

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES



**COMPARACIÓN DEL BALANCE DE FLUJOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN DOS
FIORDOS GLACIALES DE LA REGIÓN AUSTRAL DE CHILE MEDIANTE EL MODELO
LOICZ**

Tesis, Carrera de Biología Marina

Por: Joaquín Alejandro Carreño Muñoz

Directora: Bibiana Jara
Codirector: Julio Salcedo Castro

2025

**COMPARACIÓN DEL BALANCE DE FLUJOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN DOS
FIORDOS GLACIALES DE LA REGIÓN AUSTRAL DE CHILE MEDIANTE EL MODELO
LOICZ**

Por: Joaquín Alejandro Carreño Muñoz

Gustavo Poblete Olmos
Decano Facultad de Ciencias

Dr. Nelso Navarro Martínez
Director Departamento de Ciencias y Recursos Naturales

Dra. Valeria Latorre
Jefe de Carrera

Comisión Evaluadora:

Dra. Bibiana Jara Vergara
Director/a de Tesis

Dr. Julio Salcedo Castro
Codirector/a de Tesis

MCs. Carolina Calvete Maldonado
Evaluadora

Dra. Verónica Molina Trincado
Evaluadora

**Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino
en la Universidad de Magallanes**

Punta Arenas, Chile

Agosto, 2025

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y RECURSOS NATURALES

**Comparación del Balance de Flujos de Nitrógeno y Fósforo en dos fiordos
glaciales de la región Austral de Chile mediante el modelo LOICZ**

Tesis entregada como requerimiento para obtener el Título de Biólogo Marino
en la Universidad de Magallanes

Joaquín Alejandro Carreño Muñoz

Punta Arenas, Chile
Agosto, 2025

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a mi directora de tesis la Dra. Bibiana Jara y a mi codirector el Dr. Julio Salcedo, por la disposición a guiarme y aconsejarme pacientemente a lo largo del desarrollo de mi tesis. Tanto su disponibilidad, conocimientos y capacidad de guiar fueron fundamentales para completar este trabajo.

También me gustaría expresar mi gratitud hacia el proyecto RISUE 1 (RED21992-999-OE2_R27) por la oportunidad de formar parte y poder utilizar sus muestras en mi tesis. También agradezco al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) por permitir el uso de los datos recopilados a lo largo de los cruceros CIMAR Fiordos, para el desarrollo de este estudio. Al igual deseo agradecer al Dr. Erling Jonson por su colaboración con el aporte de los datos de derretimiento del glaciar de Seno Ballena.

Finalmente me gustaría agradecer a mis padres y mi pareja por darme el impulso, el aliento, y el ánimo que necesitaba para lograr completar mi tesis, al fin y al cabo, este trabajo ha sido logrado gracias al apoyo de todos.

RESUMEN

El entendimiento de la dinámica del flujo de nutrientes en sistemas costeros tiene gran relevancia para evaluar la “salud” ecológica y la productividad de estos ecosistemas, ya que estos son los encargados de sustentar los cimientos para fomentar el crecimiento y desarrollo de distintas formas de vida. Además, permite comprender como estos nutrientes se movilizan a lo largo de distintas masas de agua, junto a sus interacciones entre los distintos sistemas y entornos, lo que a su vez permite entender el equilibrio entre estos. Debido a lo anterior, en este estudio se busca estimar la dinámica del flujo de nutrientes (fosfatos y nitratos) en la columna de agua, de dos sectores distintos de los canales y fiordos de la zona austral de Chile, durante la época estival: Seno Eyre (sector norte) y Seno Ballena (sector sur). Ambos sistemas comparten la característica de recibir aportes de agua dulce desde glaciares, aunque difieren en factores como precipitaciones, evaporación, volumen de descarga glaciar y tamaño del seno, lo que los convierte en candidatos ideales para comparar su dinámica biogeoquímica.

La dinámica de nitrógeno y fósforo obtenidos a través del modelo LOICZ, herramienta que permite simular y evaluar el comportamiento de los nutrientes en sistemas costeros, fueron recopilados a través de diversas fuentes disponibles (SHOA y Copernicus), así como, también estimados a partir de los datos obtenidos en la campaña RISUE I.

Los resultados obtenidos indicaron que, en la capa superficial de Seno Eyre se muestra un flujo neto de agua y nutrientes hacia el océano, con una tendencia a fijar Nitrógeno Inorgánico Disuelto (DIN) y consumir Fósforo Inorgánico Disuelto (DIP), comportamiento similar al observado en Seno Ballena. Por otro lado, en la capa profunda, aunque no se contó con información completa sobre el intercambio con el océano, se observó producción de DIP en ambos sistemas, pero a una escala mucho mayor en Seno Eyre. La mayor diferencia se presentó en el comportamiento del nitrógeno, donde Seno Ballena mostró un comportamiento desnitrificante, mientras que Seno Eyre presentó fijación de DIN, lo cual concuerda con lo observado en otros

sectores cercanos a estos, pero no elimina ciertas diferencias mencionadas anteriormente, que pueden radicar en la naturaleza de los mismos o de los datos utilizados y la calidad de estos.

En conjunto, los resultados sugieren que, a pesar de las diferencias en su ubicación geográfica y magnitud, ambos senos presentan patrones similares en la dinámica de nutrientes, exceptuando el comportamiento del nitrógeno. No obstante, este estudio no permite generalizar una tendencia latitudinal para los senos glaciares de la región, debido a la necesidad de incluir más sistemas en el análisis, contar con datos más completos y considerar variables complementarias como floraciones algales o cambios hidrológicos estacionales.

Palabras clave: Nutrientes, Nitrógeno, Fosforo, Fiordos, LOICZ, Seno Eyre, Seno Ballena.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	4
ÍNDICE GENERAL	6
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	7
INTRODUCCIÓN	8
HIPOTESIS	13
OBJETIVOS	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
RESULTADOS	20
DISCUSIÓN	27
CONCLUSIÓN	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Esquema de segregación de la Región del Estuario de Chile. (modificado a partir de Silva and Prego (2002), las secciones en verde corresponden a las zonas contenidas en este estudio)⁹

Figura 2: Esquema conceptual representativo del balance de compartimentos tipo LOICZ. Recuadros son compartimentos y flechas son interacciones y flujos (Elaboración propia, 2025).¹¹

Figura 3: Mapa ilustrativo de los sectores estudiados, junto a sus respectivas dimensiones de área y volumen. A) Seno Eyre, B) Seno Ballena.¹⁶

Figura 4: Perfil de densidad de Seno Ballena y Seno Eyre, utilizado para la división de capa superior e inferior en ambos senos.¹⁹

Figura 5: Flujo de agua en Seno Ballena y Seno Helado, de acuerdo a modelo LOICZ.²²

Figura 6: Dinámica de flujo de fósforo en Seno Ballena y Seno Eyre, de acuerdo al modelo LOICZ.²⁴

Figura 7: Dinámica de flujo de nitrógeno en Seno Ballena y Seno Eyre, acorde al modelo LOICZ.²⁶

Tabla 1: Valores utilizadas por el modelo LOICZ para el cálculo de dinámica de flujo¹⁸

Tabla 2: Componentes internas de la columna de agua²⁰

Tabla 3: Dinámicas entre sistemas y su entorno, donde X representa cualquiera de las variables de flujo que represente el diagrama²¹