de la Res. Ex N°2 ROL D-041-2024, se incorpora en las siguientes secciones una comparación entre la modelación Newdepomod en condición de sobreproducción y en RCA, a modo de verificar las diferencias entre el aporte de flujo de materia orgánica al lecho en ambos esquemas de producción. Adicionalmente, se han estimado los aportes de nutrientes a la columna de agua como un balance de masa, identificando la operación en cumplimiento de la RCA como en sobreproducción.

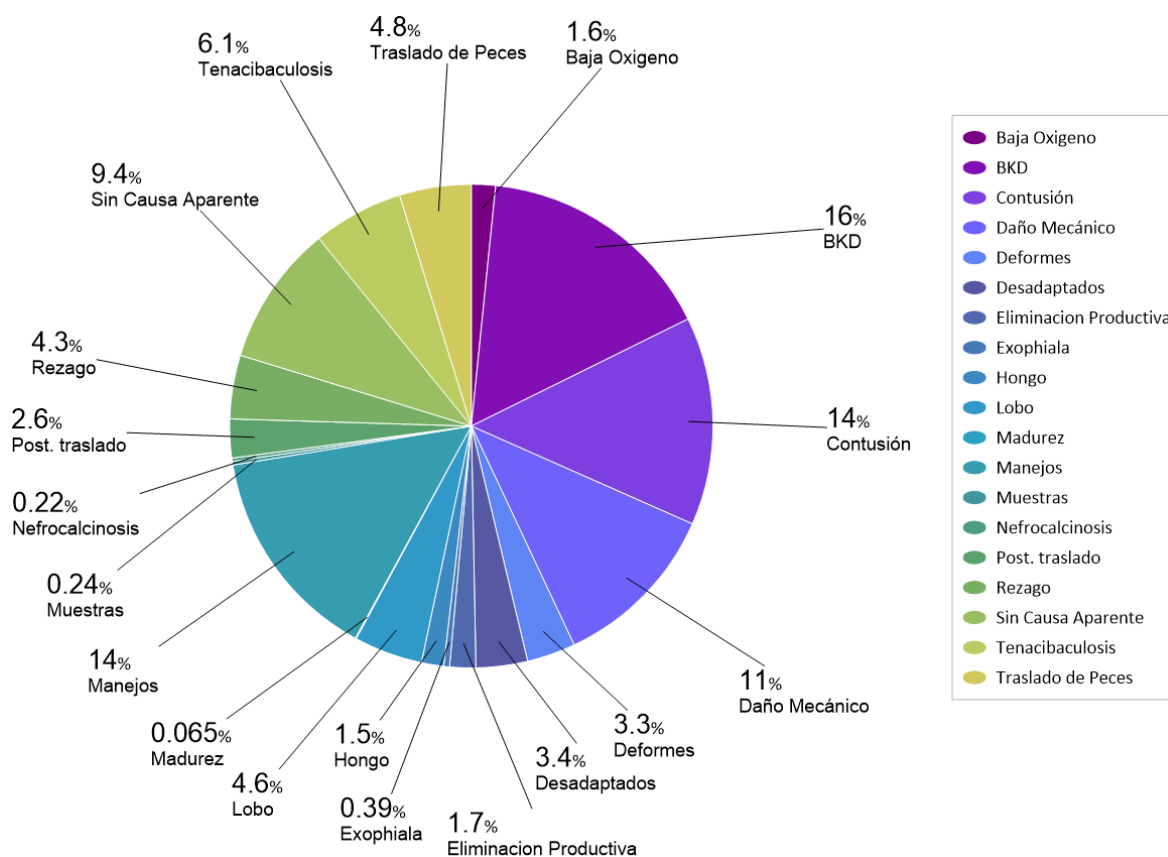
Es importante mencionar que estos análisis permiten cuantificar cuál fue el aporte en cuanto nutrientes y materia orgánica libre que se adicionó a la columna de agua y sedimento para todo el ciclo productivo del hecho infraccional.



### 6.1.5 Mortalidades

La estadística suministrada por el Titular (2019-2021) se puede apreciar en detalle en la Figura 6.10. De los 139.680 ejemplares muertos en el ciclo 2019-2021 hasta el momento de esta evaluación, un 16% tuvo como causa de muerte BKD (Bacterial Kidney Disease) con 22.477 ejemplares, seguido por un 14% por contusión y manejo.

A partir de la revisión de los reportes de mortalidad semanal del ciclo 2019-2021, se encontró que la totalidad de la mortalidad asociada a baja de oxígeno corresponde a 2.244 ejemplares (en la totalidad del ciclo) que corresponde al 1.6% de la mortalidad total del ciclo. Los mencionados ejemplares fueron registrados entre la semana 22 a la semana 36 del ciclo (25 de mayo al 06 de septiembre 2020), previo a la semana donde se observó sobreproducción (24 de febrero del 2021).



Fuente: Elaboración Propia a partir de información suministrada por Blumar.

**Figura 6.10: Causas de mortalidad durante el ciclo productivo 2019 – 2021.**

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	28
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

### 6.1.6 INFA

Los resultados de la INFA para el ciclo productivo 2019-2021 se aprecian en el Anexo I. La información para la INFA fue levantada el día **02-11-2020** y entregada el día **11-11-2020**. El SERNAPESCA emitió su ORD./D.G.A./Nº 154.668, en el que se concluye que el CES presenta para el período informado condiciones ambientales **ANAERÓBICAS**, de acuerdo a los antecedentes operativos se observan cubierta de microorganismo en tres o más transectas de filmación submarina. Cabe destacar que los valores de oxígeno se encuentran por sobre el límite de aceptabilidad ( $\geq 2,5$  mg/L a 1 m del fondo). Además, se realizaron 2 INFAS posteriores, una **ANAERÓBICA** muestreada el 07 de abril de 2022 y otra **AERÓBICA** muestreada el 24 de octubre de 2022, todas ellas referidas en los Considerandos 22 y 23 de la Formulación de Cargos.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	29
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 7 NUTRIENTES

Un aspecto complementario y relevante que se indicó en el punto **5. Efectos Previstos por Excedencia de la Producción Máxima de Biomasa Permitida en el Medio Marino**, se refirió a la posibilidad de contar con datos de concentración de nutrientes en la columna de agua: nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Se indicó que, dada la Categoría del Centro de Córdova 2 (Categoría 4 y 5), la información de dichos nutrientes en las aguas marinas, no se encuentra incluida en las INFAs (ni CPS). No obstante, se realizaron monitoreos de estos parámetros en el contexto de las certificaciones con que cuenta Blumar para sus CES, en particular, la “Aquaculture Stewardship Council” (Consejo de Gestión Responsable de la Acuicultura), conocida como ASC, en que se comprometen monitoreos de nutrientes durante cada ciclo de cultivo.

En este caso, se cuenta con información mensual, desde el 20 de enero 2021 hasta el 29 de octubre de 2023. En estos monitoreos se consideran las variables Nitrato ( $\text{NO}_3$ ), Nitrito ( $\text{NO}_2$ ), Nitrógeno Kjeldahl, Nitrógeno Total, Ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y Fósforo Total, información que se presenta entre la Tabla 7.1 y la Tabla 7.18. Dichos parámetros se analizan en 2 estaciones, establecidas de acuerdo con el estándar ASC: AZE, por sus siglas en inglés Allowable Zone of Effect (Zona de efecto permitido) y Control, ambas en la dirección de la corriente residual.

En tanto, en la **Tabla 7.19**, se entregan valores de referencia de las concentraciones de fosfato y nitrato obtenidos de la literatura científica de varias zonas de la Región de Magallanes.

Es posible determinar que las concentraciones promedio de **nitrato** en la zona misma del CES Córdova 2, obtenidas durante el ciclo productivo, fluctuaron entre  $<0,05 \text{ mg/L}$  y  $0,38 \text{ mg/L}$ , esto en la medición efectuadas entre enero de 2020 y octubre de 2023 en zona AZE y en la zona de Control. **Con ello es posible determinar que ambas zonas (zona del CES y zona de control) arrojaron valores similares en ambos sectores durante todo el período de medición, dando cuenta que la fluctuación de nitrato en el agua de mar durante el período de muestreo fue la “natural” del área de estudio.**

**Tabla 7.1: Resultados del monitoreo ASC de 30/04/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Abril de 2020.**

Monitoreo 30/04/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	-	-	-	-	-	-
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	-	-	-	-	-	-
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	1,61	1,51	1,70	1,607	0,095	0,059
Nitrógeno Total	mg/L	-	-	-	-	-	-
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	-	-	-	-	-	-
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	-	-	-	-	-	-
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	1,46	1,39	1,50	1,450	0,056	0,038
Nitrógeno Total	mg/L	-	-	-	-	-	-
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de abril de 2020.

**Tabla 7.2: Resultados del monitoreo ASC de 31/08/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Agosto de 2020.**

Monitoreo 31/08/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,13	<0,13	<0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<0,65	<0,65	<0,65	0,65	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	1,00	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,20	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,13	<0,13	<0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<0,65	<0,65	<0,65	0,65	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	1,00	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,20	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de agosto de 2020.

**Tabla 7.3: Resultados del monitoreo ASC de 09/12/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Diciembre de 2020.**

Monitoreo 09/12/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,05	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	<0,13	-	-
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	0,76	0,68	<0,696	0,057	0,082
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	<1	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	<0,2	-	-
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	<0,01	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	<0,05	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	<0,13	-	-
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	< 0,65	< 0,65	<0,65	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	<1	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	<0,2	-	-
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	<0,01	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de diciembre 2020.

**Tabla 7.4: Resultados del monitoreo ASC de 20/01/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Enero de 2020.**

Monitoreo 20/01/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,319	0,316	0,305	0,313	0,007	0,024
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	1,63	1,68	1,56	1,623	0,060	0,037
Nitrógeno Total	mg/L	1,95	2,00	1,87	1,940	0,066	0,034
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,280	0,271	0,277	0,276	0,005	0,017
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,862	0,839	0,896	0,866	0,029	0,033
Nitrógeno Total	mg/L	1,14	1,11	1,17	1,140	0,030	0,026
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de enero de 2020.

**Tabla 7.5: Resultados del monitoreo ASC de 01/02/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Febrero de 2020.**

Monitoreo 01/02/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,368	0,359	0,359	0,362	0,005	0,014
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,557	0,546	0,534	0,546	0,012	0,021
Nitrógeno Total	mg/L	0,925	0,905	0,893	0,908	0,016	0,018
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,326	0,311	0,320	0,319	0,008	0,024
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,002	0,003	0,003	0,003	0,001	0,217
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,443	0,443	0,412	0,433	0,018	0,041
Nitrógeno Total	mg/L	0,769	0,757	0,735	0,754	0,017	0,023
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	0,067	0,067	0,067	0,067	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de febrero de 2020.

**Tabla 7.6: Resultados del monitoreo ASC de 30/07/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Julio de 2020.**

Monitoreo 30/07/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,0500	0,0000	0,0000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,13	<0,13	<0,13	0,1300	0,0000	0,0000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<0,65	<0,65	<0,65	0,6500	0,0000	0,0000
Nitrógeno Total	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	1,0000	0,0000	0,0000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,2000	0,0000	0,0000
Fósforo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,0100	0,0000	0,0000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,13	<0,13	<0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<0,65	<0,65	<0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de julio de 2020.

**Tabla 7.7: Resultados del monitoreo ASC de 30/06/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Junio de 2020.**

Monitoreo 30/06/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,13	<0,13	<0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,68	<0,65	<0,65	0,660	0,017	0,026
Nitrógeno Total	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,13	<0,13	<0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<0,65	<0,65	<0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de 30 de junio de 2020.

**Tabla 7.8: Resultados del monitoreo ASC de 31/03/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Marzo de 2020.**

Monitoreo 31/03/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,200	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,003	< 0,002	0,005	0,003	0,002	0,458
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,770	0,747	0,792	0,770	0,023	0,029
Nitrógeno Total	mg/L	0,773	0,747	0,797	0,772	0,025	0,032
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,272	0,274	0,273	0,273	0,001	0,004
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,004	0,003	0,005	0,004	0,001	0,250
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,555	0,532	0,577	0,555	0,023	0,041
Nitrógeno Total	mg/L	0,831	0,809	0,855	0,832	0,023	0,028
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de marzo de 2020.

**Tabla 7.9: Resultados del monitoreo ASC de 31/05/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Mayo de 2020.**

Monitoreo 31/05/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,385	0,377	0,372	0,378	0,007	0,017
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	1,16	1,12	1,20	1,160	0,040	0,034
Nitrógeno Total	mg/L	1,55	1,50	1,57	1,540	0,036	0,023
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,389	0,382	0,373	0,381	0,008	0,021
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,869	0,823	0,897	0,863	0,037	0,043
Nitrógeno Total	mg/L	1,26	1,21	1,27	1,247	0,032	0,026
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	0,003	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de mayo de 2020.

**Tabla 7.10: Resultados del monitoreo ASC de 28/11/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Noviembre de 2020.**

Monitoreo 28/11/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	< 0,65	< 0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	0,51	0,23	0,26	0,333	0,154	0,461

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	< 0,65	< 0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	0,23	0,25	0,21	0,230	0,020	0,087

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de noviembre de 2020.



**Tabla 7.11: Resultados del monitoreo ASC de 30/10/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Octubre de 2020.**

Monitoreo 30/10/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	1,44	1,44	0,92	1,267	0,300	0,237
Nitrógeno Total	mg/L	1,44	1,44	< 1,00	1,293	0,254	0,196
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,92	0,75	1,59	1,087	0,444	0,409
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	1,59	1,197	0,341	0,285
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	0,37	0,257	0,098	0,382
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de octubre de 2020.

**Tabla 7.12: Resultados del monitoreo ASC de 30/09/2020. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Septiembre de 2020.**

Monitoreo 30/09/2020

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	< 0,65	< 0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	< 0,65	< 0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de septiembre de 2020.

**Tabla 7.13: Resultados del monitoreo ASC de 14/02/2021. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Febrero de 2021.**

Monitoreo 14/02/2021

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	< 0,65	< 0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,050	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,130	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	< 0,65	< 0,65	< 0,65	0,650	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1,000	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,200	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de febrero de 2020.

**Tabla 7.14: Resultados del monitoreo ASC de 24/03/2021. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Marzo de 2021.**

Monitoreo 24/03/2021

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,359	0,354	0,383	0,365	0,016	0,042
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,873	0,814	0,905	0,864	0,046	0,053
Nitrógeno Total	mg/L	1,23	1,17	1,29	1,230	0,060	0,049
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	0,012	0,012	0,011	0,012	0,001	0,049

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,336	0,350	0,345	0,344	0,007	0,021
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,967	0,890	0,930	0,929	0,039	0,041
Nitrógeno Total	mg/L	1,30	1,24	1,28	1,273	0,031	0,024
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	0,014	0,013	0,013	0,013	0,001	0,043
Fósforo Total	mg/L	0,028	0,030	0,029	0,029	0,001	0,034

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de marzo de 2021.

**Tabla 7.15: Resultados del monitoreo ASC de 11/04/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Abril de 2023.**

Monitoreo 11/04/2023

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,19	0,19	0,19	0,190	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,11	0,11	0,11	0,110	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	0,30	0,30	0,30	0,300	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<1	<1	<1	1,000	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,19	0,19	0,19	0,190	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,11	0,11	0,11	0,110	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	0,30	0,30	0,30	0,300	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<1	<1	<1	1,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de abril de 2023.

**Tabla 7.16: Resultados del monitoreo ASC de 08/01/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Enero de 2023.**

Monitoreo 08/01/2023

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,200	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,93	0,9	0,72	0,850	0,114	0,134
Nitrógeno Total	mg/L	0,930	0,900	0,720	0,850	0,114	0,134
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	0,012	0,016	0,019	0,016	0,004	0,224
Fósforo Total	mg/L	0,089	0,069	0,054	0,071	0,018	0,248

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	0,200	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,7	0,7	0,51	0,637	0,110	0,172
Nitrógeno Total	mg/L	0,702	0,700	0,510	0,637	0,110	0,173
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	0,018	0,011	0,013	0,014	0,004	0,258
Fósforo Total	mg/L	0,075	0,101	0,063	0,080	0,019	0,244

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de enero de 2023.

**Tabla 7.17: Resultados del monitoreo ASC de 18/07/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Julio de 2023.**

Monitoreo 18/07/2023

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,30	0,30	0,30	0,300	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	0,30	0,30	0,30	0,300	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<1	<1	<1	1,000	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,30	0,30	0,30	0,300	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	0,30	0,30	0,30	0,300	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<1	<1	<1	1,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de julio de 2023.

**Tabla 7.18: Resultados del monitoreo ASC de 29/10/2023. Se incluyen las 3 réplicas por estación y los estadísticos promedio, desviación estándar (D.S.) y coeficiente de variación (C.V.). Octubre de 2023.**

Monitoreo 29/10/2023

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		AZE - R1	AZE - R2	AZE - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,080	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,16	0,16	0,16	0,160	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	0,24	0,24	0,24	0,240	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,020	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<1	<1	<1	1,000	0,000	0,000

Parámetros	Unidad	Estaciones			Estadísticos		
		C - R1	C - R2	C - R3	Promedio	D.S.	C.V.
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,080	0,000	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,020	0,000	0,000
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,16	0,16	0,16	0,160	0,000	0,000
Nitrógeno Total	mg/L	0,24	0,24	0,24	0,240	0,000	0,000
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,020	0,000	0,000
Fósforo Total	mg/L	<1	<1	<1	1,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ASC Monitoreo de octubre de 2023.

**Tabla 7.19. Valores de referencia de las concentraciones de fosfato y nitrato en zonas de la Región de Magallanes.**

Parámetros	Silva (2006)	Calderón (2019)	Calderón (2019)	Argomedo (2017)
Nitrato (mg/L)	0,0 – 0,496 (0-50 m)	0,0 - 3,0 Óptimo	3,0 - 4,0 Adecuado	0,068 – 1,55
Fosfato (mg/L)	0 - 0.076 (0-50 m)	0,0-0,01 Óptimo	0,01 - 0,02 Adecuado	0-0.298

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Silva (2006), Calderón (2019), Argomedo (2017).

**Desde el punto de vista comparativo, los valores de nitrato se hallaron en todos los casos en los rangos de calidad “Óptima” de acuerdo a Calderón (2019) y a los citados, por ejemplo, por Silva (2006) y Argomedo (2017) (Tabla 7.19).**

En tanto, el **ortofosfato** (la forma predominante en que el fosfato se halla en el agua marina) se registró con un valor promedio mínimo de <0,003 mg/L y un promedio máximo de <0,20 mg/L para la estación AZE. Mientras, en el caso de la estación Control, el mínimo promedio correspondió a <0,003 mg/L, y un valor promedio máximo de <0,26 mg/L en la campaña. Por su parte, el **fósforo total** se registró en concentraciones promedio que variaron entre un mínimo de 0,003 mg/L y un máximo de <1 mg/L en la Estación AZE y en la estación Control. A la luz de estos resultados, es posible determinar que ambos rangos promedio son similares entre los sectores y que, en ambos casos, los máximos valores promedio se registraron durante el monitoreo de abril, julio y octubre del 2023. **Al considerar ambas formas de químicas, los valores promedio de fosfato (ortofosfato) y fósforo total de la estación Control resultan muy similares a los obtenidos en la estación localizada en la proximidad del CES Córdova 2, dando cuenta que la fluctuación de estos dos compuestos en el agua de mar durante el segundo ciclo de producción fue la “natural” del área de estudio.**

Desde el punto de vista comparativo (Tabla 7.19), los valores de fosfato se hallaron en los rangos establecidos por Argomedo (2017) y por sobre los valores establecidos por Silva (2006) y Calderón (2019).

Por otra parte, cabe volver a mencionar que el principal agente oxidante de la materia orgánica en las aguas marinas es el oxígeno disuelto, pero cuando las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyen, el agente oxidante más importante pasa a ser el **nitrato** a través de la desnitrificación (Libes 1992). Esta condición de bajos niveles de oxígeno

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	40
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

disuelto o hipoxia, requerida para que la desnitrificación ( $< 0,5 \text{ mL L}^{-1}$ ) (Naqvi *et al.* 2010), raramente se encuentra en la columna de agua de los océanos y mares interiores.

El consumo de nitrato para la degradación de la materia orgánica puede limitar la biomasa fitoplanctónica, afectando así a toda la cadena trófica. Bajo ese ámbito, la **relación de Redfield** es la proporción molecular del nitrógeno y fósforo en el fitoplancton, cuya relación estequiométrica es Nitrógeno:Fósforo = 16:1 (N:P) en la mayoría de estos organismos, cuando los nutrientes no son limitantes (Redfield 1934). Esta proporción fue observada por Redfield tanto en la composición de la materia orgánica de los organismos autotróficos como en la **concentración de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en la columna de agua del océano** (Rojas 2015), y es una medida útil para interpretar condiciones de limitación de producción primaria producto de falta de algún nutriente. Las bajas concentraciones de nitrato y fosfato en aguas superficiales y el enriquecimiento de estos nutrientes en aguas profundas son consecuencia de cómo las partículas biogénicas se producen en la capa superficial y se destruyen en el océano profundo. Lo que suele provocar la limitación de estos nutrientes para su consumo por el fitoplancton y una probable desviación en la relación de Redfield. Cuando la biomasa fitoplanctónica está limitada por nitrato, el agua presenta una relación  $\text{NO}_3^- : \text{PO}_4^{3-}$  menor a la de Redfield y cuando es el fosfato el nutriente limitante, el agua presenta una relación  $\text{NO}_3^- : \text{PO}_4^{3-}$  mayor a la de Redfield (Correll 1998, Davidson *et al.* 2012).

En razón de lo anterior, se han calculado los valores de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio, para cada monitoreo, información que se expone entre la Tabla 7.20 y la Tabla 7.36. De ellas se puede desprender que la relación de Redfield promedio, para el 100% de los muestreos, se mostraron en una relación  $\text{NO}_3^- : \text{PO}_4^{3-} > 16$ , considerando tanto la estación localizada en las inmediaciones del CES como la estación Control. A partir de esta información, es posible señalar que se presenta una desviación en la relación de Redfield, revelando que la biomasa fitoplanctónica estuvo limitada en por fosfatos.

**Tabla 7.20. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio.30/08/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.21. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 09/12/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.22. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 20/01/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
106,33	105,33	101,67	<b>104,44</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
93,33	90,33	92,33	<b>92,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.23. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 24/01/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
122,67	119,67	119,67	<b>120,67</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
108,67	103,67	106,67	<b>106,33</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.24. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/07/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.25. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/06/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 7.26. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 31/03/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
66,67	66,67	66,67	<b>66,67</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
90,67	91,33	91,00	<b>91,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.27. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 31/05/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
128,33	125,67	124,00	<b>126,00</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
129,67	127,33	124,33	<b>127,11</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.28. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 28/11/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.29. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/10/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,14	<b>0,21</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.30. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 30/09/2020.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.31. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 14/02/2021.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
0,25	0,25	0,25	<b>0,25</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.32. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 24/03/2021.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
71,80	70,80	76,60	<b>73,07</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
24,00	26,92	26,54	<b>25,82</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.33. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 11/04/2023.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
9,50	9,50	9,50	<b>9,50</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
9,50	9,50	9,50	<b>9,50</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.34. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 08/01/2023.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
16,67	12,50	10,53	<b>13,23</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
11,11	18,18	15,38	<b>14,89</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.35. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 18/07/2023.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
15,00	15,00	15,00	<b>15,00</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
15,00	15,00	15,00	<b>15,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.36. Cálculos de las relaciones de Redfield para cada una de las réplicas analizadas, junto a su promedio. 29/10/2023.**

Relaciones de Redfield			
Aze R-1	Aze R-2	Aze R-3	<b>Promedio</b>
4,00	4,00	4,00	<b>4,00</b>
Control R-1	Control R-2	Control R-3	<b>Promedio</b>
4,00	4,00	4,00	<b>4,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	47
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 8 LEVANTAMIENTO BIBLIOGRÁFICO DE AVIFAUNA EN LA RESERVA NACIONAL KAWÉSQAR

### 8.1 PREÁMBULO

De acuerdo con el D.S. Nº 6/2018, del Ministerio de Bienes Nacionales, que recategoriza el Parque Nacional Kawésqar y crea la Reserva Nacional Kawésqar (“**RNK**”), esta última está conformada por el espacio marítimo que formaba parte del perímetro de la Ex Reserva Forestal Alacalufes, el cual alcanza una superficie aproximada de 2.628.429,2 hectáreas. Este sector abarca gran parte de los archipiélagos de las Provincias de Magallanes y Última Esperanza, además de la mitad de la superficie de la isla Riesco. Sus paisajes son un mosaico compuesto de cordilleras, bosques, glaciares, fiordos, lagos, humedales y valles que conforman ecosistemas vírgenes de gran importancia ecológica para una gran diversidad de especies.

### 8.2 OBJETIVO

En respuesta al procedimiento sancionatorio Rol D-041-2024, se ha elaborado un levantamiento bibliográfico de la avifauna presente en la RNK, así como en los sectores aledaños, con énfasis en especies marinas, costeras y acuáticas.

Adicionalmente, se presenta el hábitat de las especies citadas, revisando para ello literatura especializada (e.g.: Martínez-Piña & González-Cifuentes 2004, 2017, Jaramillo 2005, Couve et al. 2016, Medrano et al. 2018) y la página web de Aves de Chile.

### 8.3 LEVANTAMIENTO BIBLIOGRÁFICO

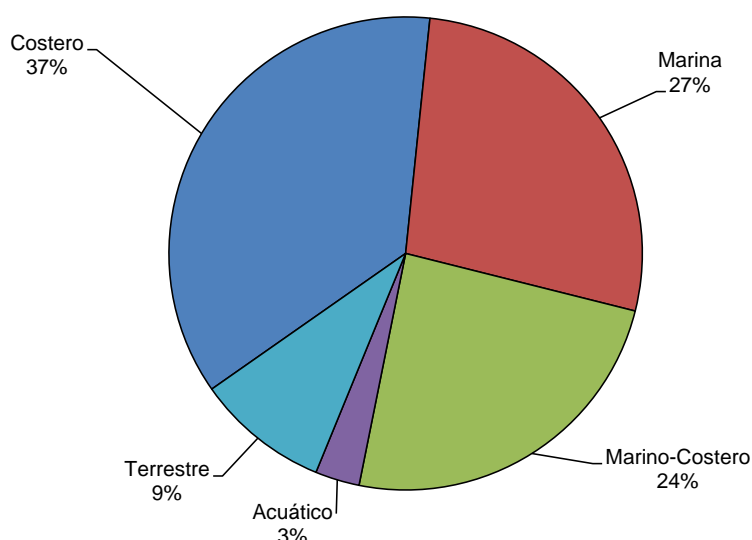
El levantamiento bibliográfico reveló que hasta ahora se han mencionado la presencia de 136 especies de aves en los sectores de la Reserva y Parque Nacional Kawésqar sin detallar el nombre de las aves, incluyendo además el uso de todo tipo de hábitat presente en el sector de interés (e.g. terrestre, marinas, costeras y acuáticas).

Estudios específicos de avifauna en la zona de interés han señalado al menos a 33 especies de avifauna, con un predominio de doce especies costeras (37 %), seguidas de nueve (9) especies marinas (27%), ocho (8) especies marino-costero (24 %), tres (3) especies terrestres y una especie acuática (Tabla 8.1 y Tabla 8.2; Figura 8.1).

Al considerar las especies más abundantes descritas en la RNK, estas se concentran en aves costeras, marino-costeras, marinas y luego terrestres. Entre ellas se destacan especies de las familias Phalacrocoracidae (*Leucocarbo magellanicus*, *Leucocarbo atriceps atriceps* y *Phalacrocorax brasilianus*); Procellariidae (*Macronektes giganteus*, *Ardena grisea*); Annatidae (*Tachyeres pteneres*, *Chloëphaga hybrida hybrida*); Haematopodidae (*Haematopus ater* y *Haematopus leucopodus*); Cathartidae (*Cathartes aura* y *Vultur gryphus*) (Tabla 8.2).

**Tabla 8.1. Uso de hábitat y riqueza de especies reportadas en sector de interés.**

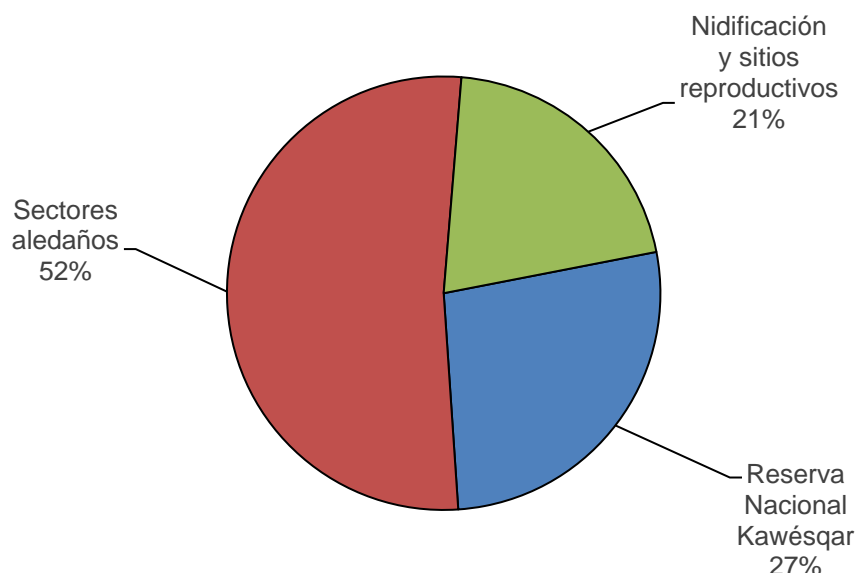
Uso de Hábitat	Riqueza (S)	Aporte porcentual (%)
Costero	12	37
Marina	9	27
Marino-Costero	8	24
Terrestre	3	9
Acuático	1	3
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>100</b>



**Figura 8.1. Aporte porcentual del tipo de hábitat de las especies reportadas en el sector de interés.**

GEOGAMA (2015) reporta en el sector de Estero Córdova e Isla Desolación una mayor frecuencia de aparición del Albatros de ceja negra, Petrel gigante, Cormorán imperial, el Cormorán magallánico, Pato Quetru no volador, Gaviota dominicana, Yeco y el Salteador chileno (para más detalles ver Tabla 8.2).

Existe escasa información con relación a la reproducción de la mayoría de las especies descritas en la RNK, así como la nidificación y sitios reproductivos (Tabla 8.2). Algunas de las especies mencionadas arriban al sector de interés con fines reproductivos, concentrándose en algunas colonias de islas de Tierra del Fuego (Martínez-Piña & González-Cifuentes 2004, 2017, Jaramillo 2005, Couve et al. 2016, Medrano et al. 2018) y la página web Aves de Chile.



**Figura 8.2. Aporte porcentual del número de especies reportadas en el sector de interés.**

Fuente: (1) Australis Seafoods 2021; (2) GEOGAMA 2015; (3) Hucke-Gaete et al. 2021; (4) Capella & Gibbons 2020; (5) Garay et al. 2008; (6) Almonacid 2018; (7) Miranda et al. 2009.

Con relación al estado de conservación a nivel nacional, los Procesos de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente (RCE) catalogan a once (11) especies dentro de sus categorías, entre ellas se encuentran bajo el criterio de “Vulnerable” (VU) a la Caranca, al Petrel gigante antártico, al Albatros errante, a la Golondrina de mar; se clasifican como “Casi Amenazado” (NT) al Pato Quetru no volador, al Cóndor y a la Fardela negra; mientras que, se catalogan como en “Preocupación Menor” (LC) el Albatros de ceja negra, el Pato Quetru volador, el Cisne coscoroba y el Cisne de cuello negro. Las especies restantes aún no han sido clasificadas. Al considerar a la International Union for Conservation of Nature (IUCN) como criterio internacional, el Albatros errante se cataloga como Vulnerable (VU), mientras que el Pingüino de Magallanes, el Cóndor y la Fardela negra se clasifican como “Casi Amenazado” (NT). Las demás especies se consideran como “Preocupación Menor” (LC) (Tabla 8.2).

**Tabla 8.2. Levantamiento bibliográfico de la avifauna citada en la Reserva Nacional Kawésqar y sectores aledaños. R: Residente todo el año; V: Visitante de verano; (+): Sitios reproductivos y nidificación; RCE (Reglamento de Clasificación de Especies); IUCN (International Union for Conservation of Nature).**

Especie (nombre común)	Distribución nacional	Hábitat	Reserva Nacional Kawésqar	Sectores aledaños	Nidificación y sitios reproductivos	Estado conservación		Fuente
						RCE	IUCN	
<i>Thalassarche melanophris</i> (Albatros de Ceja Negra)	Nacional e islas oceánicas	Marino	x <sup>4,5</sup>	x	+; V	LC	LC	1, 2, 3, 4
<i>Ardenna grisea</i> (Fardela negra)	Nacional	Marino - Costero	x <sup>6,2</sup>	x	V	NT	NT	1, 2, 3, 4
<i>Leucocarbo atriceps</i> (Cormorán imperial)	Nacional e islas	Marino - Costero	x <sup>1,2</sup>	x	+; R	--	LC	1, 2, 3, 4
<i>Phalacrocorax magellanicus</i> (Cormorán magallánico)	Nacional	Costero	x	x	+; R	--	LC	1, 2, 3, 4
<i>Phalacrocorax brasilianus</i> (Yeco)	Nacional	Acuático	x <sup>1</sup>	x	+; R	--	LC	1, 2, 3, 4
<i>Tachyeres patachonicus</i> (Pato Quetru volador)	Nacional e islas de Tierra del Fuego	Marino - Costero	x	x	+; R	NT	LC	1, 2, 3
<i>Larus dominicanus</i> (Gaviota dominicana)	Nacional	Marino - Costero	x	x	+; R	--	LC	1, 2, 3, 4
<i>Cathartes aura</i> (Jote de cabeza colorada)	Nacional	Terrestre	x <sup>1</sup>	x	R	--	LC	1, 2
<i>Vultur gryphus</i> (Cóndor)	Nacional	Terrestre	x <sup>1</sup>	x	R	NT	NT	1
<i>Stercorarius chilensis</i> (Salteador chileno)	Nacional	Marino - Costero	x	x	+; R	--	LC	1, 2, 3, 4
<i>Caracara plancus</i> (Traro)	Nacional	Terrestre	x	x	+; R	--	LC	1, 2, 3
<i>Macronectes giganteus</i> (Petrel Gigante Antártico)	Islas subantárticas y antárticas	Marino	x	x	V	VU	LC	1, 2, 3
<i>Chloëphaga hybrida</i> (Caranca)	Nacional	Marino	x	x	R	VU	LC	4, 5
<i>Haematopus leucopodus</i> (Pilpilén austral)	Nacional	Costero	x	x	R	--	LC	4
<i>Hydrobates tethys</i> (Golondrina de mar)	Nacional e islas	Marino	x <sup>1,2</sup>	x	V	VU	LC	3, 4

<sup>4</sup> <https://www.rewildingchile.org/proyectos/parque-nacional-kawesqar/> Visitado el 22 de marzo de 2024.

<sup>5</sup> <https://www.terram.cl/tag/reserva-nacional-kawesqar/page/4/>. Visitado el 22 de marzo de 2024.



	ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	51
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

<i>Cinclodes patagonicus patagonicus</i> (Churrete magallánico)	Nacional e islas australes	Costero	x <sup>1</sup>	x	++; R	--	LC	4, 5
<i>Haematopus ater</i> (Pilpilén negro)	Nacional	Marino-Costero	x <sup>2</sup>	x	R	--	LC	1, 2, 3, 4
<i>Lophonetta specularioides specularioides</i> (Pato juarjua)	Nacional	Costero		x	+	--	LC	4, 5
<i>Chloëphaga picta picta</i> (Caiquén)	Nacional	Costero		x	R	---	LC	4, 5
<i>Fulmarus glacialis</i> (Petrel plateado)	Islas subantárticas y antárticas	Marino		x	R	VU	LC	4
<i>Rallandia rolland chilensis</i> (Pimpollo)	Nacional	Costero		x	V	--	LC	4, 5
<i>Coscoroba coscoroba</i> (Cisne coscoroba)	Nacional	Costero		x	++; R	LC	LC	4, 5
<i>Cygnus melancoryphus</i> (Cisne de cuello negro)	Nacional	Costero		x	V	LC	LC	5
<i>Leucophaeus scoresbii</i> (Gaviota austral)	Nacional	Marino		x	R	--	LC	5
<i>Chroicocephalus maculipennis</i> (Gaviota Cáhuil)	Nacional	Costero		x	V	--	LC	5
<i>Podiceps major navasi</i> (Huala)	Nacional	Marino-Costero		x	V	--	LC	5
<i>Diomedea exulans</i> (Albatros errante)	Islas oceánicas	Marino		x	V	VU	VU	3
<i>Theristicus melanopis</i> (Bandurria)	Nacional	Costero		x	++; R	-	LC	5
<i>Spheniscus magellanicus</i> (Pingüino de Magallanes)	Nacional	Marino		x	++; R	--	NT	4, 6, 7
<i>Tachyeres pteneres</i> (Pato Quetru no volador)	Nacional e islas de Tierra del Fuego	Marino-Costero		x	R	NT	LC	3, 4
<i>Sterna hirundinacea</i> (Gaviotín sudamericano)	Nacional	Costero		x	R	--	LC	4, 5
<i>Pelecanoides magellani</i> (Yunco de magallanes)	Nacional e islas de Tierra del Fuego	Marino		x	V	--	LC	3, 4

Fuente: (1) Australis Seafoods 2021; (2) GEOGAMA 2015; (3) HucKe-Gaete *et al.* 2021; (4) Capella & Gibbons 2020; (5) Garay *et al.* 2008; (6) Almonacid 2018; (7) Miranda *et al.* 2009.

Según IUCN y RCE: VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación Menor; --: No Registrada.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	52
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 9 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL COMPLEMENTARIA

A modo de profundizar en los análisis desarrollados, para abordar las observaciones contenidas en las secciones pertinentes de las Res. Ex. N°2/ROL D-041-2024, se ha analizado información complementaria considerando variables ambientales asociadas a la modelación numérica de depositación de partículas.

Importante también es mencionar que se realizó una modelación de la dispersión de la materia orgánica generada en el CES para determinar el área efectivamente impactada por la sobreproducción, así como también la asociada al proyecto técnico originalmente presentado.

Basado en lo anterior, los resultados presentados en esta sección complementan y amplían la información presentada en los capítulos anteriores.

### 9.1 SEDIMENTOS

#### 9.2 Tasas de Depositación con Sobreproducción

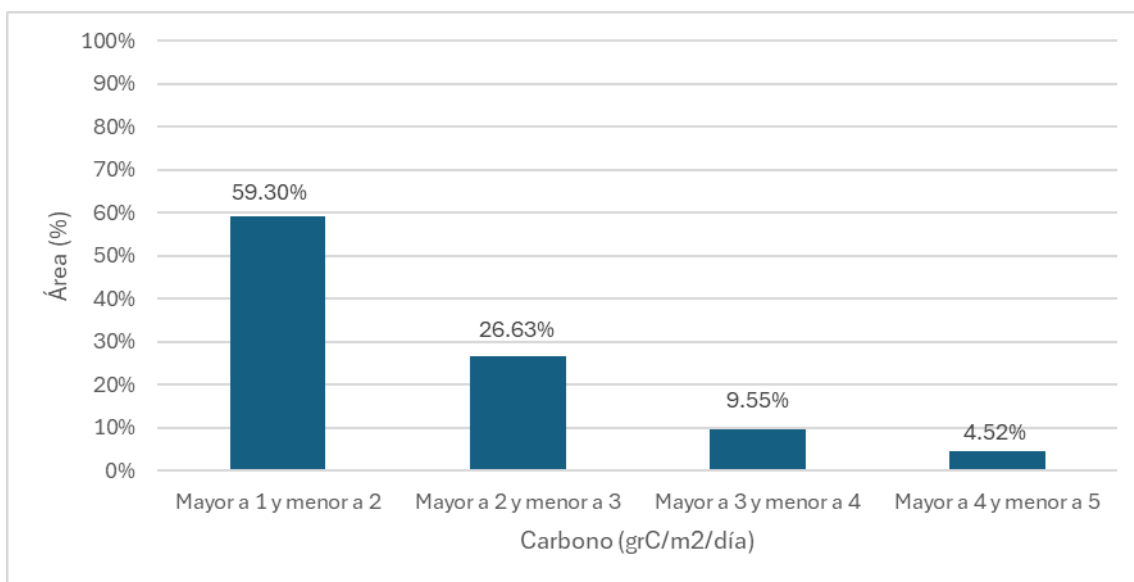
A modo de profundizar en los análisis desarrollados, para abordar las observaciones contenidas en las secciones pertinentes de las Res. Ex. N°2/ROL D-041-2024, se ha analizado información complementaria considerando variables ambientales asociadas a la modelación numérica de depositación de partículas.

Importante también es mencionar que se realizó una modelación de la dispersión de la materia orgánica generada en el CES para determinar el área efectivamente impactada por la sobreproducción, así como también la asociada al proyecto técnico originalmente presentado.

Basado en lo anterior, los resultados presentados en esta sección complementan y amplían la información presentada en los capítulos anteriores.

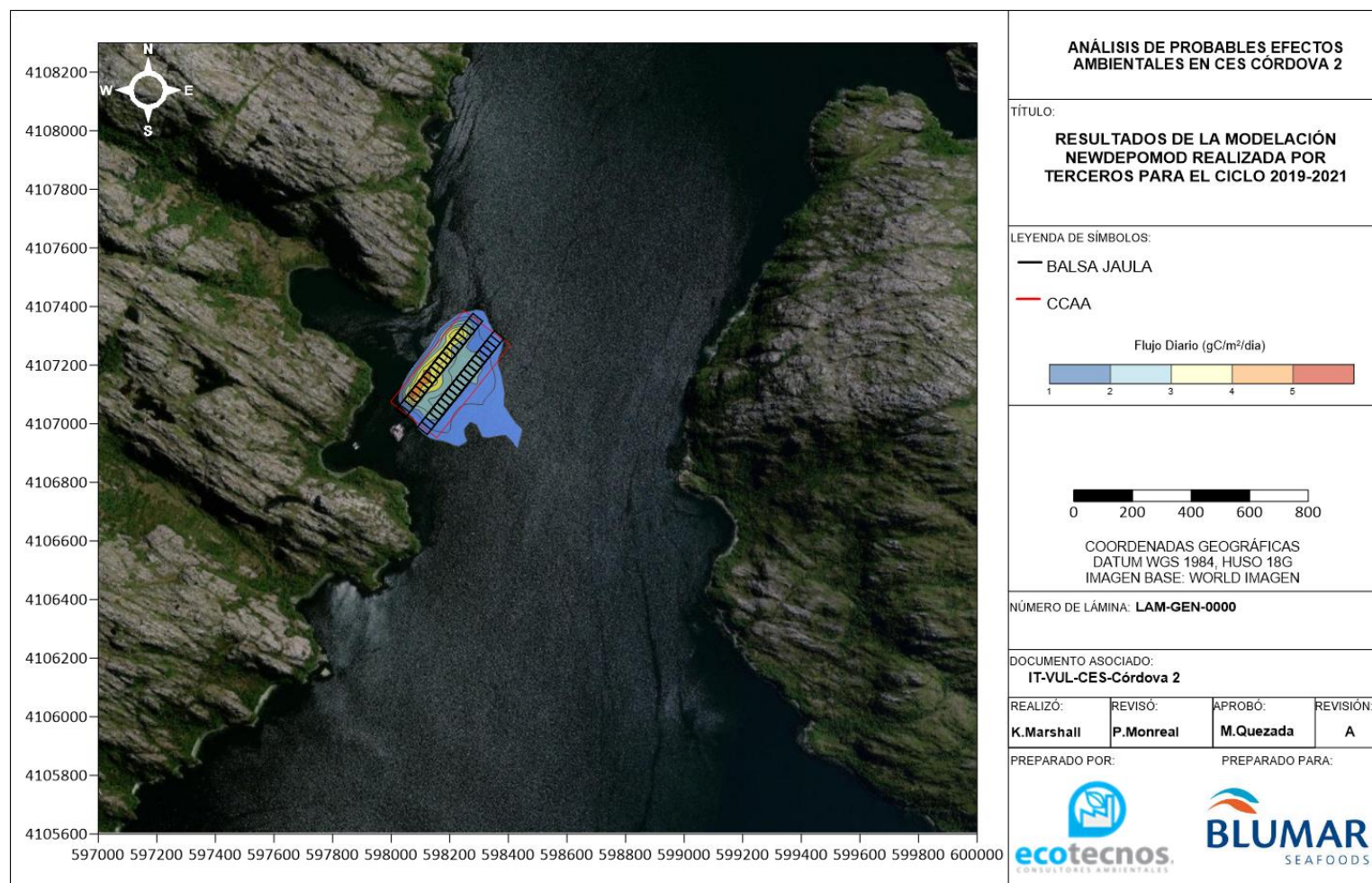
A partir de sus resultados, se ha construido la Figura 9.2, en la cual se muestra el área de depositación de partículas estimada a partir del flujo de carbono diario. De ella el área estimada con valores por sobre 1 gC/m<sup>2</sup>/día asciende a 124.375 m<sup>2</sup>, donde casi el 100% del área con valores sobre 2 gC/m<sup>2</sup>/día queda dentro de la concesión, mientras que su valor máximo llega a los 4,64 gC/m<sup>2</sup>/día.

La distribución del porcentaje de cobertura de cada uno de los rangos de flujo diario de carbono, dentro del área de influencia, se ilustra en la Figura 9.1 De ella se puede calcular que el 100 % del área de depositación es igual o inferior a 5 gC/m<sup>2</sup>/día y el peak de 4,64 gC/m<sup>2</sup>/día, adicionalmente se infiere que el 4,52 % del área de depositación tiene sobre los 4 gC/M<sup>2</sup>/día.



Fuente: Informe Blumar.

**Figura 9.1: Rangos de % de cobertura respecto al área total sedimentada con Sobreproducción.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9.2: Zona de depositación de flujo diario de carbono obtenida por terceros mediante modelación NewDepomod, para el escenario con sobreproducción advertido durante el ciclo productivo 2019 – 2021.**

Los rangos de sedimentación de Carbono obtenidos en la modelación corresponden a aquellos indicados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en el documento “Experiencia internacional en el uso del Depomod para acuicultura” (2013), que en su Tabla N°2 presenta las tasas de deposición de Carbono y su efecto sobre el sedimento marino, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 9.1: Tasas de deposición de Carbono y efectos sobre el sedimento marino.**

Clasificación sitio	Tasa de deposición de Carbono (grC/m <sup>2</sup> /día)	Efecto sobre sedimento marino
Óxido A	<1.0	Bajo efecto
Óxido B	1.0-2.0	Bajo efecto
Hipóxico A	2.0-5.0	Puede causar efectos adversos
Hipóxico B	5.0-7.5	Probables efectos adversos
Hipóxico C	7.5-10.0	Causa efectos adversos
Anóxico	>10.0	Causa severos daños

Fuente: Informe IFOP, 2013. Tabla N°2.

De los resultados se observa que en ambos módulos existen sitios tipo Hipóxico A, encontrándose al interior de la concesión, casi al centro de esta. Cabe señalar que no se supera la barrera de 5 gr C/m<sup>2</sup>/día, a partir del cual se podrían generar efectos.

Según estudios realizados por Hargrave & Phillips (1989), el decaimiento del carbón orgánico puede ser modelado como una ecuación de decaimiento de primer orden, de tal modo que:

$$\frac{dC}{dt} = -k$$

Donde

*C*: Carbono depositado en los sedimentos desde el funcionamiento del centro.

*t*: Tiempo.

*k*: Coeficiente de decaimiento.

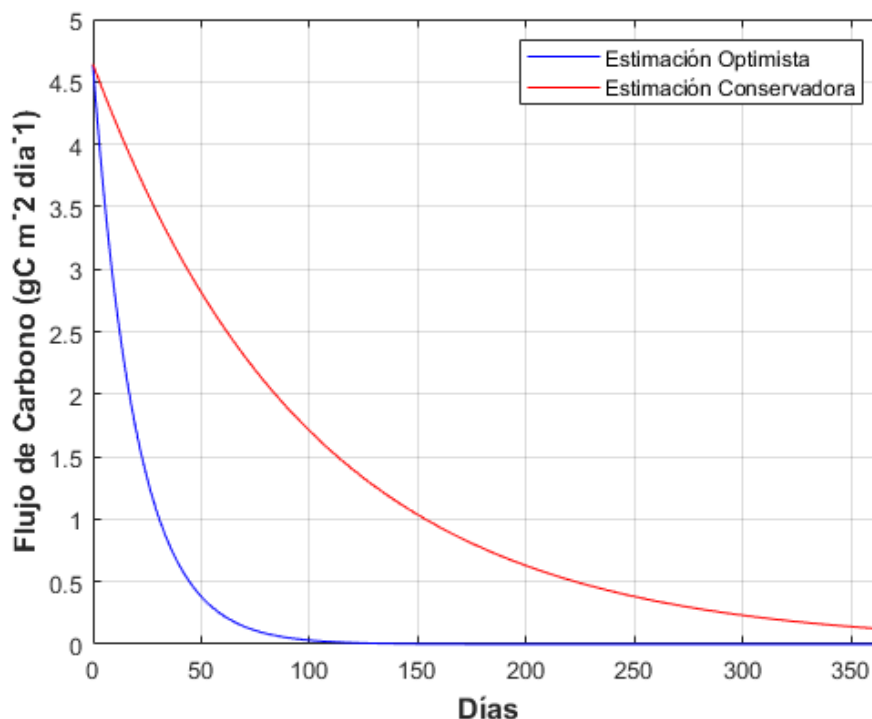
Dado que a partir de la operación del centro se espera la depositación de carbón orgánico total, que corresponde a aquella fracción que aún tiene energía disponible y consecuentemente es demandada por bacterias o el mismo bentos que pueda existir en el lugar.

Esta disponibilidad de carbono orgánico total en el lecho, se transforma en una fuente adicional de alimento y por lo tanto, su demanda por las bacterias y eventualmente el bentos que se

encuentra en el medio y la inexistencia del aporte antrópico generado por la operación del centro (debido a que se está en periodo de descanso), producen que en el tiempo la disponibilidad comience a disminuir paulatinamente, siendo esto asimilable en mayor proporción a un proceso lábil que a uno refractario, desde un punto de vista químico. Es decir, que el decaimiento del contenido de carbono orgánico total en los sedimentos, tienen a disminuir en el tiempo y lo hará según una ecuación de primer orden tal como comenta Hargrave & Phillips (1989).

Basado en lo anterior y según la información reportada por Hargrave & Phillips (1989), los coeficientes de decaimiento del carbono orgánico en una fase que tiende a ser lábil, se estiman entre  $1/20$  a  $1/100$  día<sup>-1</sup>, de tal modo que aplicando dichos coeficientes al valor máximo reportado según el informe de modelación numérica NewDepomod, se obtienen el decaimiento de primer orden mostrado en la Figura 9.3.

Empleando los resultados del modelo de decaimiento, se han estimado los tiempos necesarios para alcanzar un valor de  $1 \text{ gC/m}^2/\text{día}$  siendo estos resumidos en la Tabla 9.2 y alcanzando valores entre 30,70 hasta 153,47 según las estimaciones optimistas y conservadoras, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9.3: Decaimiento del carbono orgánico depositado en los sedimentos.**



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	57
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.2: Estimación de tiempos necesarios para disminuir el flujo de carbono depositado hasta 1 gC/m<sup>2</sup>/día.**

Estimación	Tiempo (días)
Optimista	30,70
Conservadora	153,47

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis general de los resultados obtenidos, se puede advertir que el tiempo más conservador estimado y en el cual se podría reducir el flujo de carbono depositado en el lecho hasta 1 gC/m<sup>2</sup>/día sería cercano a 5,1 meses.

Este plazo determinado, es un indicador de que los procesos de depositación no son permanentes, es decir, se pueden revertir luego de un determinado tiempo de finalizadas las operaciones del CES. Lo anteriormente mencionado corresponde a una evidencia numérica de que los procesos actúan en una ventana de tiempo acotada, es decir, tienen un inicio y un término que se puede estimar, por lo cual, en el lecho, los efectos no serían acumulativos.

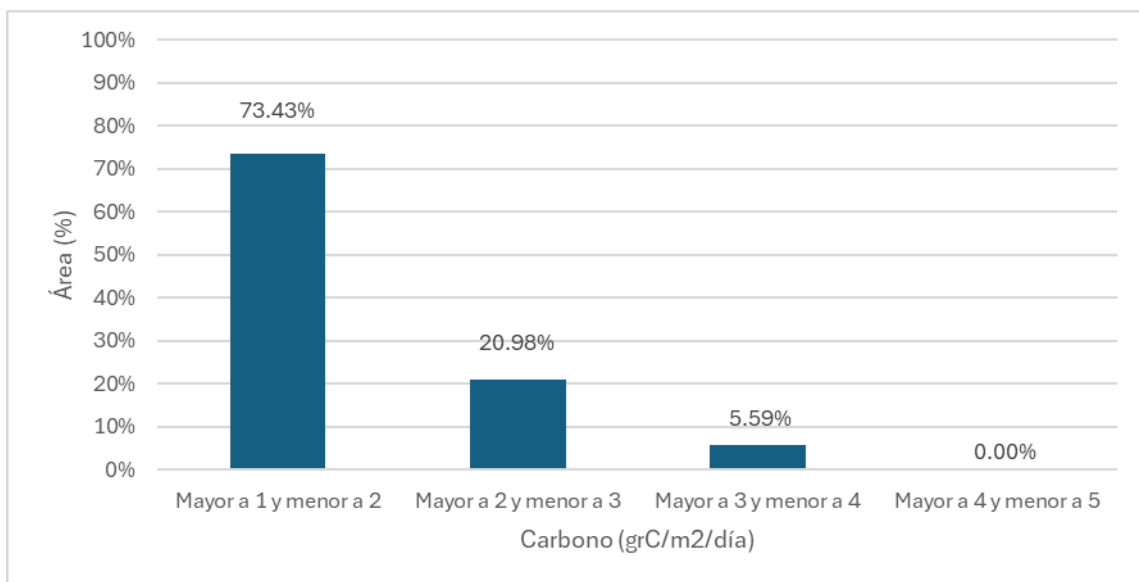
### 9.3 Tasas de Depositación con RCA

Para abordar las observaciones contenidas en particular en los Considerando N° 1 de la Res. Ex. N°2/ROL D-041-2024, mediante la configuración y explotación del modelo numérico NewDepomod, Blumar estimó el comportamiento del flujo de carbono, sus tasas de depositación y consecuentemente el área de influencia esperada debido al proceso de alimentación.

Los detalles de la configuración del modelo numérico, las forzantes aplicadas, el procesamiento de la información y otros aspectos fundamentales, pueden ser consultados en el Anexo A, en el cual se ha incorporado íntegramente el informe elaborado por Blumar.

A partir de sus resultados, se ha construido la Figura 9.5, en la cual se muestra el área de depositación de partículas estimada a partir del flujo de carbono diario. De ella el área estimada con valores por sobre 1 gC/m<sup>2</sup>/día asciende a 89.375 m<sup>2</sup>, donde el 73,43% de esta área queda dentro de la concesión, mientras que su valor máximo llegó a los 3.46 gC/m<sup>2</sup>/día.

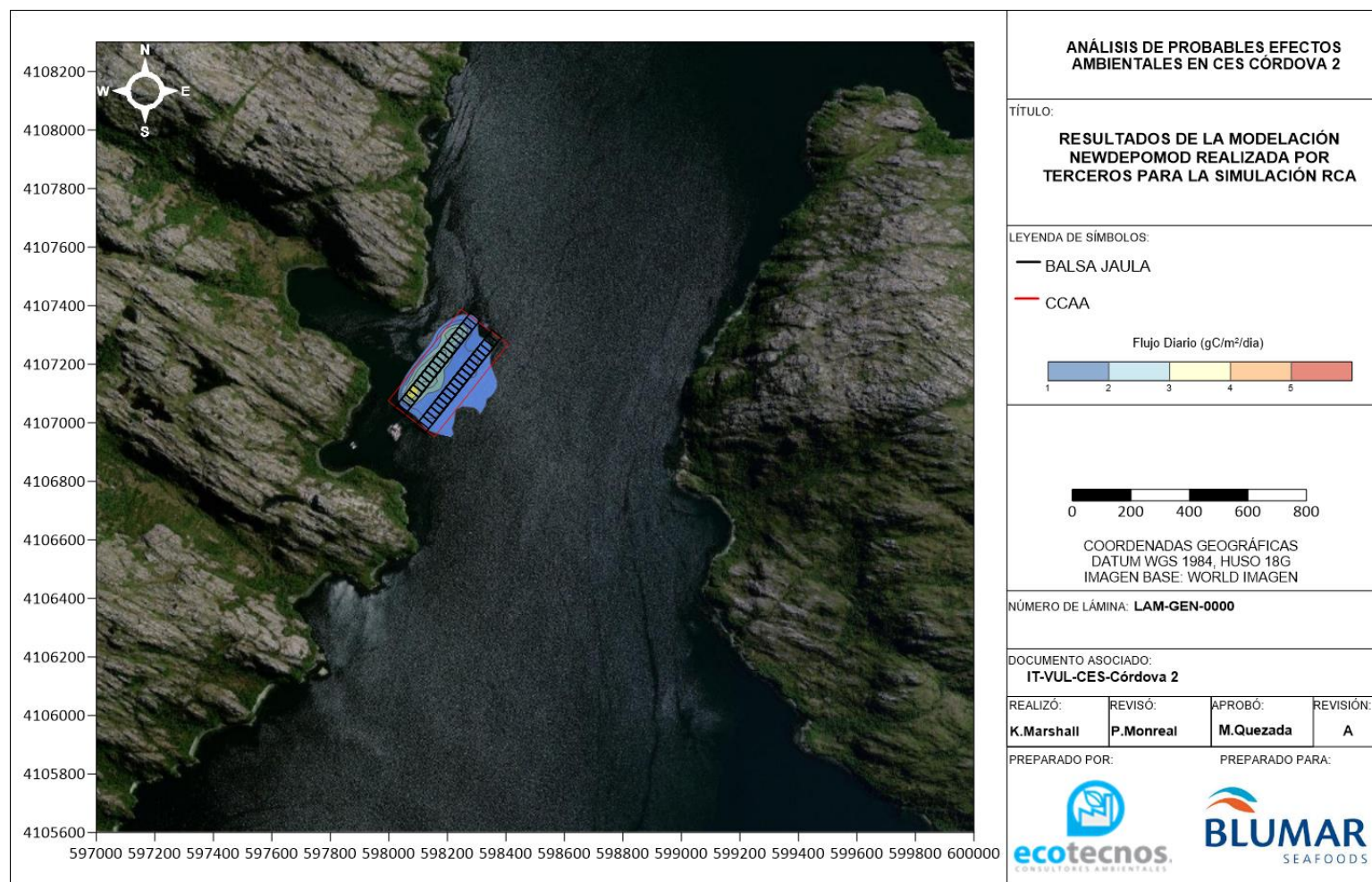
La distribución del porcentaje de cobertura de cada uno de los rangos de flujo diario de carbono, dentro del área de influencia, se ilustra en la Figura 9.4. De ella se puede calcular que el 100% del área de depositación es igual o inferior a 5 gC/m<sup>2</sup>/día.



Fuente: Informe Blumar.

**Figura 9.4: Rangos de % de cobertura respecto al área total sedimentada con RCA.**





Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9.5: Zona de depositación de flujo diario de carbono obtenida por terceros mediante modelación NewDepomod, para el escenario con sobreproducción advertido durante RCA.**

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	60
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Los rangos de sedimentación de Carbono obtenidos en la modelación corresponden a aquellos indicados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en el documento “Experiencia internacional en el uso del Depomod para acuicultura” (2013), que en su Tabla N°2 presenta las tasas de deposición de Carbono y su efecto sobre el sedimento marino, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 9.3: Tasas de deposición de Carbono y efectos sobre el sedimento marino.**

Clasificación sitio	Tasa de deposición de Carbono (grC/m²/día)	Efecto sobre sedimento marino
Óxido A	<1.0	Bajo efecto
Óxido B	1.0-2.0	Bajo efecto
Hipóxido A	2.0-5.0	Puede causar efectos adversos
Hipóxido B	5.0-7.5	Probables efectos adversos
Hipóxido C	7.5-10.0	Causa efectos adversos
Anóxico	>10.0	Causa severos daños

Fuente: Informe IFOP, 2013. Tabla N°2.

De los resultados se observa que en ambos módulos existen sitios tipo Hipóxido A (sin llegar a los 5 gr C/m²/día), encontrándose al interior de la concesión, casi al centro de esta. Cabe señalar que, del área de deposición, nunca se supera la barrera de 5 gr C/m²/día, a partir del cual se podrían generar efectos.

Según estudios realizados por Hargrave & Phillips (1989), el decaimiento del carbón orgánico puede ser modelado como una ecuación de decaimiento de primer orden, de tal modo que:

$$\frac{dC}{dt} = -k$$

Donde

*C*: Carbono depositado en los sedimentos desde el funcionamiento del centro.

*t*: Tiempo.

*k*: Coeficiente de decaimiento.

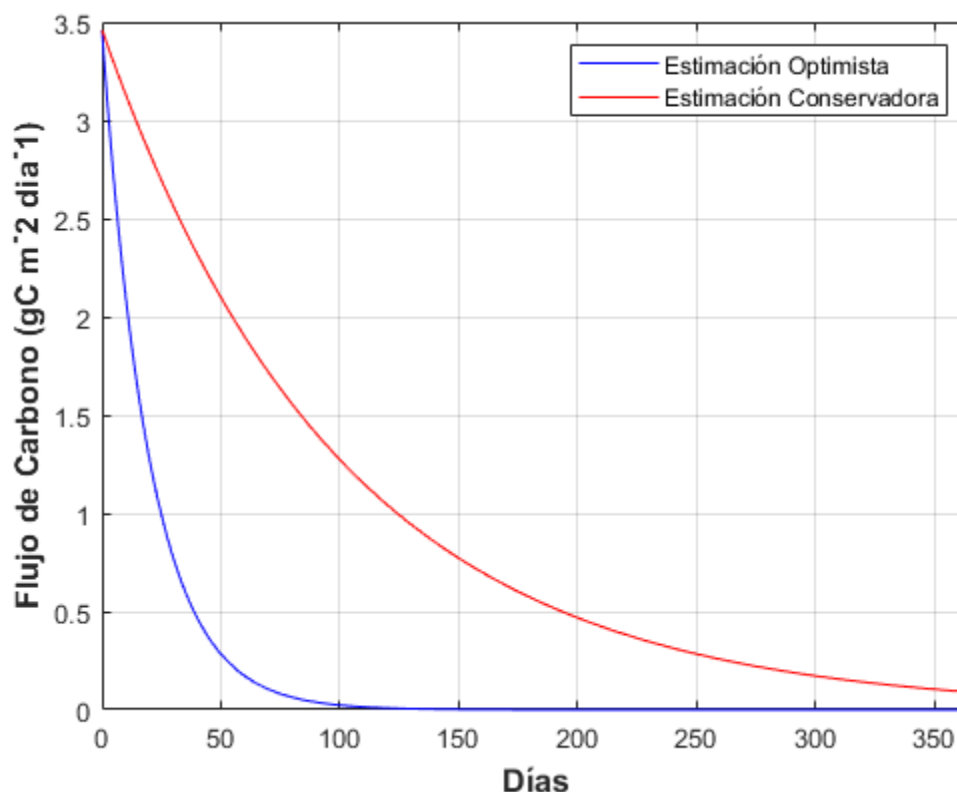
Dado que a partir de la operación del centro se espera la depositación de carbón orgánico total, que corresponde a aquella fracción que aún tiene energía disponible y consecuentemente es demandada por bacterias o el mismo bentos que pueda existir en el lugar.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	61
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Esta disponibilidad de carbono orgánico total en el lecho, se transforma en una fuente adicional de alimento y por lo tanto, su demanda por las bacterias y eventualmente el bentos que se encuentra en el medio y la inexistencia del aporte antrópico generado por la operación del centro (debido a que se está en periodo de descanso), producen que en el tiempo la disponibilidad comience a disminuir paulatinamente, siendo esto asimilable en mayor proporción a un proceso lábil que a uno refractario, desde un punto de vista químico. Es decir, que el decaimiento del contenido de carbono orgánico total en los sedimentos, tienen a disminuir en el tiempo y lo hará según una ecuación de primer orden tal como comenta Hargrave & Phillips (1989).

Basado en lo anterior y según la información reportada por Hargrave & Phillips (1989), los coeficientes de decaimiento del carbono orgánico en una fase que tiende a ser lábil, se estiman entre  $1/20$  a  $1/100 \text{ día}^{-1}$ , de tal modo que aplicando dichos coeficientes al valor máximo reportado según el informe de modelación numérica NewDepomod, se obtienen el decaimiento de primer orden mostrado en la Figura 9.3.

Empleando los resultados del modelo de decaimiento, se han estimado los tiempos necesarios para alcanzar un valor de  $1 \text{ gC/m}^2/\text{día}$  siendo estos resumidos en la Tabla 9.2 y alcanzando valores entre 24,83 hasta 124,13 según las estimaciones optimistas y conservadoras, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9.6: Decaimiento del carbono orgánico depositado en los sedimentos.**

**Tabla 9.4: Estimación de tiempos necesarios para disminuir el flujo de carbono depositado hasta 1 gC/m²/día**

Estimación	Tiempo (días)
Optimista	24,83
Conservadora	124,13

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis general de los resultados obtenidos, se puede advertir que el tiempo más conservador estimado y en el cual se podría reducir el flujo de carbono depositado en el lecho hasta 1 gC/m²/día sería cercano a 4,1 meses.

Este plazo determinado, es un indicador de que los procesos de depositación no son permanentes, es decir, se pueden revertir luego de un determinado tiempo de finalizadas las operaciones del CES. Lo anteriormente mencionado corresponde a una evidencia numérica

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	63
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

de que los procesos actúan en una ventana de tiempo acotada, es decir, tienen un inicio y un término que se puede estimar, por lo cual, en el lecho, los efectos no serían acumulativos.

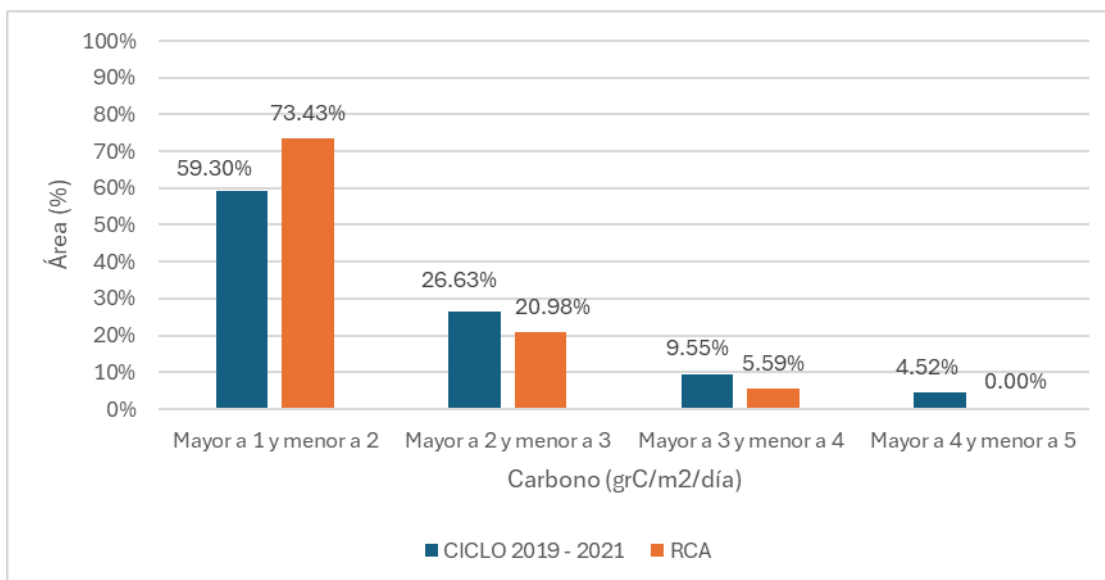
## 9.4 Comparación de comportamientos

Como resultados de comparación, se muestra en la Figura 9.7 las áreas obtenidas para cada escenario de simulación, asociadas por rango de flujo de carbono en el lecho. De ella se puede advertir como el escenario en RCA tiene mayores áreas para flujos de menor cuantía y menos áreas para flujos de mayor magnitud, al compararlo con la condición de sobreproducción.

Porcentualmente, se logra advertir diferencias en las distribuciones de las áreas entre ambos escenarios, lo cual es de esperar dadas las diferencias en los flujos. Sin embargo, para cuantificar de mejor manera los resultados se ha elaborado la Tabla 9.5 que contrasta el flujo másico, área de influencia y tiempo de decaimiento (optimista y conservador), para cada uno de los escenarios modelados.

De la comparación de los resultados se logra advertir que el flujo de carbono no supera en ninguna de las dos modelaciones los 5 gC/m<sup>2</sup>/día. En el caso del área la diferencia sería de 35000 m<sup>2</sup> y los tiempos optimistas se diferenciarían en 5,87 días, mientras que los conservadores en 29,34 días.

Los resultados comparativos indican que, si bien hay diferencias entre los escenarios simulados, no implica necesariamente un mayor efecto en el medio marino, tal como se ha mostrado en base de los estudios anteriormente mostrados. Como se indicó, los procesos de depositación en ambos escenarios no son permanentes, es decir, se pueden revertir luego de un determinado tiempo de finalizadas las operaciones del CES.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9.7: Comparación de los rangos de % de cobertura respecto al área total sedimentada.**

La comparación entre el tiempo de decaimiento conservadora entre ambos esquemas de producción alcanzaría los **29,34 días**.

**Tabla 9.5: Comparación de los resultados de los escenarios modelados**

Indicador	Sobreproducción	RCA	Diferencia
Flujo máximo de Carbono (gC/m <sup>2</sup> /día)	4,64	3,46	1,18
Área de influencia (m <sup>2</sup> )	124.375	89.375	35000
Tiempo Optimista de Decaimiento (días)	30,70	24,83	5,87
Tiempo Conservador de Decaimiento (días)	153,47	124,13	29,34

Fuente: Elaboración propia.



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	65
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 9.5 COLUMNA DE AGUA

### 9.5.1 Antecedentes Bibliográficos de Nutrientes en Agua de Mar

La concentración y la dinámica de los nutrientes en la zona de los fiordos de la Patagonia Chilena ha sido estudiada en varias ocasiones, encontrándose que se trata de una zona de altos gradientes verticales y horizontales, debido al alto aporte de agua dulce proveniente de los ríos, rica en silicio, pero pobre en nitrógeno y fósforo, así como un aporte importante de aguas oceánicas provenientes de la Corriente Circumpolar Antártica (Iriarte *et al.* 2014, Pantoja *et al.* 2010). Estas dos influencias generan un patrón estacional con un predominio de aguas de origen continental pobres en nutrientes durante el invierno, y un mayor aporte de aguas oceánicas ricas en nutrientes durante el verano, época en que se concentra la mayor productividad primaria.

Dado que los intensos gradientes de temperatura y salinidad encontrados en las aguas de los fiordos patagónicos imponen una limitación a la mezcla vertical, y que la producción primaria está determinada por el fitoplancton que se encuentra restringido a la capa superficial, la magnitud de la producción primaria estaría determinada por el aporte de nutrientes desde la capa profunda de origen marino, estando así la actividad biológica determinada por las condiciones hidrográficas de mezcla vertical en la columna de agua, generando capas de concentración distintas entre superficie y fondo, e incluso estratos intermedios, que de cualquier forma son dinámicos.

En este contexto, Silva (2006) muestra que para los canales de la Patagonia Chilena, la distribución de nutrientes inorgánicos (nitrato y fósforo) se encuentra dividida en dos compartimentos principales, uno superficial ubicado de 0 a 30-50 m de profundidad, donde se hallan concentraciones de nitrato de entre 0,0 y 0,49 mg/L, y de fósforo de entre 0,0 a 0,078 mg/L, seguido de una capa profunda que se encuentra a más de 75 m de profundidad, donde se observan concentraciones de nitrato de entre 0,77 y 1,49 mg/L, y concentraciones de entre 0,114 y 0,228 mg/L de fósforo. Del mismo modo, Pantoja *et al.* (2010) muestran para la zona de los fiordos de la Patagonia Norte, valores de nitrato superficial (0 a 25 m) que oscilan entre 0,53 a 0,68 mg/L, y de fósforo superficial que varían entre 0,097 y 0,114 mg/L, mientras que la capa profunda, por debajo de 50 m de profundidad, presentaría valores promedio de 0,15 mg/L de fósforo.

Los resultados más recientes presentados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP, 2019), muestran valores de nitrato y fósforo en el canal de Costa y Moraleda, de 0,74 y 0,12 mg/L respectivamente en el estrato superficial y de 1,09 y 0,15 mg/L respectivamente en el fondo<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Se considera un promedio de los datos superficiales y de fondo de nitrato y fósforo presentes en los esquemas de resultados para cada periodo analizado y para las estaciones que representan el canal de Moraleda (14) y de Costa (34). Información

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	66
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Para determinar las concentraciones de nitrógeno y fósforo, se puede considerar a los nutrientes nitrato y fosfato como los principales, dado que se asume que el medio ambiente se encuentra dominado por la fotosíntesis y la respiración aeróbica, como procesos principales de producción y remineralización de la materia orgánica. Esto, ajustado al modelo de Redfield, genera un equilibrio entre el nitrato y el fosfato con el nitrógeno y el fósforo en forma orgánica. Además, tal cual se mencionó anteriormente, la productividad está regulada por el aporte de nutrientes desde la capa profunda hacia la capa superficial, la que se encuentra limitada por los gradientes de temperatura y salinidad entre la capa superficial y la profunda, de modo que las concentraciones de nitrato y fosfato son las que regulan la producción primaria.

### 9.5.2 Aspectos Generales

Una de las principales interacciones ambientales referidos a los sistemas de cultivo de especies ícticas, es el posible efecto generado por la alimentación de los peces en CES. Dicha interacción se generaría, principalmente, por el aporte de nutrientes al medio acuoso y sedimentario a través de la materia orgánica particulada en forma de *pellets* de alimento no consumido por los peces y materia fecal, así como en forma de nutrientes inorgánicos relacionado con la excreción de sustancias a través de la orina y las agallas de los peces (Olsen & Olsen 2008).

La eficiencia del proceso de alimentación de los peces es uno de los temas más importantes para la industria de la salmonicultura, tanto por el coste del alimento, que representa una parte importante del costo total de producción, como por los posibles efectos ambientales de la acumulación del alimento no consumido en el medio ambiente (Olsen et al. 2008). La eficiencia de los procesos de alimentación depende de una serie de variables, como el tipo y calibre del alimento suministrado, las condiciones ambientales estacionales y la dinámica de la zona donde se emplaza el centro de cultivo (Wang et al. 2012). En los últimos años, los sistemas de cultivo han realizado esfuerzos para mejorar la eficiencia del proceso de alimentación, dada la alta demanda de proteína de pescado a nivel mundial (FAO 2006), así como la creciente preocupación por los efectos ambientales de este tipo de actividades. En particular, para este análisis se indica que la pérdida de alimento como Alimento No Consumido (ANC) alcanza como máximo un 1% del alimento suministrado, de acuerdo con los estudios permanentes que realiza el titular del proyecto en sus centros de cultivo.

Para estimar y evaluar la liberación de nutrientes desde las jaulas de cultivo, es necesario establecer un balance de masas, que represente cada una de las vías del proceso de alimentación de los salmónidos. Este proceso puede ser representado de manera esquemática como se muestra en la Figura 9.8.

---

disponible en el informe del IFOP (2019): "Modelación de Alta Resolución Aplicada al Transporte Hidrodinámico, en la región de Aysén".



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	67
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

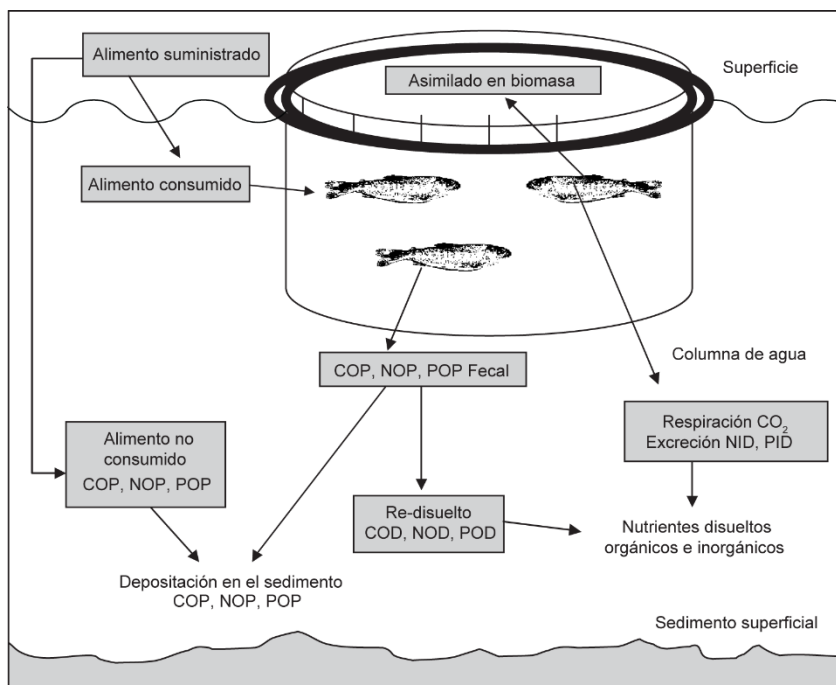
Del alimento suministrado a los peces, una fracción no es consumida, por lo que pasa directamente a depositarse en el sedimento marino. Una parte de este Alimento No Consumido (ANC) es solubilizada en la columna de agua, por lo que una parte de los nutrientes contenidos en el alimento pasan a formar parte de los nutrientes orgánicos disueltos (Nitrógeno Orgánico Disuelto, NOD, y Fósforo Orgánico Disuelto POD). Por otro lado, parte del alimento es eliminado por los peces en forma de materia fecal, la cual contribuye al material orgánico particulado que se deposita en el sedimento. Del mismo modo que el ANC, parte de los nutrientes contenidos en la materia fecal son solubilizados en la columna de agua pasando a formar parte de los nutrientes orgánicos disueltos (NOD y POD). Chen *et al.* (2003) indica que el 15% del nitrógeno contenido en la materia orgánica particulada (ANC y materia fecal) es resolubilizado al ambiente en forma de NOD, mientras que, en el caso del fósforo, Sugiura *et al.* (2006) indica que el 15% de este elemento es resolubilizado en forma de POD.

Por otro lado, del Alimento Consumido (AC), una parte es asimilado por los peces, mientras que el resto es eliminado a través de la materia fecal. En el caso particular de los nutrientes, la Eficiencia de Asimilación (EA) para cada elemento es diferente, estimándose que un 85% del nitrógeno consumido en el alimento es asimilado en la biomasa (Wang *et al.* 2012), mientras que para el fósforo la EA alcanza un 50% (Reid *et al.* 2009, Bureau *et al.* 2003).

De los nutrientes asimilados por los peces, una parte es incorporado a la biomasa de estos a través de su proceso de crecimiento y engorda, mientras que el resto es excretado a través de la orina y las agallas. La proporción de nutrientes que es incorporado en la biomasa es expresada como la Eficiencia de Crecimiento (EC), que para el caso del nitrógeno ha sido estimada en un 38% y en el caso del fósforo alcanza un 30 % (Wang *et al.* 2012).

Mediante este modelo conceptual, es posible estimar el aporte neto de nitrógeno y fósforo a la columna de agua como nutrientes disueltos, así como el aporte neto de nutrientes a los sedimentos en forma de materia orgánica particulada.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	68
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	



Fuente: Wang et al. (2012)

COP: carbono orgánico particulado. NOP: nitrógeno orgánico particulado, POP: fósforo orgánico particulado;  
COD: carbono orgánico disuelto. NOD: nitrógeno orgánico disuelto, POD: fósforo orgánico disuelto; NID:  
nitrógeno inorgánico disuelto, PID: fósforo inorgánico disuelto.

**Figura 9.8: Flujo y destino de los nutrientes en un CES.**

### 9.5.3 Antecedentes del Centro

Abordando la observación contenida en las Res. Ex. Nº2 /ROL D-041-2024, como parte del proceso de engorda de los salmónidos en los CES, es necesario el suministro de alimentos al medio marino, del cual una fracción significativa es capturada por los ejemplares y otra de menor cuantía no es consumida.

Cada uno de los tipos de alimentos que se suministran, tiene según el productor un contenido energético y de nutrientes que se incorporan al salmón mediante su metabolismo y generan consecuentemente su crecimiento y engorda.

Las estimaciones del aporte de nutrientes a la columna de agua a partir del alimento suministrado a los peces de cultivo se realizaron utilizando los datos de cantidad de alimento suministrado para ciclo 2019-2021, en conjunto con parámetros y/o coeficientes entregados por el titular en base a la operación histórica del CES y respaldados por bibliografía especializada. Las características productivas y operativas del centro se presentan de manera resumida en la Tabla 9.6 .

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	69
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.6: Información productiva y operativa del ciclo 2019 – 2021.**

Parámetro	Valor considerado
Producción (Ton)	8.447
Número de jaulas	16
Tipo de jaulas	Cuadrada
Dimensión de jaulas (m)	40 x 40
Profundidad (m)	20
Duración ciclo productivo (meses)	22

Fuente: Anexo A.

El alimento suministrado para producir la biomasa proyectada fue calculado para la modelación NEW DEPOMOD® (incorporada en el Anexo A), a través del modelo de “Coeficiente de Crecimiento Térmico (TGC)” (Cho & Bureau 1998, Cho 2004), el cual estima el crecimiento mensual de los peces a través de la Función de Coeficiente de Crecimiento y la Tasa de Coeficiente de Crecimiento Térmicos por ciclo. Es importante destacar que esta información fue computada y proporcionada por el mandante Blumar, y en base a este cómputo de esta consultora Ecotecnos la ha empleado como valor de ingreso al balance de masa que se describe en las siguientes secciones del documento.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	70
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.7: Cantidad de alimento a suministrar a los peces ciclo 2019-2021.**

Mes	Días	Alimento suministrado (kg/día)	Alimento suministrado proyectado (kg/día)
1	28	849.323	273.821
2	31	2371.742	2412.645
3	30	3944.967	4329.700
4	31	6500.355	5406.968
5	30	9429.667	5497.300
6	31	9128.129	5993.548
7	31	10933.935	5661.258
8	30	18986.643	6285.533
9	31	27856.194	7371.323
10	30	30082.000	8775.167
11	31	25967.903	11724.452
12	31	25855.600	17275.484
13	28	21381.355	24490.786
14	31	24274.903	25367.226
15	30	22727.000	21336.300
16	31	14964.258	17681.903
17	30	14043.600	14455.733
18	31	11896.452	13805.387
19	31	10115.000	6380.097
20	30	1855.143	2006.600

Fuente: Estimado a través del modelo de coeficiente de crecimiento térmico (TGC) (Cho & Bureau 1998, Cho 2004).

De acuerdo con los antecedentes provistos desde el diseño operacional del CES, el ciclo de engorda de los salmones se desarrolla en un plazo de 20 meses, los que según la proyección de mortalidad y crecimiento irá alcanzando las tallas de cosecha según lo mostrado en la Tabla 9.8 .

**Tabla 9.8: Proyección de los tamaños promedio de los salmones durante el ciclo productivo 2019-2021.**

Mes	Días	Peso promedio (g)	Peso promedio proyectado (g)
1	28	154	216
2	31	190	285
3	30	239	418
4	31	343	588
5	30	509	752
6	31	704	934
7	31	967	1104
8	30	1253	1284
9	31	1730	1499
10	30	2311	1744
11	31	2854	2076
12	31	3314	2555
13	28	3810	3153
14	31	4233	3821
15	30	4666	4352
16	31	5111	4798
17	30	5363	5147
18	31	5575	5487
19	31	6502	5596
20	30	6147	0

Fuente: Estimado a través del modelo de coeficiente de crecimiento térmico (TGC) (Cho & Bureau 1998, Cho 2004).

Según la pauta de alimentación declarada, se ha informado que el calibre de alimento suministrado de acuerdo con el peso de los salmones tal como se indica en la Tabla 9.9.

**Tabla 9.9: Calibre del alimento, según rango de pesos de los salmones.**

Rango de peso (g)	Calibre (mm)
100 – 200	4
200 – 500	6
> 500	9

Fuente: Definida por el proveedor de alimentos.

### 9.5.4 Formulación Matemática

La formulación del balance de masas de los nutrientes suministrados en el alimento a un sistema de cultivo, y que se describe en la sección anterior, se detalla en Wang *et al.* (2012) y en las referencias citadas en dicha publicación científica.

Como ya se señaló, del Alimento Suministrado (AS), una parte se pierde en el sedimento en forma de Alimento No Consumido (ANC). De esta forma, el Alimento Consumido puede ser expresado como:

$$AC = AS \times (1 - fp)$$

Mientras que el alimento no consumido puede ser determinado como:

$$ANC = AS * fp$$

Donde *fp* representa el factor de pérdida, que ha sido estimado como máximo en 0,5 % (0,005).

La cantidad de nutrientes consumidos por los peces en el alimento puede ser determinado conociendo el contenido de estos en el alimento suministrado, el cual, de acuerdo con lo señalado en información referencial del alimento para cada dieta entregada por el proveedor de alimento se expone en la Tabla 9.10.

**Tabla 9.10: Cantidad (%) de nitrógeno y fósforo consumidos por lo peces según los distintos calibres considerados por el titular del proyecto junto al promedio determinado entre ellos.**

Nutriente	Unidad	Calibres				Promedio
		4	6	9	12	
Nitrógeno en el alimento	% N	7,78	7,42	6,32	6,24	6,94
Fósforo en el alimento	% P	1,30	1,10	1,00	0,68	1,02

Fuente: Construida a partir de información proporcionada por el proveedor de alimentos.

De este modo, el balance general para cada uno de los nutrientes (nitrógeno y fósforo) puede ser expresado en la siguiente ecuación:

$$AC_i = F_i + AD_i = F_i + B_i + E_i$$

Donde:

- $AC_i$ : Nutriente ( $i$ ) en el alimento consumido (kg/día)
- $F_i$ : Nutriente ( $i$ ) eliminado mediante fecas (kg/día)
- $AD_i$ : Nutriente ( $i$ ) asimilado por los peces (kg/día)
- $B_i$ : Nutriente ( $i$ ) incorporado a la biomasa (kg/día)
- $E_i$ : Nutriente ( $i$ ) eliminado mediante excreción (kg/día)

La proporción de nutrientes asimilados por los peces e incorporados a la biomasa, están determinados por la Eficiencia de Asimilación (EA) y la Eficiencia de crecimiento (EC), respectivamente, las cuales se puede expresar mediante las siguientes ecuaciones:

$$EA_i = \frac{AD_i}{AC_i}$$

$$EC_i = \frac{B_i}{AC_i}$$

De este modo, es posible determinar el valor de los nutrientes incorporados en la biomasa ( $B_i$ ) conociendo el valor de  $AC_i$ , y el valor de la eficiencia de crecimiento ( $EC_i$ ). Este último puede ser determinado mediante la productividad del centro, y el análisis del contenido de nitrógeno y fósforo en los peces, sin embargo, para efectos de este balance, se utilizaron los valores de eficiencia de crecimiento proporcionados por Wang *et al.* (2012) correspondientes a 0,39 y 0,31 para nitrógeno y fósforo, respectivamente.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	74
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Asimismo, los nutrientes eliminados a través de las fecas y de la excreción, pueden ser determinados mediante las ecuaciones:

$$F_i = AC_i \times (1 - EA_i)$$

$$E_i = (AC_i \times EA_i) - B$$

Mediante estas expresiones, es posible determinar la cantidad de nutrientes liberados al medio marino, de acuerdo con el modelo conceptual presentado en la Figura 9.8. Estos valores se obtienen de las siguientes expresiones:

$$NA_i = (F_i \times fs) + (ANC_i \times fs) + E_i$$

$$NS_i = F_i \times (1 - fs) + ANC_i \times (1 - fs)$$

Donde  $NA_i$  y  $NS_i$  corresponden al aporte neto de nutrientes (nitrógeno y fósforo) a la columna de agua y el sedimento marino, respectivamente, y  $fs$  corresponde al factor de solubilidad de los nutrientes orgánicos (NOD y POD), el cual ha sido estimado por Chen *et al.* (2003) y Sugiura *et al.* (2006) para nitrógeno y fósforo, respectivamente, siendo en ambos casos de 0,15.

La Tabla 9.11 muestra un resumen de los parámetros obtenidos de la literatura científica o de información proporcionada por el proveedor de alimentos, y utilizados en el balance de masas.

**Tabla 9.11: Parámetros de entrada para el balance de masas.**

Parámetro	Valor	Expresión	Referencia
Nitrógeno en alimento suministrado	(1)	---	Datos proporcionados por proveedor de alimento
Fósforo en AS	(1)	---	
factor de pérdida (alimento no consumido)	0,005	$fp$	Datos proporcionados por proveedor de alimento
Eficiencia asimilación de nitrógeno	0,85	$EA_N$	Wang <i>et al.</i> (2012)
Eficiencia de crecimiento para nitrógeno	0,39	$EC_N$	Wang <i>et al.</i> (2012)
Eficiencia asimilación de fósforo	0,50	$EA_P$	Reid <i>et al.</i> (2009), Bureau <i>et al.</i> (2003)
Eficiencia de crecimiento para fósforo	0,31	$EC_P$	Wang <i>et al.</i> (2012)
Fracción soluble (nitrógeno y fósforo)	0,15	$fs$	Chen <i>et al.</i> (2003)

Fuente: Elaboración Propia.

(1) Valores expuestos en la Tabla 9.10 para los respectivos calibres considerados



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	75
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Para llevar a cabo el balance de masas se utilizaron los valores de suministro de alimentos que se muestran en la Tabla 9.7, calculado para la modelación NewDepomod® presentada por el mandante, de acuerdo con la biomasa proyectada en el ciclo productivo.

Es necesario señalar que para realizar el balance de masas se consideraron los siguientes supuestos:

- Se consideraron condiciones estacionarias durante todo el ciclo productivo.
- No se consideró el alimento consumido por la fauna íctica silvestre, tanto dentro como fuera de las jaulas.
- No se consideró la incorporación de nutrientes por el desarrollo de macroalgas y moluscos (fouling) en las jaulas durante el proceso productivo.
- No se consideró el aporte de nutrientes propios de la dinámica interna del medio circundante (producción fotosintética-respiración) ya que estos se encuentran dentro del reciclaje de nutrientes propio del sistema donde se encuentran las jaulas.

### 9.5.5 Resultados de Nutrientes en Columna de Agua

El balance de masa presentado a continuación, es una herramienta que permite obtener información vital de los procesos biogeoquímicos de los nutrientes a partir de la información nutricional en base a cuatro calibres, en los cuales, el contenido de nitrógeno y fósforo es variable, según su suministro a los ejemplares de *Salmo salar* de acuerdo al peso de estos. La información suministrada se hizo bajo el supuesto de que un solo calibre se aplicó durante todo el ciclo productivo, sin considerar que los calibres de alimento van variando a lo largo del ciclo, esto como una primera aproximación, pues para estimar el aporte esperado en sobreproducción se simula el aporte efectivo al medio marino.

Desde la Tabla 9.12 a la Tabla 9.15 se muestran los valores de nitrógeno y fósforo liberados al medio marino, ya sea en forma disuelta o particulada en kg/día, a partir de las cantidades de alimento de la producción proyectada para los cuatro calibres (4, 6, 9 y 12). Dado que el balance de masas supone que las condiciones en la concesión son estacionarias, la liberación de nutrientes varía en forma lineal con el alimento suministrado.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	76
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.12: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para ciclo productivo 2019- 2021 considerando los valores nutricionales del calibre 4.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	31	31,772	2,920	8,664	4,716
2	30	88,725	8,153	24,193	13,169
3	31	147,578	13,561	40,241	21,905
4	30	243,173	22,345	66,307	36,094
5	31	352,756	32,415	96,188	52,359
6	31	341,476	31,378	93,112	50,685
7	28	409,029	37,586	111,532	60,712
8	31	710,274	65,267	193,674	105,426
9	30	1042,077	95,756	284,149	154,675
10	31	1125,342	103,408	306,853	167,034
11	30	971,437	89,265	264,887	144,190
12	31	967,236	88,879	263,741	143,566
13	31	799,858	73,499	218,102	118,723
14	30	908,104	83,446	247,617	134,789
15	31	850,198	78,125	231,828	126,195
16	30	559,800	51,440	152,644	83,091
17	31	525,359	48,275	143,252	77,979
18	31	445,036	40,894	121,350	66,057
19	29	378,394	34,771	103,179	56,165
20	31	69,399	6,377	18,923	10,301

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	77
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.13: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo 2019-2021 considerando los valores nutricionales del calibre 6.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	31	30,302	2,470	8,263	3,990
2	30	84,619	6,899	23,074	11,143
3	31	140,749	11,475	38,379	18,535
4	30	231,921	18,907	63,239	30,541
5	31	336,433	27,428	91,737	44,304
6	31	325,675	26,551	88,803	42,887
7	28	390,103	31,803	106,371	51,372
8	31	677,408	55,226	184,712	89,206
9	30	993,857	81,025	271,000	130,879
10	31	1073,270	87,499	292,654	141,337
11	30	926,487	75,532	252,630	122,007
12	31	922,480	75,206	251,537	121,479
13	31	762,847	62,191	208,010	100,458
14	30	866,083	70,608	236,160	114,053
15	31	810,857	66,105	221,101	106,780
16	30	533,897	43,526	145,580	70,308
17	31	501,050	40,848	136,624	65,982
18	31	424,443	34,603	115,735	55,894
19	29	360,884	29,421	98,404	47,524
20	31	66,188	5,396	18,048	8,716

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	78
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.14: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo 2019-2021 considerando los valores nutricionales del calibre 9.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	31	25,810	2,246	7,038	3,628
2	30	72,075	6,271	19,653	10,130
3	31	119,883	10,431	32,689	16,850
4	30	197,539	17,189	53,864	27,765
5	31	286,557	24,934	78,137	40,276
6	31	277,394	24,137	75,639	38,989
7	28	332,271	28,912	90,602	46,702
8	31	576,984	50,205	157,329	81,097
9	30	846,520	73,659	230,825	118,981
10	31	914,160	79,544	249,269	128,488
11	30	789,137	68,666	215,178	110,915
12	31	785,724	68,369	214,248	110,436
13	31	649,756	56,538	177,173	91,325
14	30	737,688	64,189	201,149	103,684
15	31	690,649	60,096	188,323	97,073
16	30	454,748	39,569	123,998	63,916
17	31	426,770	37,135	116,370	59,984
18	31	361,520	31,457	98,578	50,813
19	29	307,384	26,747	83,816	43,204
20	31	56,376	4,905	15,372	7,924

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	79
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.15: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo 2019-2021 considerando los valores nutricionales del calibre 12.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	31	25,483	1,527	6,949	2,467
2	30	71,162	4,265	19,404	6,889
3	31	118,366	7,093	32,275	11,458
4	30	195,038	11,688	53,182	18,880
5	31	282,930	16,955	77,148	27,388
6	31	273,883	16,413	74,681	26,512
7	28	328,065	19,660	89,455	31,757
8	31	569,680	34,140	155,338	55,146
9	30	835,804	50,088	227,903	80,907
10	31	902,588	54,090	246,113	87,372
11	30	779,148	46,693	212,454	75,422
12	31	775,778	46,491	211,536	75,096
13	31	641,532	38,446	174,930	62,101
14	30	728,351	43,648	198,603	70,505
15	31	681,907	40,865	185,939	66,009
16	30	448,991	26,907	122,429	43,463
17	31	421,368	25,252	114,897	40,789
18	31	356,944	21,391	97,330	34,553
19	29	303,493	18,188	82,755	29,379
20	31	55,662	3,336	15,178	5,388

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	80
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Considerando la fracción disuelta como principal interés de este capítulo, dado que previamente se discutió en extenso el efecto sobre los sedimentos, los resultados del modelo de crecimiento promedio de los ejemplares que se ha descrito en la Tabla 9.8 y la dieta recomendada (calibre del *pellet*) por el fabricante de alimentos según tamaño y que se ha descrito en la Tabla 9.9, se han obtenido los resultados presentados en la Tabla 9.16.

Sobre el flujo másico efectivo computado, y considerando las condiciones de corrientes indicadas en el Anexo A y la sección de cada balsa jaula (área lateral), se puede estimar la concentración mediante la siguiente expresión:

$$Q = A_l U$$

$$C = \frac{F_m}{Q}$$

Donde:

- $Q$ : Caudal volumétrico.
- $A_l$ : Área lateral de la balsa jaula.
- $U$ : Velocidad del flujo.
- $C$ : Concentración volumétrica.
- $F_m$ : Flujo másico de nitrógeno o fósforo.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	81
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.16: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua según el crecimiento y dieta efectiva suministrada durante el ciclo 2019-2021.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)
1	31	31,772	2,920
2	30	88,725	8,153
3	31	147,578	13,561
4	30	231,921	18,907
5	31	336,433	27,428
6	31	325,675	26,551
7	28	332,271	28,912
8	31	576,984	50,205
9	30	835,804	50,088
10	31	902,588	54,090
11	30	779,148	46,693
12	31	775,778	46,491
13	31	641,532	38,446
14	30	728,351	43,648
15	31	681,907	40,865
16	30	448,991	26,907
17	31	421,368	25,252
18	31	356,944	21,391
19	29	303,493	18,188
20	31	55,662	3,336

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	82
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

A modo de incorporar la variabilidad de las corrientes en el entorno de la jaula, se consideró el valor promedio en las capas como valor representativo y la media menos una desviación estándar como condición crítica, dado que menor velocidad implica menor caudal y consecuentemente, mayor concentración en el medio marino, construyendo de esta manera un escenario conservador.

Las concentraciones disueltas de nitrógeno y fósforo para el ciclo 2019-2021, expresadas como concentración se resumen en la Tabla 9.17, en la cual se han destacado en negrita los valores máximos de cada nutriente, siendo estos obtenidos en el mes 10 del ciclo productivo y alcanzando magnitudes máximas de 0,536 mg/l para nitrógeno y 0,032 mg/l para fósforo. A modo de poner en contexto los valores obtenidos, se han elaborado gráficas comparativas con los valores registrados en aguas del extremo sur de Chile, por diversos autores, concluyéndose que no se visualizan superaciones de dichos valores referenciales para el caso del fósforo, sin embargo, en el caso del nitrógeno durante el mes 10 se supera el valor referencial de silva, solo en el nivel máximo, cabe destacar que en ningún caso se alcanza el nivel de polución.

Basado en lo anterior, no se espera que los nutrientes liberados como parte del proceso de alimentación en su totalidad, ni en su uso adicional asociado a la biomasa de sobreproducción, tenga efectos por sobre lo que naturalmente se puede encontrar en el medio marino circundante, dado que en promedio, todos los valores, tanto para nitrógeno como para fósforo, se encuentran **bajo los límites referenciales**



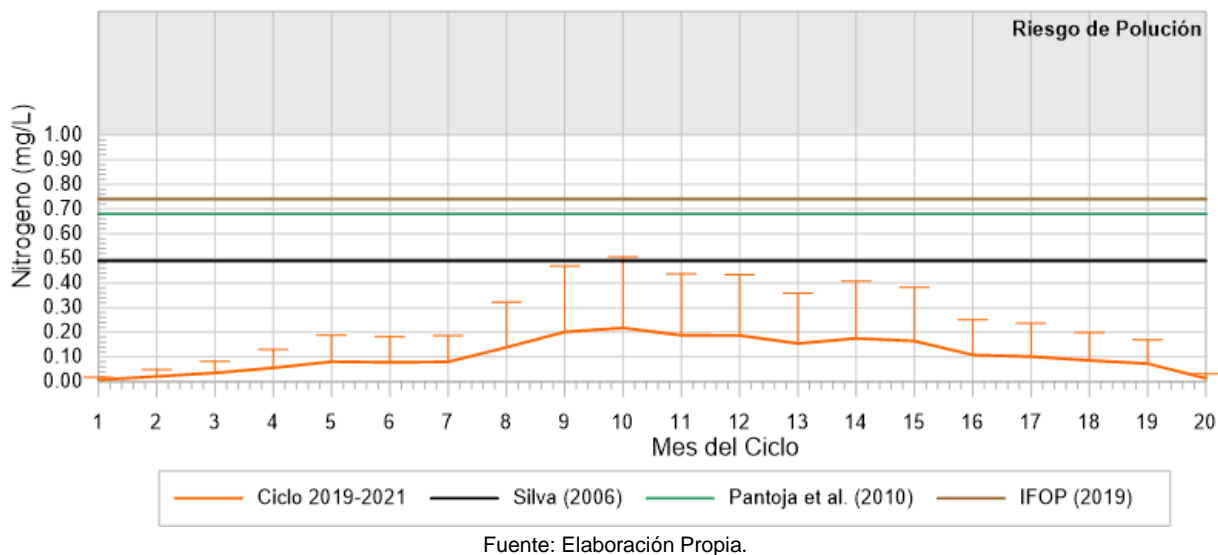
	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	83
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.17: Concentraciones de nitrógeno y fósforo esperadas en el medio marino, debido a la alimentación suministrada durante el ciclo 2019-2021.**

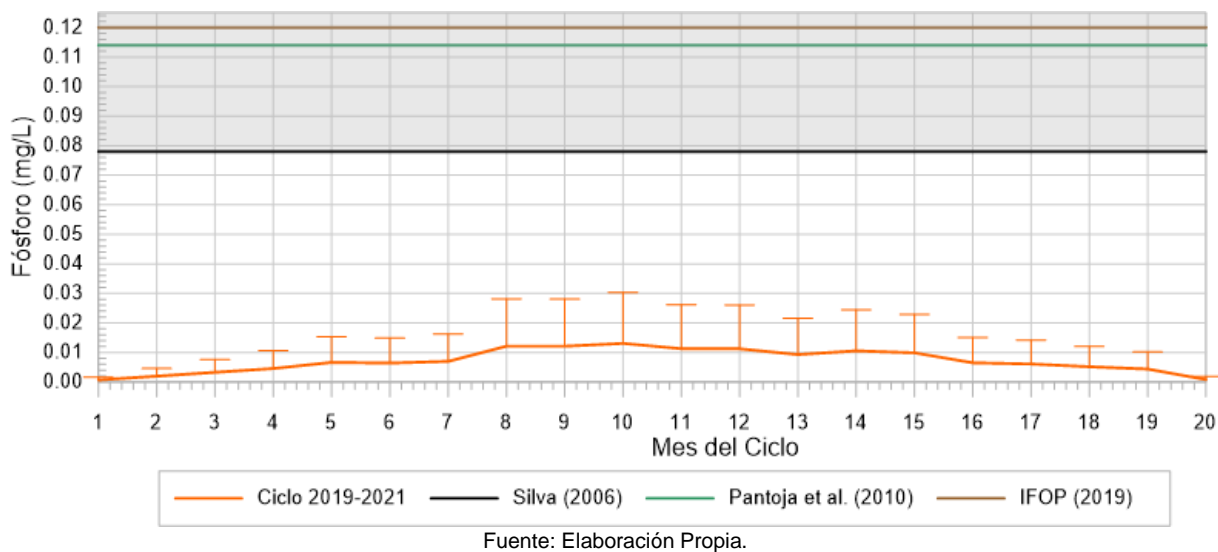
Mes	Días	NA <sub>N</sub> (mg/L)		NA <sub>P</sub> (mg/L)	
		Máxima	Media	Máxima	Media
1	31	0,019	0,008	0,002	0,001
2	30	0,053	0,021	0,005	0,002
3	31	0,088	0,036	0,008	0,003
4	30	0,138	0,056	0,011	0,005
5	31	0,200	0,081	0,016	0,007
6	31	0,194	0,079	0,016	0,006
7	28	0,198	0,080	0,017	0,007
8	31	0,343	0,139	0,030	0,012
9	30	0,497	0,202	0,030	0,012
10	31	<b>0,536</b>	<b>0,218</b>	<b>0,032</b>	<b>0,013</b>
11	30	0,463	0,188	0,028	0,011
12	31	0,461	0,187	0,028	0,011
13	31	0,381	0,155	0,023	0,009
14	30	0,433	0,176	0,026	0,011
15	31	0,405	0,165	0,024	0,010
16	30	0,267	0,108	0,016	0,007
17	31	0,250	0,102	0,015	0,006
18	31	0,212	0,086	0,013	0,005
19	29	0,180	0,073	0,011	0,004
20	31	0,033	0,013	0,002	0,001

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua.



**Figura 9.9: Concentración de nitrógeno incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones durante el ciclo 2019-2021.**



**Figura 9.10: Concentración de fósforo incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones durante el ciclo 2019-2021.**

### 9.5.6 Resultados de Nutrientes en Columna de Agua proyectada

Desde la Tabla Tabla 9.18 hasta la Tabla 9.21 se muestran los valores de nitrógeno y fósforo liberados al medio marino, ya sea en forma disuelta o particulada en kg/día, a partir de las cantidades de alimento de la producción proyectada para los cuatro calibres (4, 6, 9 y 12). Dado que el balance de masas supone que las condiciones en la concesión son estacionarias, la liberación de nutrientes varía en forma lineal con el alimento suministrado.

**Tabla 9.18: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 4.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	28	10,243	0,941	2,793	1,520
2	31	90,255	8,294	24,610	13,397
3	30	161,970	14,883	44,165	24,041
4	31	202,270	18,587	55,154	30,023
5	30	205,649	18,897	56,075	30,524
6	31	224,214	20,603	61,138	33,280
7	31	211,783	19,461	57,748	31,435
8	30	235,137	21,607	64,116	34,901
9	31	275,755	25,339	75,192	40,930
10	30	328,272	30,165	89,512	48,725
11	31	438,602	40,303	119,596	65,101
12	31	646,261	59,385	176,219	95,924
13	28	916,180	84,188	249,820	135,988
14	31	948,967	87,200	258,760	140,855
15	30	798,173	73,344	217,642	118,472
16	31	661,465	60,782	180,365	98,181
17	30	540,777	49,692	147,456	80,267
18	31	516,448	47,456	140,823	76,656
19	31	238,674	21,932	65,081	35,426
20	30	75,065	6,898	20,468	11,142

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	86
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.19: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 6.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	28	9,769	0,796	2,664	1,287
2	31	86,079	7,018	23,472	11,336
3	30	154,476	12,594	42,122	20,343
4	31	192,911	15,727	52,602	25,404
5	30	196,133	15,990	53,481	25,828
6	31	213,839	17,433	58,309	28,160
7	31	201,983	16,467	55,076	26,599
8	30	224,256	18,283	61,149	29,532
9	31	262,995	21,441	71,712	34,633
10	30	313,082	25,524	85,370	41,229
11	31	418,307	34,103	114,062	55,086
12	31	616,357	50,249	168,065	81,167
13	28	873,786	71,236	238,260	115,067
14	31	905,055	73,785	246,786	119,185
15	30	761,240	62,060	207,571	100,246
16	31	630,857	51,431	172,019	83,076
17	30	515,754	42,047	140,633	67,918
18	31	492,551	40,155	134,306	64,863
19	31	227,630	18,558	62,069	29,976
20	30	71,592	5,837	19,521	9,428

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	87
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

**Tabla 9.20: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 9.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	28	8,321	0,724	2,269	1,170
2	31	73,318	6,380	19,992	10,305
3	30	131,575	11,449	35,877	18,493
4	31	164,312	14,297	44,804	23,095
5	30	167,057	14,536	45,552	23,480
6	31	182,138	15,848	49,664	25,600
7	31	172,040	14,970	46,911	24,181
8	30	191,011	16,621	52,084	26,847
9	31	224,007	19,492	61,081	31,485
10	30	266,668	23,204	72,714	37,481
11	31	356,294	31,002	97,152	50,078
12	31	524,983	45,681	143,150	73,788
13	28	744,249	64,760	202,938	104,606
14	31	770,883	67,077	210,201	108,350
15	30	648,387	56,419	176,799	91,133
16	31	537,334	46,755	146,518	75,524
17	30	439,294	38,225	119,785	61,744
18	31	419,531	36,505	114,396	58,966
19	31	193,884	16,871	52,867	27,251
20	30	60,978	5,306	16,627	8,571

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

**Tabla 9.21: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua y el sedimento marino en kg/día para todo el ciclo productivo proyectado considerando los valores nutricionales del calibre 12.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)	NS <sub>N</sub> (kg/día)	NS <sub>P</sub> (kg/día)
1	28	8,216	0,492	2,240	0,795
2	31	72,390	4,338	19,739	7,007
3	30	129,909	7,785	35,423	12,575
4	31	162,232	9,722	44,237	15,704
5	30	164,942	9,885	44,976	15,967
6	31	179,832	10,777	49,036	17,408
7	31	169,862	10,179	46,317	16,443
8	30	188,593	11,302	51,425	18,256
9	31	221,171	13,254	60,308	21,410
10	30	263,292	15,779	71,793	25,487
11	31	351,783	21,082	95,923	34,053
12	31	518,338	31,063	141,338	50,176
13	28	734,828	44,037	200,369	71,132
14	31	761,125	45,613	207,540	73,678
15	30	640,180	38,365	174,561	61,970
16	31	530,532	31,794	144,663	51,356
17	30	433,734	25,993	118,268	41,986
18	31	414,220	24,823	112,948	40,097
19	31	191,430	11,472	52,198	18,531
20	30	60,207	3,608	16,417	5,828

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua. NS<sub>N</sub> y NS<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo depositados en el sedimento marino.

Considerando la fracción disuelta como principal interés de este capítulo, dado que previamente se discutió en extenso el efecto sobre los sedimentos, los resultados del modelo de crecimiento promedio de los ejemplares que se ha descrito en la Tabla 9.8 y la dieta recomendada (calibre del *pellet*) por el fabricante de alimentos según tamaño y que se ha descrito en la Tabla 9.9, se han obtenido los resultados presentados en la Tabla 9.22.

Sobre el flujo másico efectivo computado, y considerando las condiciones de corrientes indicadas en el Anexo A y la sección de cada balsa jaula (área lateral), se puede estimar la concentración mediante la siguiente expresión:

$$Q = A_l U$$

$$C = \frac{F_m}{Q}$$

Donde:

$Q$ : Caudal volumétrico.

$A_l$ : Área lateral de la balsa jaula.

$U$ : Velocidad del flujo.

$C$ : Concentración volumétrica.

$F_m$ : Flujo másico de nitrógeno o fósforo.

**Tabla 9.22: Valores de nitrógeno y fósforo liberado a la columna de agua según el crecimiento y dieta efectiva suministrada.**

Mes	Días	NA <sub>N</sub> (kg/día)	NA <sub>P</sub> (kg/día)
1	28	10,243	0,941
2	31	86,079	7,018
3	30	154,476	12,594
4	31	192,911	15,727
5	30	196,133	15,990
6	31	182,138	15,848
7	31	172,040	14,970
8	30	191,011	16,621
9	31	224,007	19,492
10	30	72,714	37,481
11	31	97,152	50,078
12	31	143,150	73,788
13	28	202,938	104,606
14	31	210,201	108,350
15	30	176,799	91,133
16	31	146,518	75,524
17	30	119,785	61,744
18	31	114,396	58,966
19	31	52,867	27,251
20	30	75,065	6,898

Fuente: Elaboración Propia.

NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua.

A modo de incorporar la variabilidad de las corrientes en el entorno de la jaula, se consideró el valor promedio en las capas como valor representativo y la media menos una desviación estándar como condición crítica, dado que menor velocidad implica menor caudal y consecuentemente, mayor concentración en el medio marino, construyendo de esta manera un escenario conservador.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	90
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Las concentraciones disueltas de nitrógeno y fósforo, expresadas como concentración se resumen en la Tabla 9.23, en la cual se han destacado en negrita los valores máximos de cada nutriente, siendo estos obtenidos en el mes 9 para nitrógeno y en el mes 14 para fósforo del ciclo productivo y alcanzando magnitudes máximas de 0,128 mg/l para nitrógeno y 0,062 mg/l para fósforo respectivamente.

A modo de poner en contexto los valores obtenidos, se han elaborado gráficas comparativas con los valores registrados en aguas del extremo sur de Chile, por diversos autores, concluyéndose que no se visualizan superaciones de dichos valores referenciales para el caso del fósforo, sin embargo, en el caso del Nitrógeno se espera que los niveles máximos durante los meses 9 al 12, superen el valor referencial de Silva

**Tabla 9.23: Concentraciones de nitrógeno y fósforo esperadas en el medio marino, debido a la alimentación suministrada durante el ciclo de crecimiento.**

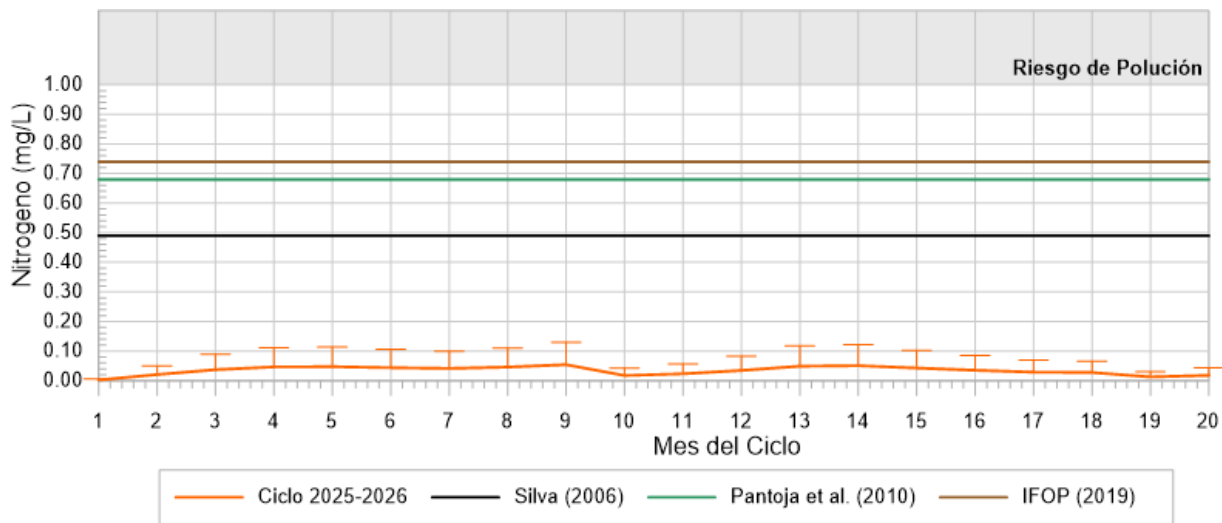
Mes	Días	NA <sub>N</sub> (mg/L)		NA <sub>P</sub> (mg/L)	
		Máxima	Media	Máxima	Media
1	28	0,006	0,002	0,001	0,000
2	31	0,049	0,021	0,004	0,002
3	30	0,088	0,037	0,007	0,003
4	31	0,110	0,047	0,009	0,004
5	30	0,112	0,047	0,009	0,004
6	31	0,104	0,044	0,009	0,004
7	31	0,098	0,042	0,009	0,004
8	30	0,109	0,046	0,009	0,004
9	31	<b>0,128</b>	0,054	0,011	0,005
10	30	0,042	0,018	0,021	0,009
11	31	0,055	0,023	0,029	0,012
12	31	0,082	0,035	0,042	0,018
13	28	0,116	0,049	0,060	0,025
14	31	0,120	0,051	<b>0,062</b>	0,026
15	30	0,101	0,043	0,052	0,022
16	31	0,084	0,035	0,043	0,018
17	30	0,068	0,029	0,035	0,015
18	31	0,065	0,028	0,034	0,014
19	31	0,030	0,013	0,016	0,007
20	30	0,043	0,018	0,004	0,002

Fuente: Elaboración Propia.

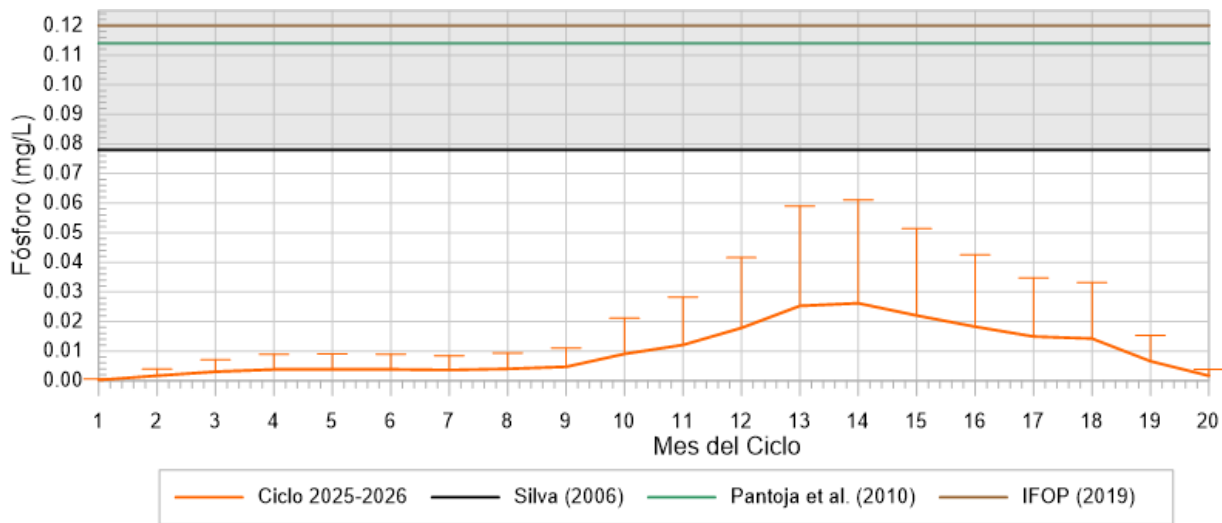
NA<sub>N</sub> y NA<sub>P</sub>: nitrógeno y fósforo liberados a la columna de agua.



**Figura 9.11: Concentración de nitrógeno incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones.**



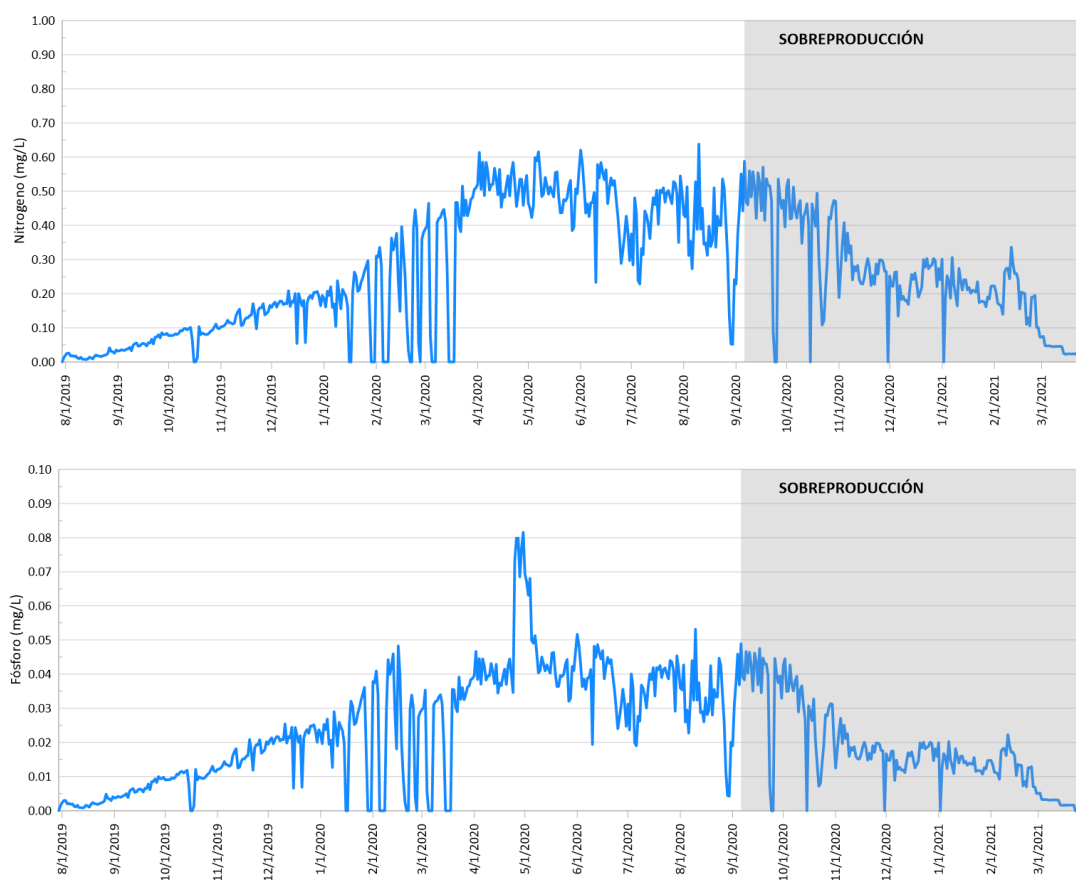
**Figura 9.12: Concentración de fósforo incorporado al medio marino como fase disuelta, debido a la producción de salmones.**



### 9.5.7 Análisis del registro de aporte de nutrientes a la columna de agua

Como parte del sistema de control del proceso productivo, Blumar lleva registro de variables ambientales reales del sistema, las que se adjuntan en el Anexo III del presente análisis.

Al considerar los datos de aporte de nutrientes por alimento no consumido y excreción, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 9.13. En ella se ha indicado de manera sombreada la fecha exacta a partir de la cual se comienza a generar la sobreproducción, adicionalmente se ha construido en el recuadro superior la serie de tiempo de nitrógeno, mientras que el recuadro inferior la de fósforo.



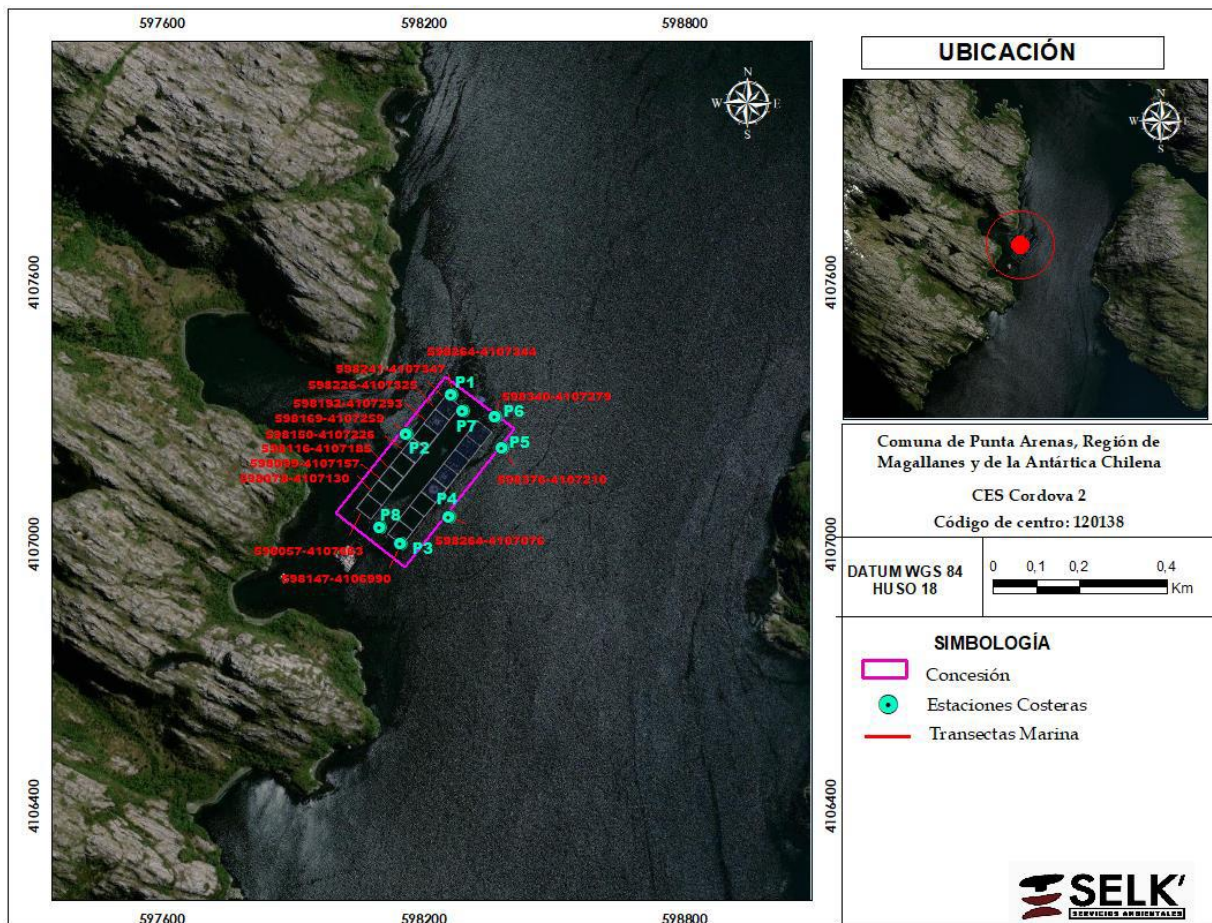
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 9.13: Estimación de los nutrientes aportados al medio marino, debido al proceso de engorda de los salmones.**

Los resultados generales muestran que, tanto para el fósforo como para el nitrógeno, los peaks de concentración se alcanzaría antes de la sobreproducción.

## 10 Análisis de resultados de campaña de monitoreo 2024.

El monitoreo realizado por Selk Servicio Ambiental SpA. en el CES Córdova 2 presentados en la Figura 10.1 evidencia un estado favorable del ambiente bentónico y de la columna de agua adyacente al centro de cultivo, cumpliendo con los requisitos establecidos en la normativa vigente (Res. Ex. 3612/09). Los principales hallazgos documentados son los siguientes:



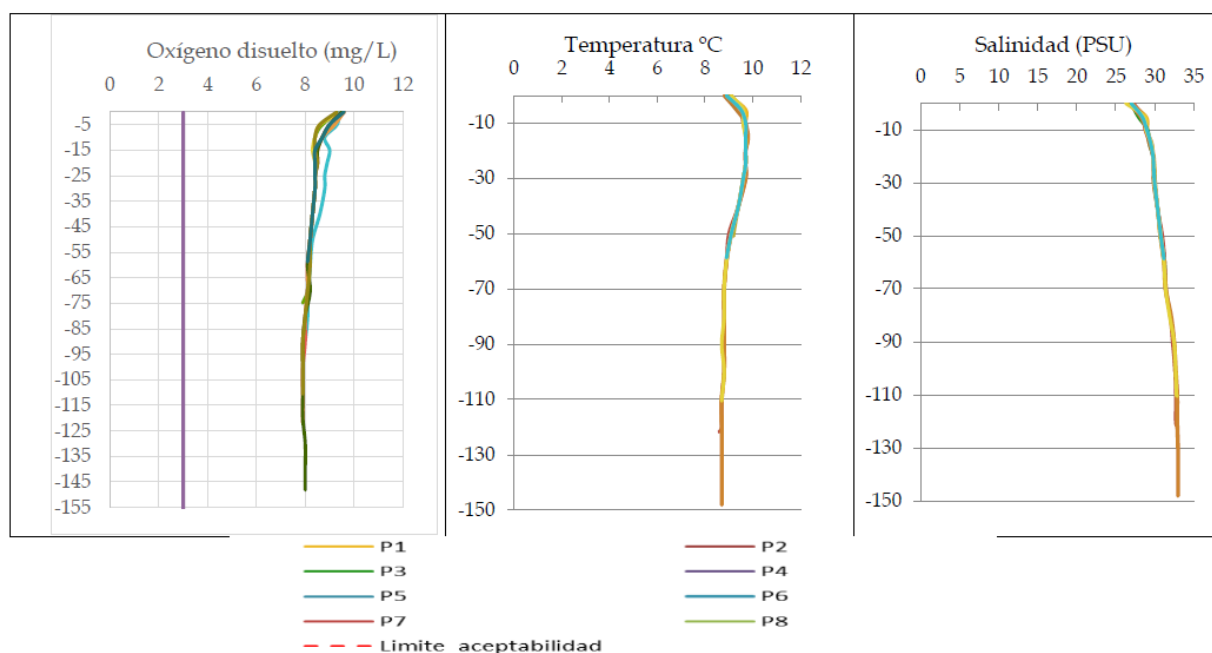
Fuente: Información entregada por Blumar.

**Figura 10.1: Ubicación geográfica de las estaciones y transectas del monitoreo 2024.**

## 10.1 Condiciones de la Columna de Agua:

Los perfiles de oxígeno disuelto presentados en la Figura 10.2 registraron valores superiores a 2,5 mg/L en todas las estaciones, lo que asegura condiciones aeróbicas conforme a los límites establecidos por la normativa. Estos datos se encuentran en las mediciones de los perfiles presentadas en el Anexo I (páginas 5 a 9).

Con respecto a las temperaturas registradas estas oscilaron entre 8,6 °C y 9,7 °C, y la salinidad se mantuvo dentro de un rango normal para la zona de muestreo. No se observaron variaciones significativas que sugieran problemas de estratificación en los perfiles medidos (páginas 5 a 9 del Anexo I).



Fuente: Información entregada por Blumar.

**Figura 10.2: Resultados medición variables de la columna de agua: OD, Temperatura y Salinidad por estación.**

## 10.2 Estado del Fondo Marino

El registro visual indicó la presencia de sustrato duro en todas las transectas evaluadas, acompañado de restos de conchas y tubos de poliquetos. Esta observación se documenta en las tablas de observaciones del Anexo I (página 4).

Además, se identificó una alta diversidad de megafauna, destacando la abundancia de moluscos de la familia Mytilidae y equinodermos. La presencia de estas especies está reportada en el Anexo I, en el listado de taxa observados en las transectas (página 4).

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CORDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CORDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	95
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

### 10.3 Impacto Antrópico y Observaciones Adicionales:

Se detectaron objetos metálicos en dos transectas específicas: **598057-4107063** y **598376-4107210**, documentado en el registro visual del Anexo I (página 4). No se reportaron cubiertas extensas de microorganismos en estas transectas.

La observación de bacterias fue limitada a 12 de las 14 transectas evaluadas, y no se detectaron bacterias en las transectas **598340-4107279** y **598376-4107210** (página 4 del Anexo I).

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	96
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 11 CONCLUSIONES

### 11.1 RESPECTO AL CICLO 1: 2019 -2021

Durante el ciclo 2019-2021 en la columna de agua, las concentraciones de oxígeno disuelto dieron cuenta que, para dicho ciclo, imperaron condiciones aeróbicas en la columna de agua, **equivalentes a los registrados por el crucero CIMAR durante el año 1998**. Respecto de los resultados del Informe Ambiental (INFA) para el ciclo productivo 2019-2021, cuya información para la INFA fue levantada el día 02-11-2020 y entregada el día 11-11-2020, SERNAPESCA emitió su ORD./D.G.A./Nº 154.668, en el que se concluye que el centro de cultivo presenta para el período informado condiciones ambientales **ANAERÓBICAS**.

Posterior a esta, se ejecutan dos INFAS adicionales, una **Anaeróbica** correspondientes al mes de abril del 2022 y otra **AERÓBICA** realizada en octubre del 2022, la cual se debe a presencia de manto blanquecino en el fondo.

El análisis espectral del oxígeno disuelto mostró que tanto para los 5 como los 10 metros de profundidad, los ciclos estacionales (cambio de estación) son los que condicionan preferentemente la magnitud total disponible en la columna de agua, siendo responsables de prácticamente el 90% de su valor. De tal modo, que cualquier evento diferente a la estacionalidad (por ejemplo, las intervenciones antrópicas) tendría un efecto menor al 10%, dado que existen muchas más forzantes, tales como, suministro de alimentos, reaeración por vientos intensos, consumos excesivos de oxígeno producto de mayor biomasa o concentración de la misma, entre otros.

El uso de antibióticos y antiparasitarios ha sido descrito como instancias donde se aplicó, dado que no es necesario analizar la cantidad suministrada de cada uno de ellos, toda vez que al haberse utilizado solo durante el periodo con producción autorizada, no tiene relación con la infracción imputada.

### 11.2 RESPECTO DE LA DEPOSITACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

Los resultados de la modelación numérica tanto en condición de sobreproducción como la asociada al proyecto técnico (RCA), permitieron definir el flujo másico máximo el que en ambos casos fue menor a los 5 gC/m<sup>2</sup>/día, de tal modo que en ambas condiciones de producción no se esperarían efectos adversos en el lecho, según los criterios del Informe IFOP, 2013.

Si bien las áreas de deposición aumentan en la condición de sobreproducción en comparación a las del proyecto técnico (RCA), en ambas condiciones prácticamente el 100% del área queda contenida al interior de la CCAA, de tal modo que la dispersión de la materia orgánica no sería



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	97
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

una variable de interés significativo en el análisis, tanto en su magnitud como en su alcance espacial.

A partir de los resultados obtenidos en la sección 9 de este Informe, que analiza conforme a lo requerido por la SMA por medio de la Resoluciones Exentas N°2/Rol D-041-2024, componentes o alcances ambientales adicionales a los examinados en la primera presentación de este informe, estimación de posibles efectos, se puede advertir que en el caso del lecho marino que el flujo de carbono no supera los 5 gC/m<sup>2</sup>/día, se espera en un plano aproximado de 5,1 meses para sobreproducción y 4,1 meses para RCA, el lecho marino disminuya sus valores de flujo de carbono por debajo de 1 gC/m<sup>2</sup>/día, el cual corresponde al valor estándar empleado para delimitar las plumas de material particulado depositado en el lecho.

La comparación de ambos esquemas de producción demuestra que, a pesar de las diferencias entre escenarios, no conlleva necesariamente efectos en la vida acuática. Por otro lado, la comparación entre el tiempo de decaimiento conservadora entre ambos esquemas de producción alcanzaría los 29,34 días, es decir, menos de un mes.

Lo anteriormente mencionado corresponde a una evidencia numérica de que los procesos actúan en una ventana de tiempo acotada, es decir, tienen un inicio y un término que se puede estimar, por lo cual en el lecho los efectos no serían acumulativos.

### 11.3 RESPECTO DE LA COLUMNA DE AGUA

En tanto, respecto a los **contenidos de nutrientes en la columna de agua**, conforme a los análisis realizados, es posible señalar que, durante el período de mediciones efectuados para el ciclo el fosfato cumple según los rangos establecidos por Argomedo (2017), y los valores de nitrato se encuentran en condiciones óptimas según Calderón (2019).

Por lo tanto, respecto a la columna de agua, conforme a los análisis realizados, es posible señalar que durante el Ciclo 2019-2021 del CES Córdova 2, las aguas marinas presentaron concentraciones acordes a los esperable para la Región de Magallanes.

De este modo y basados del análisis espectral el exceso de biomasa producida en el ciclo 1 de producción del CES Córdova 2, tiene una injerencia no significativa en la concentración de oxígeno disuelto.

Con respecto al monitoreo SELK 2024 se concluye que los resultados obtenidos presentan que el CES Córdova 2 mantiene condiciones ambientales adecuadas tanto en la columna de

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	98
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

agua como en el fondo marino, analizando las variables de muestreos de la diversidad y abundancia de especies bentónicas, junto con los valores de oxígeno disuelto.

**PhD. Ing. Matías Quezada Labra**  
Ecotecnos S.A.  
Viña del Mar, 13 de marzo de 2025.



	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	99
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

## 12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almonacid E. 2018. Dieta del pingüino de magallanes durante la temporada reproductiva 1992-93 en el Seno Otway, sur de Chile. *Revista Chilena de Ornitología*, 24 (1):15-19.
- Araneda R, CV Tobar, JR Rau & JA Cursach. 2017. Dieta del pato quetru no volador *Tachyeres pteneres* en un humedal marino de Chiloé, sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(3): 631-634.
- Araya B & G Millie. 1996. *Guía de Campo de las Aves de Chile*. Editorial Universitaria. 406 pp.
- Araya B & G Millie. 2005. *Guía de Campo de las Aves de Chile*. Editorial Universitaria (9ª edición), Santiago. 406 pp.
- Argomedeo, V. 2017. Caracterización de las propiedades físicas y químicas de fiordos hipóxicos en la Patagonia Chilena (44°15'S – 51°08'S). Trabajo de titulación para optar al Título de Oceanógrafo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ciencias del Mar, Carrera de Oceanografía. 79 pp.
- Australis Seafoods 2021. Informe por recurso de Invalidación Proyecto “Centro de engorda de salmónidos Estero Pérez de Arce, al noreste de Punta Rivera, Isla Riesco, Pert Nº 207121260”. Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. 92 pp.
- Buschmann A. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura, el estado de la investigación en Chile y el mundo. Terram Publicaciones. 61 p.
- Calderón Armijo, N. C. (2019). Índice de calidad de aguas costeras para Chile. Universidad de Chile -Facultad De Ciencias -Escuela De Pregrado.
- Correll D. 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *J. Environ. Qual.*, 27(2): 261 – 266.
- Couve E & C Vidal. 2003. *Aves de Patagonia, Tierra del Fuego y Península Antártica. Islas Malvinas y Georgia del Sur*. Editorial Fantástico Sur Birding Ltda. Punta Arenas. 656 pp.
- Couve E, C Vidal & J Ruiz. 2016. *Aves de Chile. Sus Islas Oceánicas y Península Antártica. Una Guía de Campo Ilustrada*, Editorial Fantástico Sur, Punta Arenas, Chile. 551 pp.
- Davidson K, R Gowen, P Tett, E Bresnan, P Harrison, A McKinney, S Milligan, D Mills, J Silke & A Crooks. 2012. Harmful algal blooms: How strong is the evidence that nutrient ratios and forms influence their occurrence?. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 115: 399 – 413.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	100
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

- Folke C & N Kautsky. 1989. The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture. *Ambio*, 18: 234-243.
- GEOGAMA 2015. Estudio de Biodiversidad: Monitoreo Avifauna y Mamíferos Marinos: Estero Córdova, Isla Desolación, Pert Nos 211121043 y 211121045. 48 pp.
- Garay G, O Guineo, E Mutschke & C Ríos. 2008. Tamaño, estructura y distribución estacional de poblaciones de aves acuáticas en el fiordo Última Esperanza y canal Señoret, región de magallanes. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 36(2):33-44.
- Hucke-Gaete R, FA Viddi & A Simeone. 2021. Aves y mamíferos marinos de la Patagonia chilena: especies focales para la conservación de los ecosistemas marinos. Capítulo 9: 289-320. En Castilla JC, JJ Armesto & MJ Martínez-Harms (Eds.). *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica. 600 pp.
- Jaramillo A. 2005. *Aves de Chile*. Lynx Ediciones, Bellaterra. 240 pp.
- Libes S. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. Ed. J. Wiley and Sons Inc. New York, 734 pp.
- Martínez-Piña D & G González-Cifuentes. 2004. *Las Aves de Chile. Nueva Guía de Campo*. Ediciones del Naturalista, Santiago, Chile. 622 pp.
- Martínez-Piña D & G González-Cifuentes. 2017. *Las aves de Chile, Guía de campo y breve historia natural*. Ediciones del Naturalista, Santiago, Chile. 538 pp.
- Medrano F, R Barros, HV Norambuena, R Matus & F Schmitt. 2018. *Atlas de las aves nidificantes de Chile*. Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile. Santiago, Chile. 672 pp.
- Miranda M, J Gibbons, J Cárcamo & YA Vilina. 2009. Hábitat reproductivo y estimación del tamaño poblacional del pingüino de magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en isla Rupert, parque marino Francisco Coloane, Estrecho de Magallanes. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 37(1):103-111.
- Naqvi S, H Bange, L Farías, P Monteiro, M Scranton & J Zhang. 2010. Marine hypoxia/anoxia as a source of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O. *Biogeosciences*, 7(2): 159–2.190.
- Rojas N. 2015. Evaluación de relación de Redfield, en la zona de los fiordos norpatagónicos chilenos. Tesis de Magíster en Oceanografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Universidad de Valparaíso, Valparaíso, 101 pp.

	<b>ANÁLISIS DE PROBABLES EFECTOS AMBIENTALES EN CES CÓRDOVA 2</b>	Nº DOCUMENTO IT-VUL-CES-CÓRDOVA 2	EDICIÓN / REVISIÓN 1/1	101
		Fecha de emisión: 11-11-2024	Emitido por: Ecotecnos S.A.	

Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). 2021. Res. Ex. N° 1/ROL D-041-2024, Formula cargos que indica a Blumar, titular del “CES CÓRDOVA (RNA 120211)”.

Silva N. 2006. Oxígeno disuelto, pH y nutrientes en canales y fiordos australes. En: Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. N. Silva & S. Palma (eds.) Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 37-43.

Urbina MA, Cumillaf JP, Paschke K & P Gebauer. 2019. Effects of pharmaceuticals used to treat salmon lice on non-target species: Evidence from a systematic review. Science of the total environment, 649, 1124–1136. <https://doi.org/h7c2>.