

Seminario: Lineamientos para la determinación de la capacidad de carga en fiordos y canales del sur de Chile.
Ministerio de Medio Ambiente, Región de Aysén, Puerto Chacabuco, 10-11 de Octubre, 2017



Métodos numéricos para el estudio de la dinámica de los ecosistemas de fiordos y canales

Pablo Mata Almonacid

Email: pmata@ciep.cl

Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia, CIEP

Web: www.ciep.cl

Índice

- Breve descripción del sistema a estudiar
 - Hidrodinámica de fiordos y canales
- Biogeoquímica (algunas ideas) de fiordos y canales
 - Perturbaciones (estresores)
 - Modelos numérico-computacionales
 - Aplicación al canal de Puyuhuapi
 - Investigación futura

1: Second-generation Louvain-la-Neuve-ocean Model (SLIM), <http://sites.uclouvain.be/slim/index.php?id=2>

2: General Ocean Turbulence Model (GOTM), <http://www.gotm.net/>

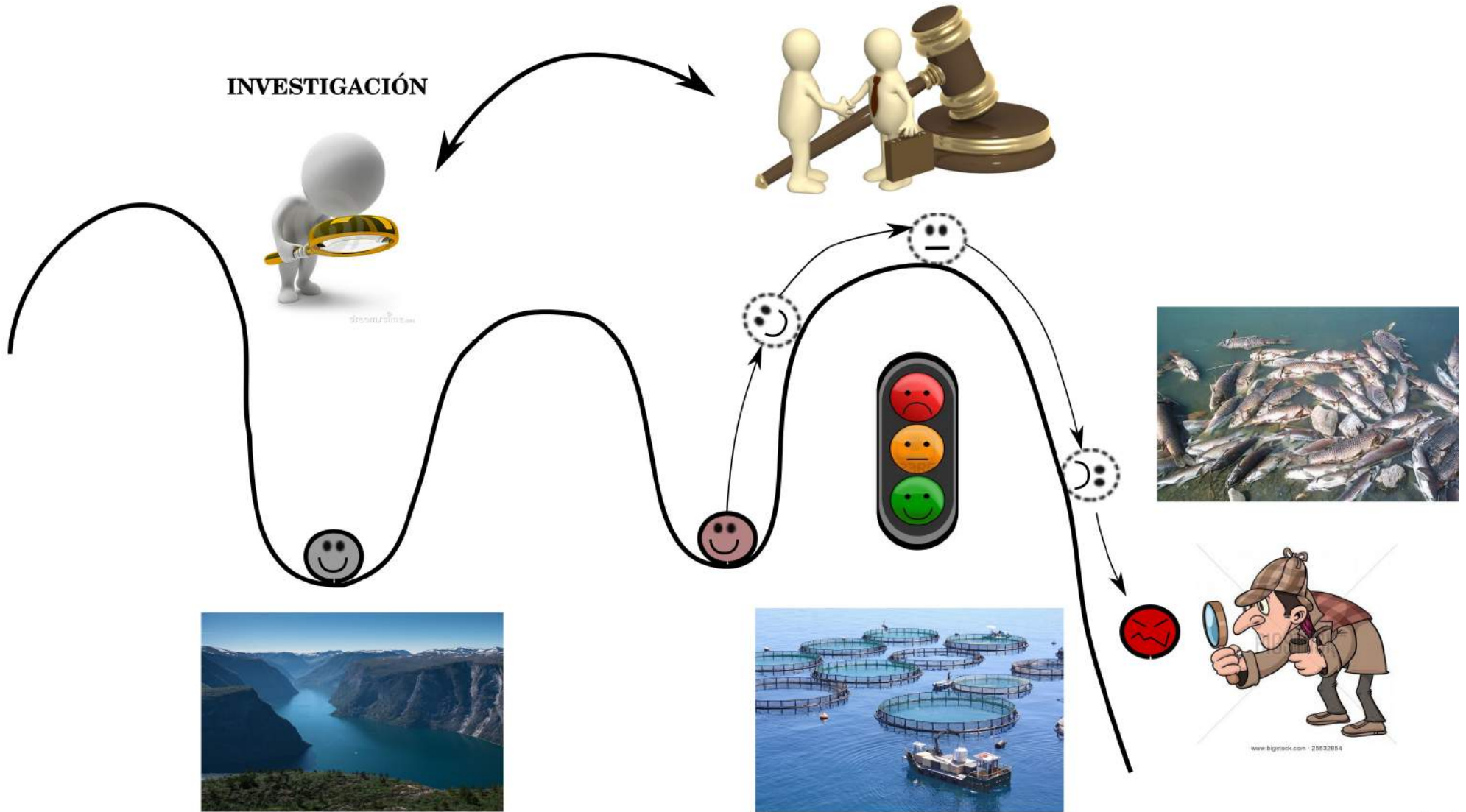
Localización de la zona de interés



Objetivos

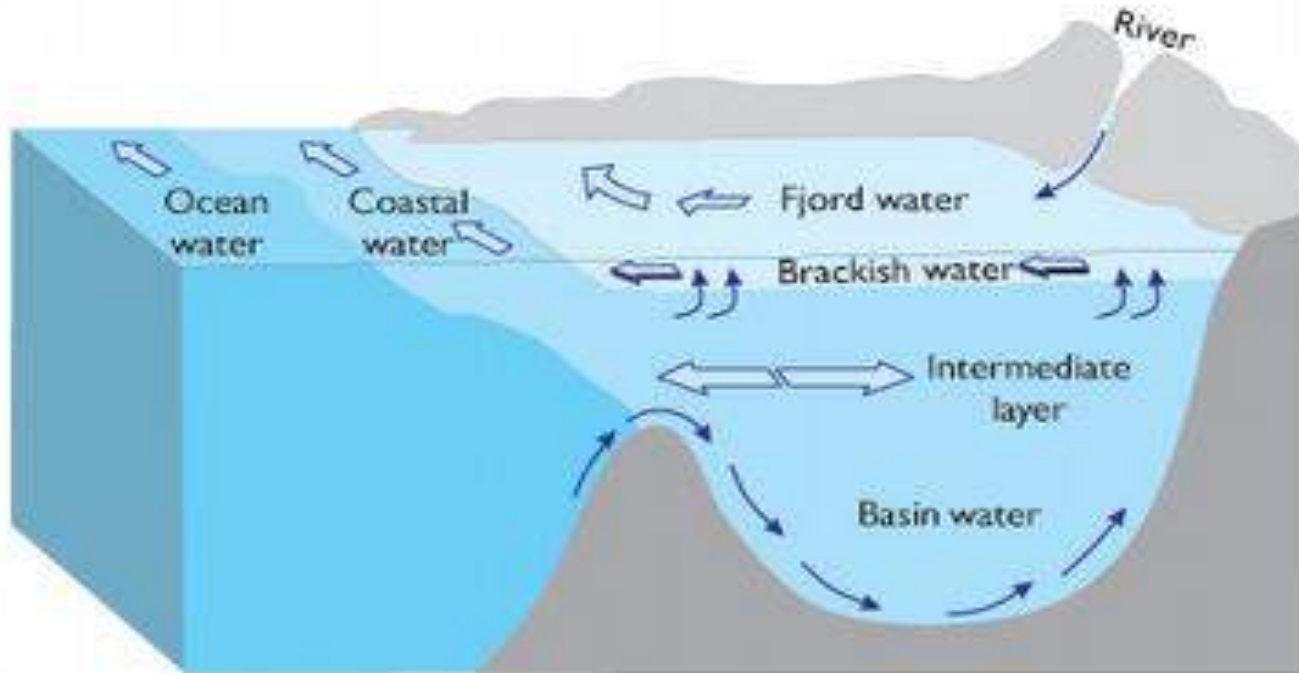
GENERACIÓN DE NORMATIVAS
(academia, gobierno, industria)

INVESTIGACIÓN



Escala espacial y temporal a considerar?

Componente física de la dinámica de un fiordo



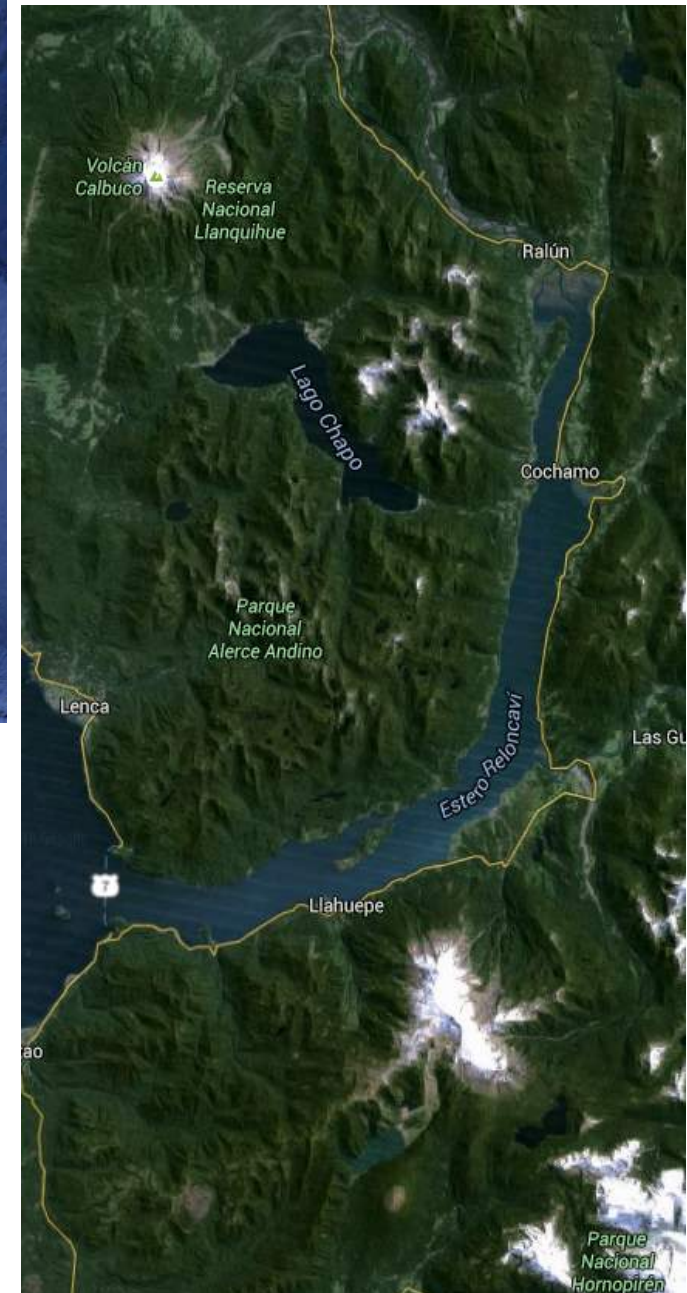
- Corrientes planetarias
- Mareas
- Fricción debido al viento
- Topografía submarina
- Descargas de agua dulce
- Radiación solar
- Glaciares



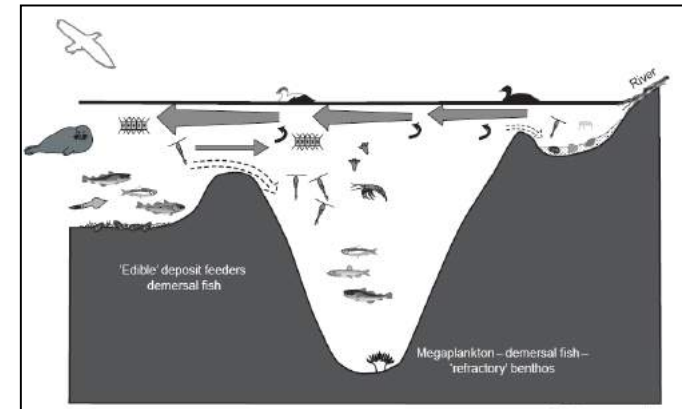
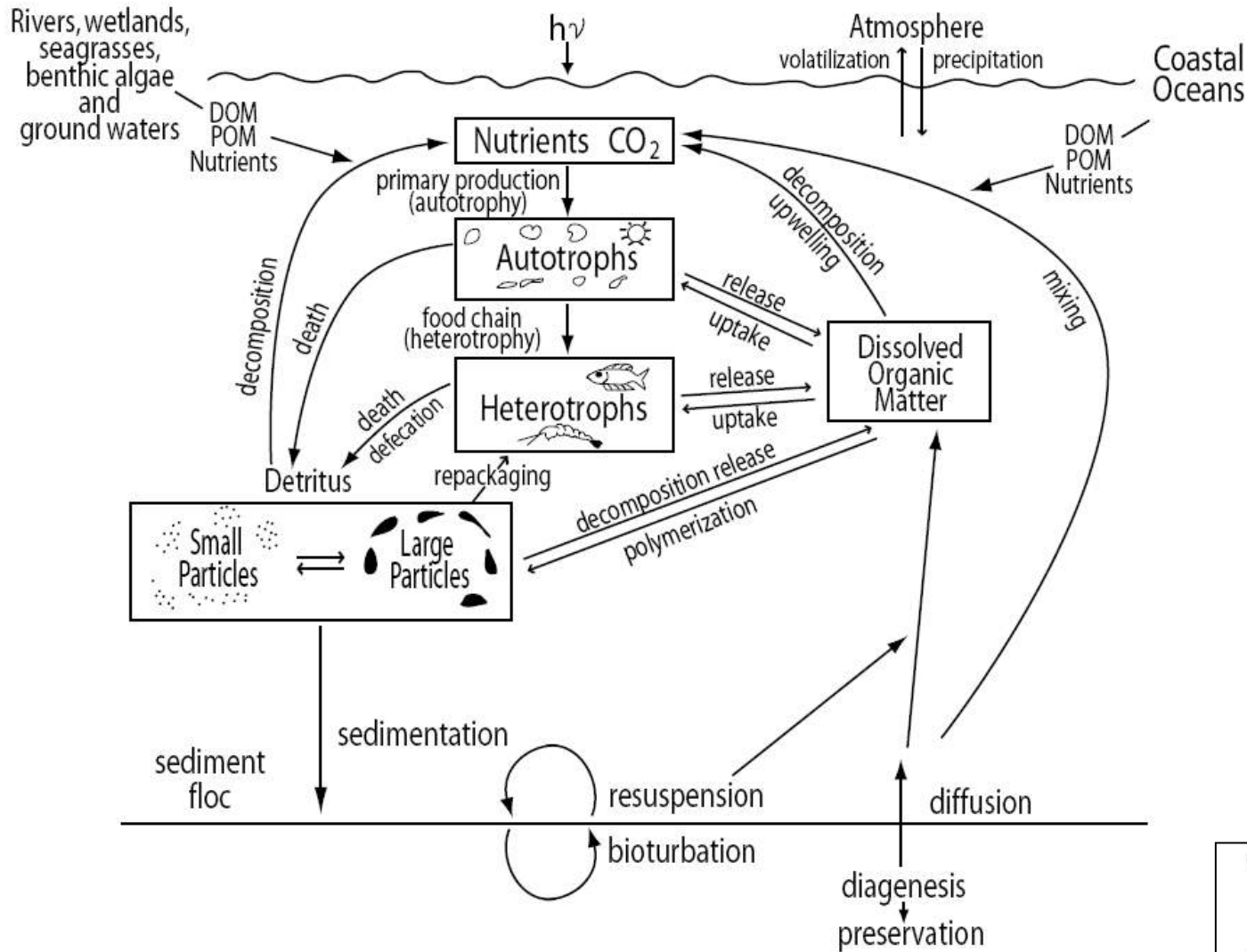


Hidrodinámica a nivel **local** y a nivel de **meso escala regional**

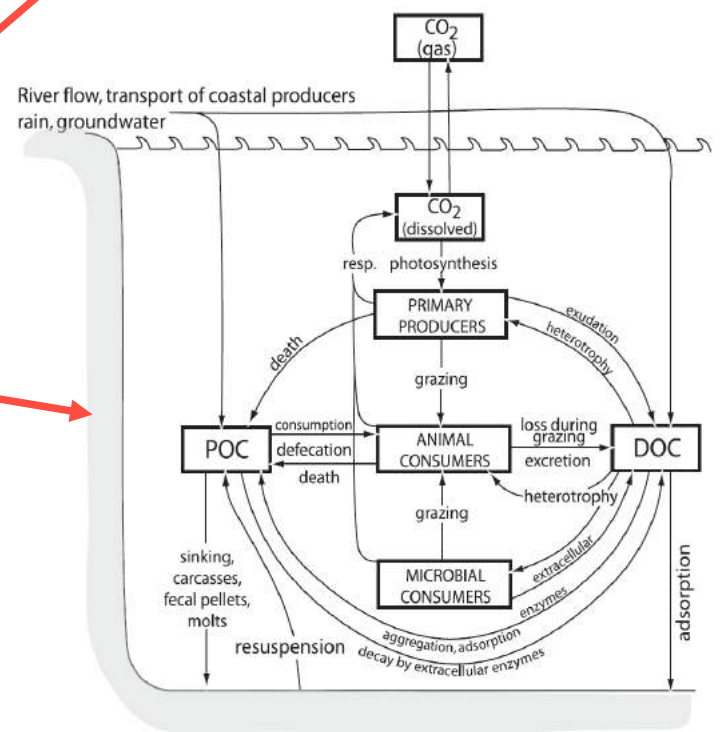
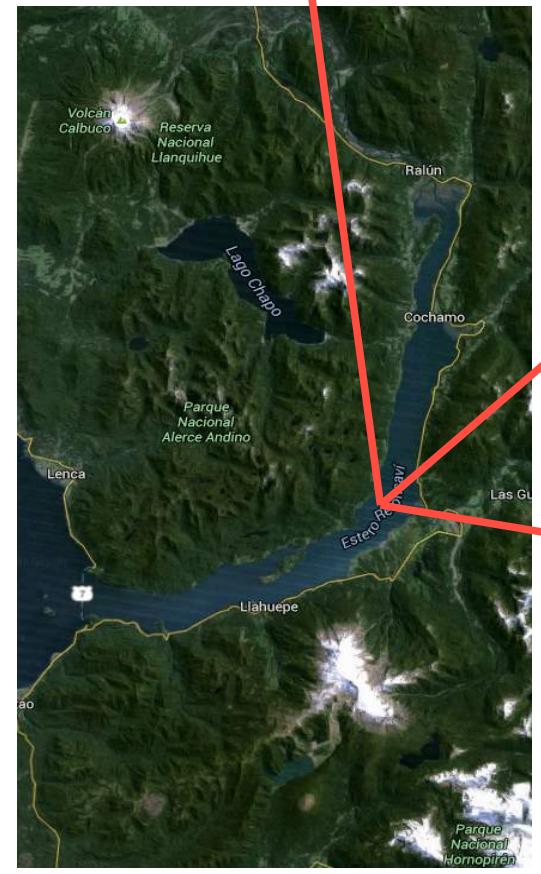
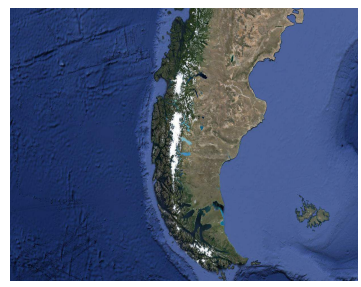
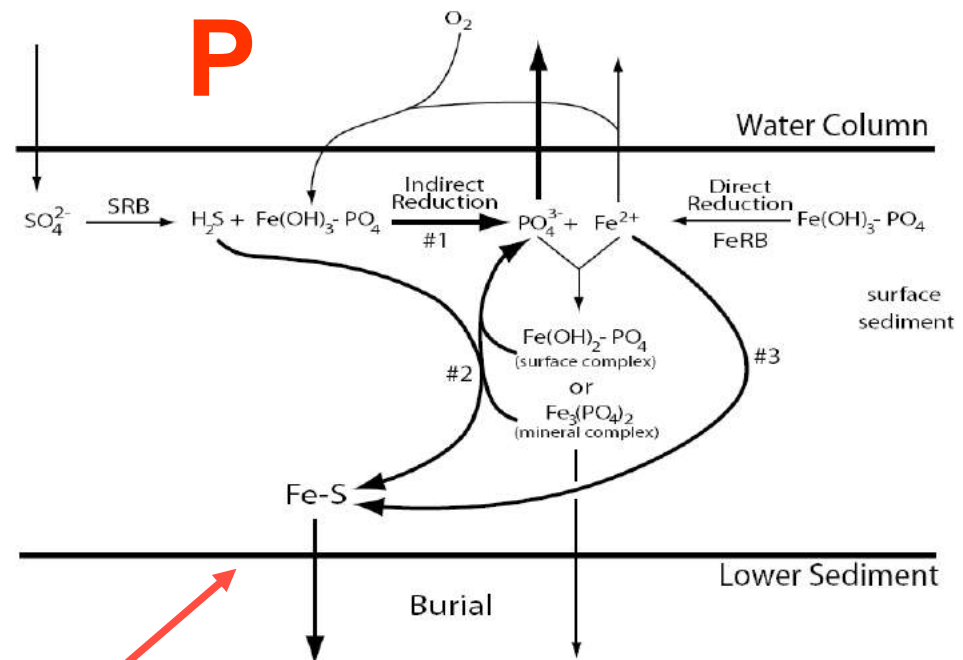
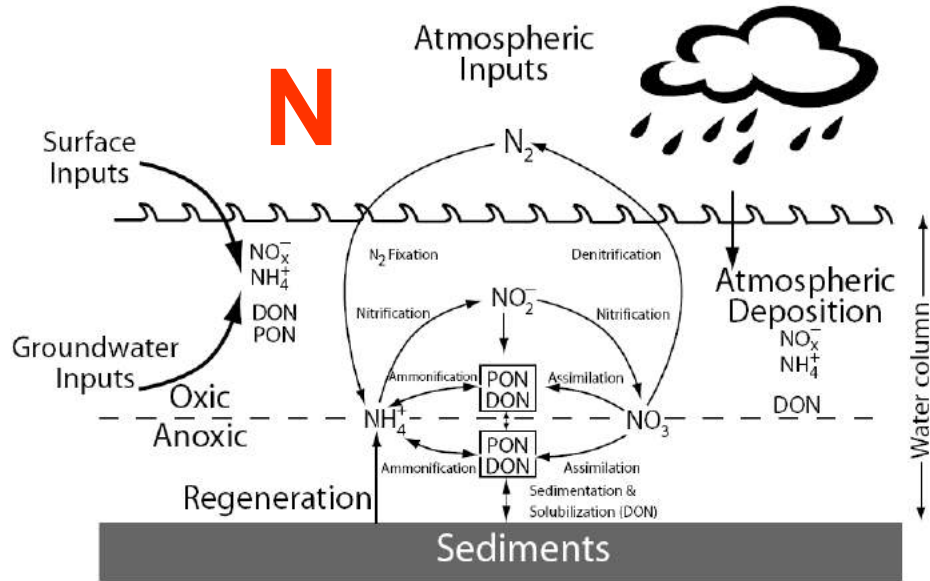
- Corrientes (mecanismos que las generan)
- Procesos de mezcla turbulenta
- Variación de la salinidad
- Variación de temperatura
- Conectividad entre zonas
- Tiempos de residencia, etc...



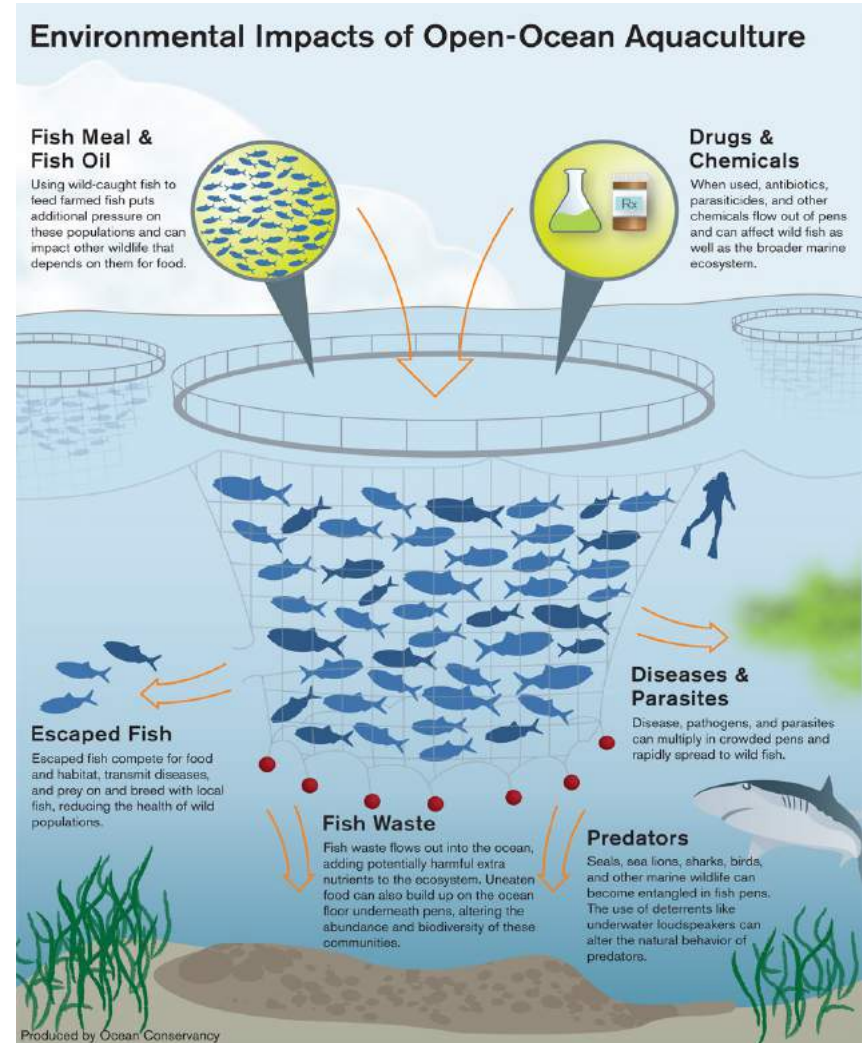
Componente biogeoquímica de la dinámica de un fiordo



Ciclo del Carbono y su relación con ciclos de nutrientes



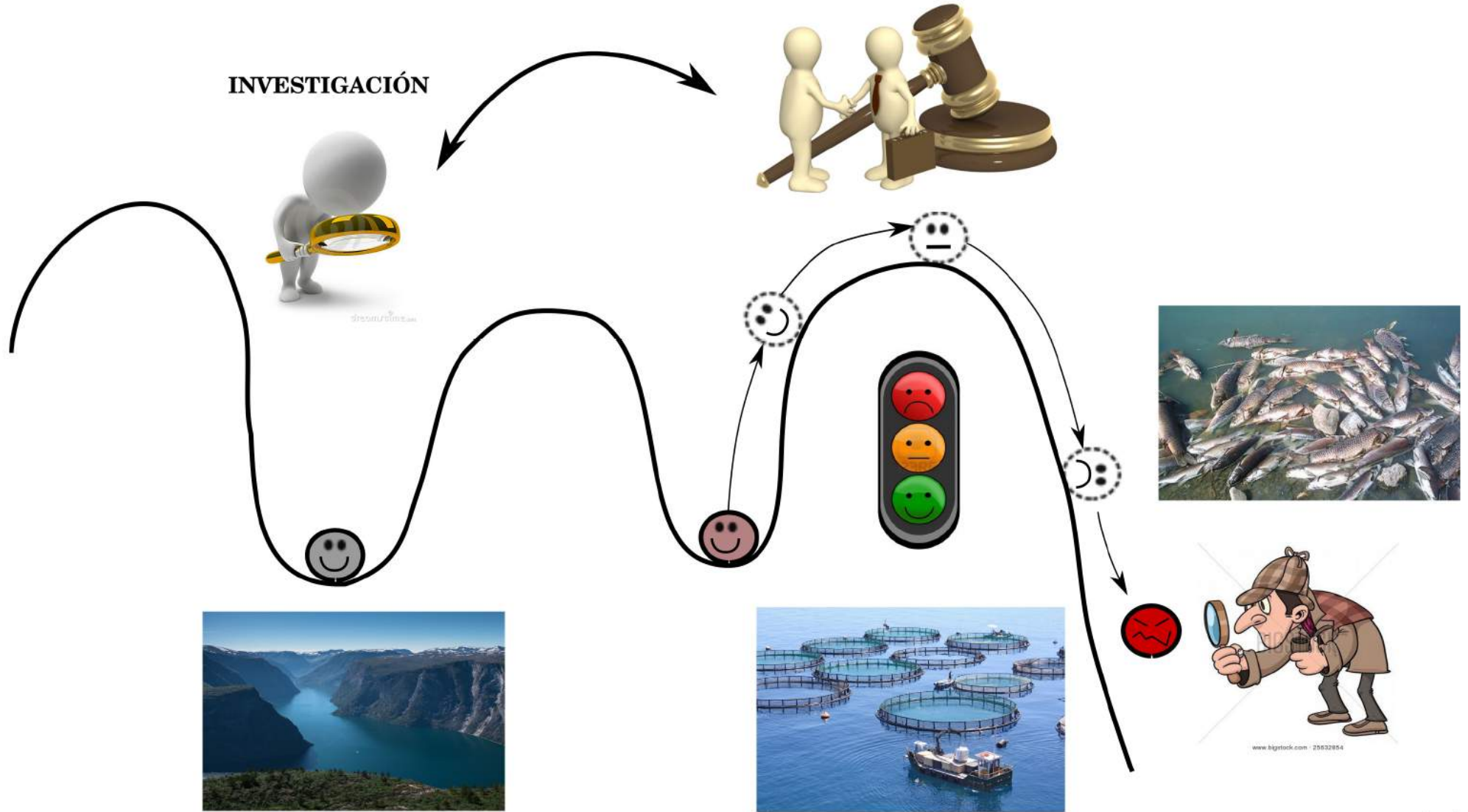
Perturbaciones sobre el ecosistema



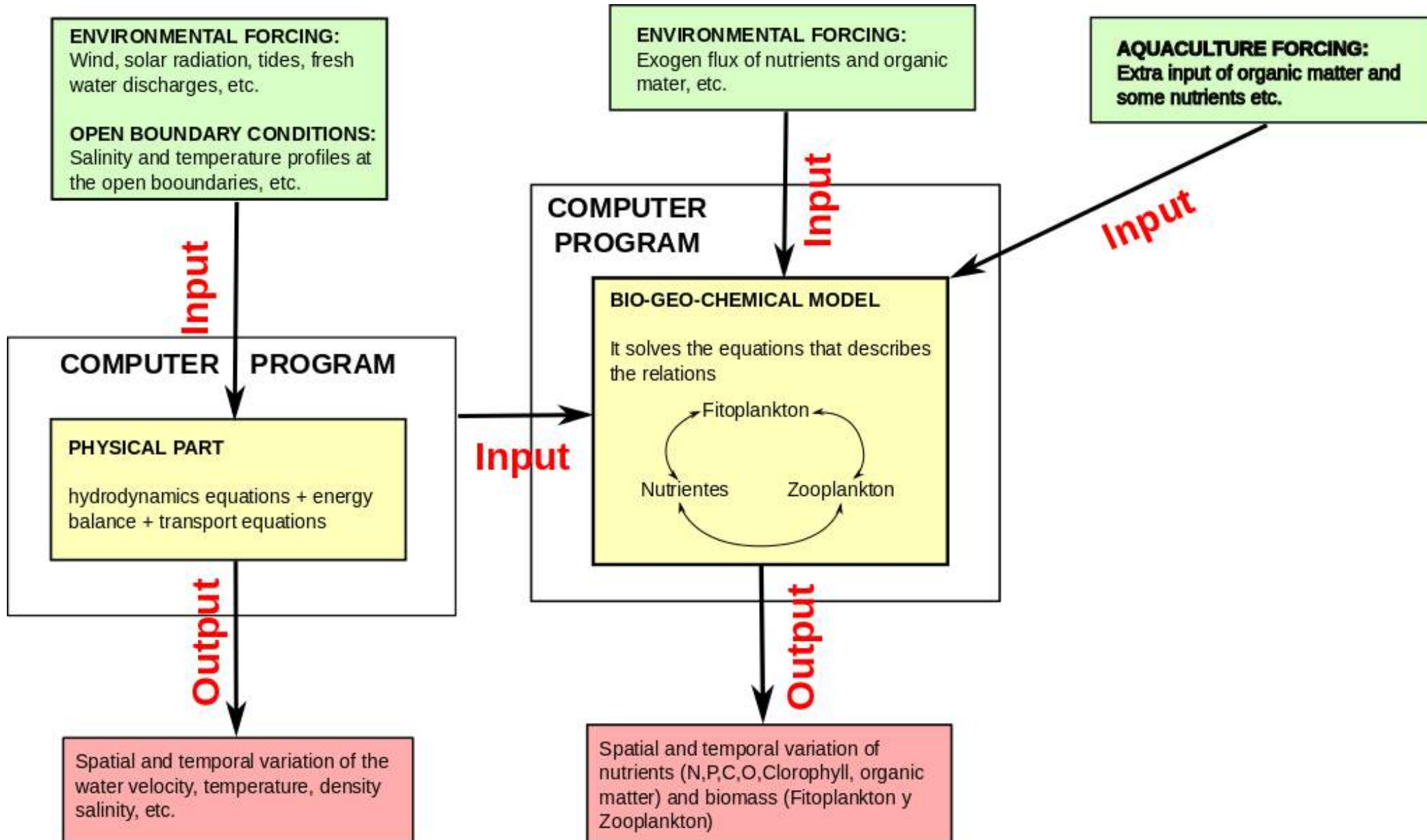
Escala espacial y temporal a considerar?

GENERACIÓN DE NORMATIVAS
(academia, gobierno, industria)

INVESTIGACIÓN



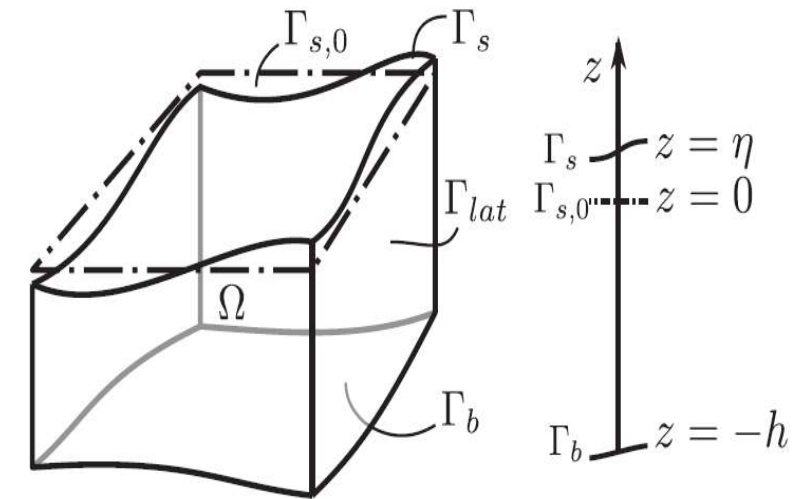
Esquema general para modelos físico-biológicos acoplados



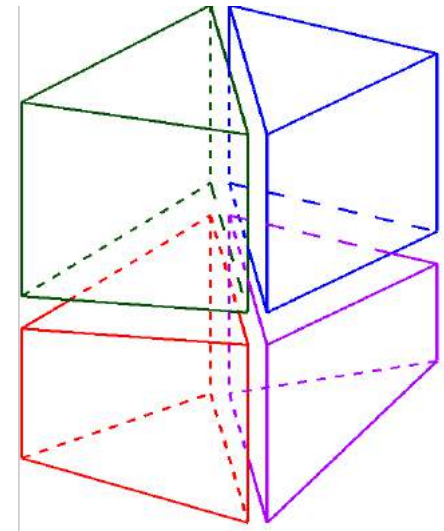
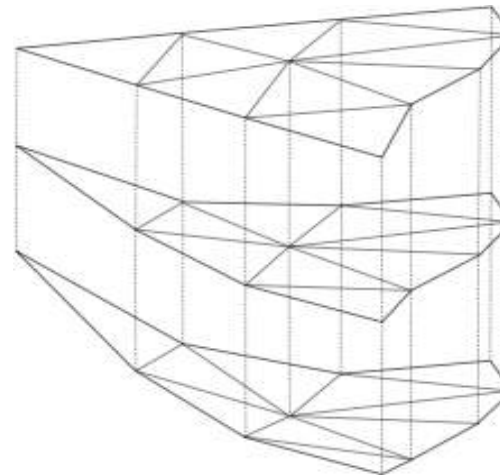
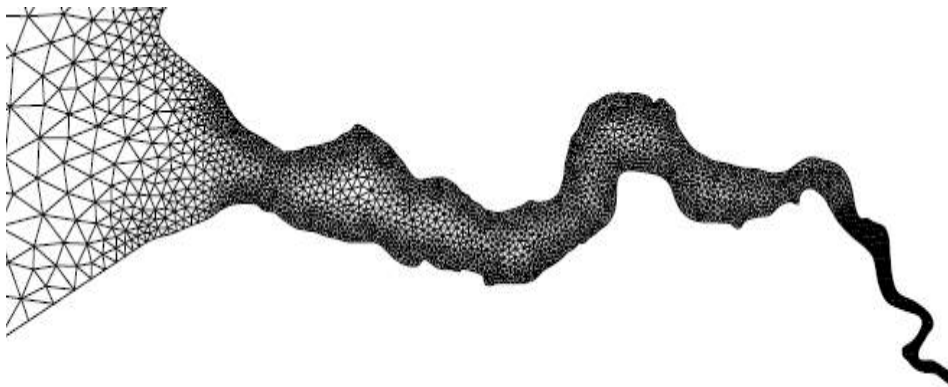
Hidrodinámica

Dados los forzantes ambientales, **RESUELVE:**

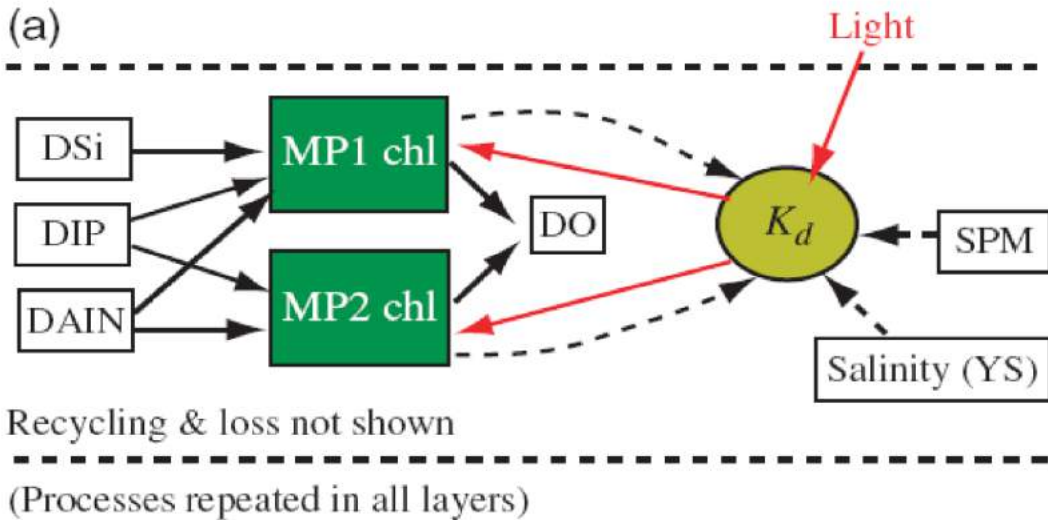
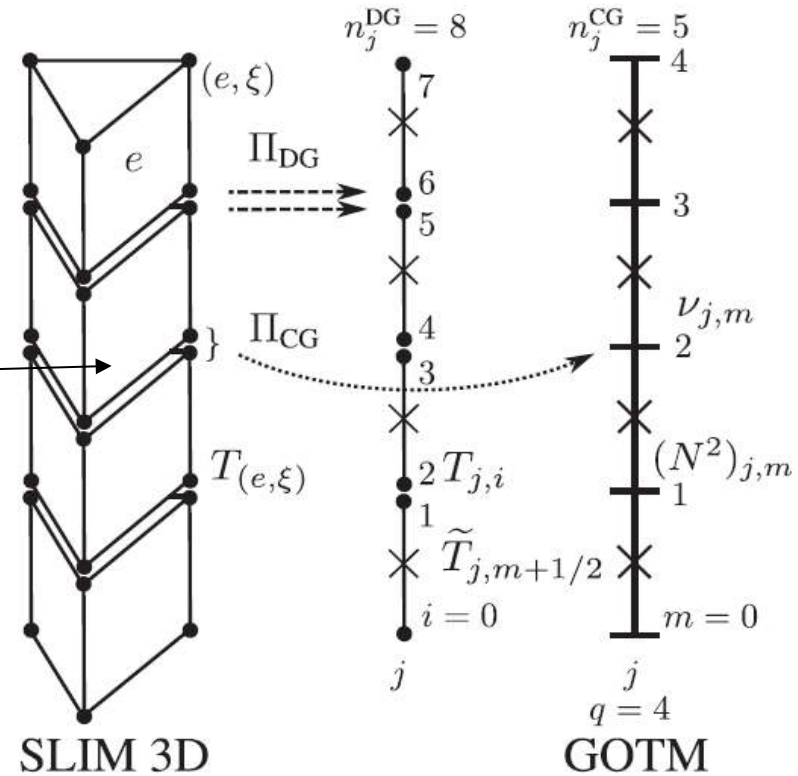
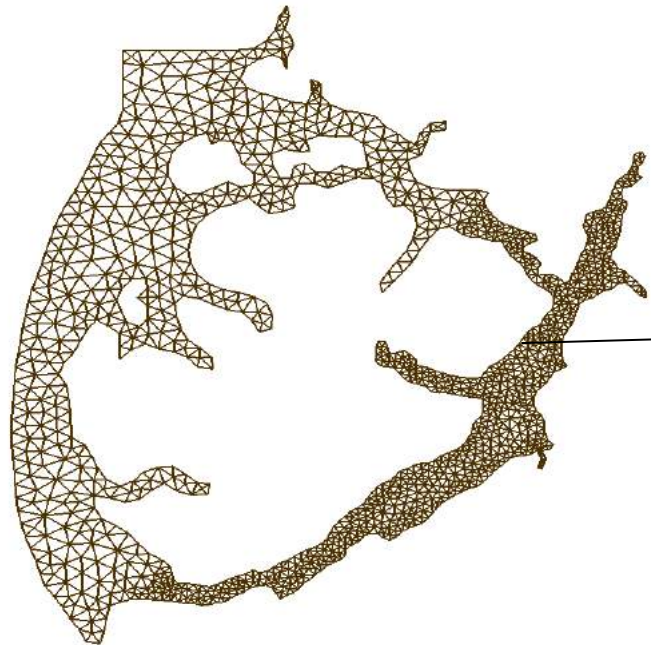
- Ecuaciones 3D estáticas de Boussinesq (ecuaciones de momentum)
- Ecuación de continuidad
- Ecuación de superficie libre
- Ecuaciones de trazadores (salinidad y temperatura)



Emplea mallas basadas en elementos finitos



Biogeoquímica: GOTM (General Ocean Turbulence Model) + FABM (Framework for Aquatic Biogeochemical Model)

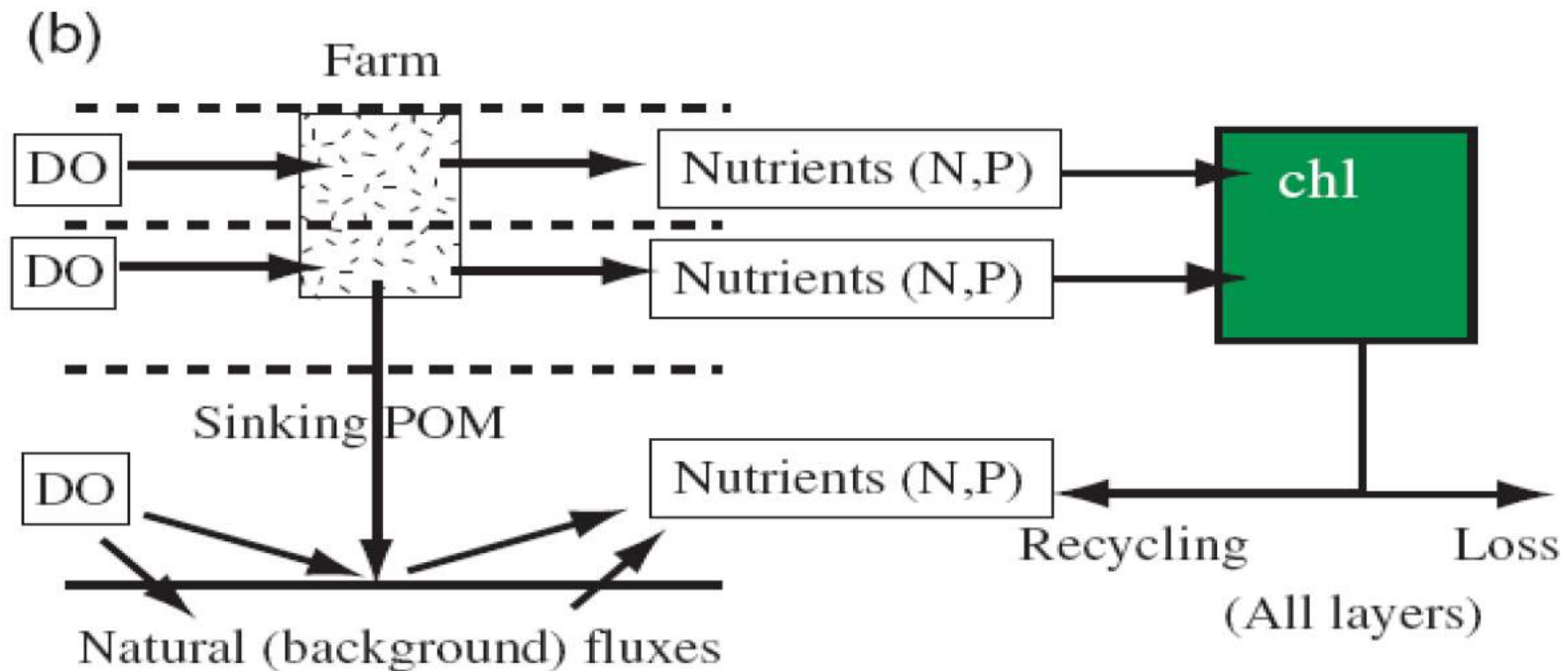


Permite resolver de manera detallada los procesos de **mezcla vertical turbulenta** y los modelos para la **producción primaria**

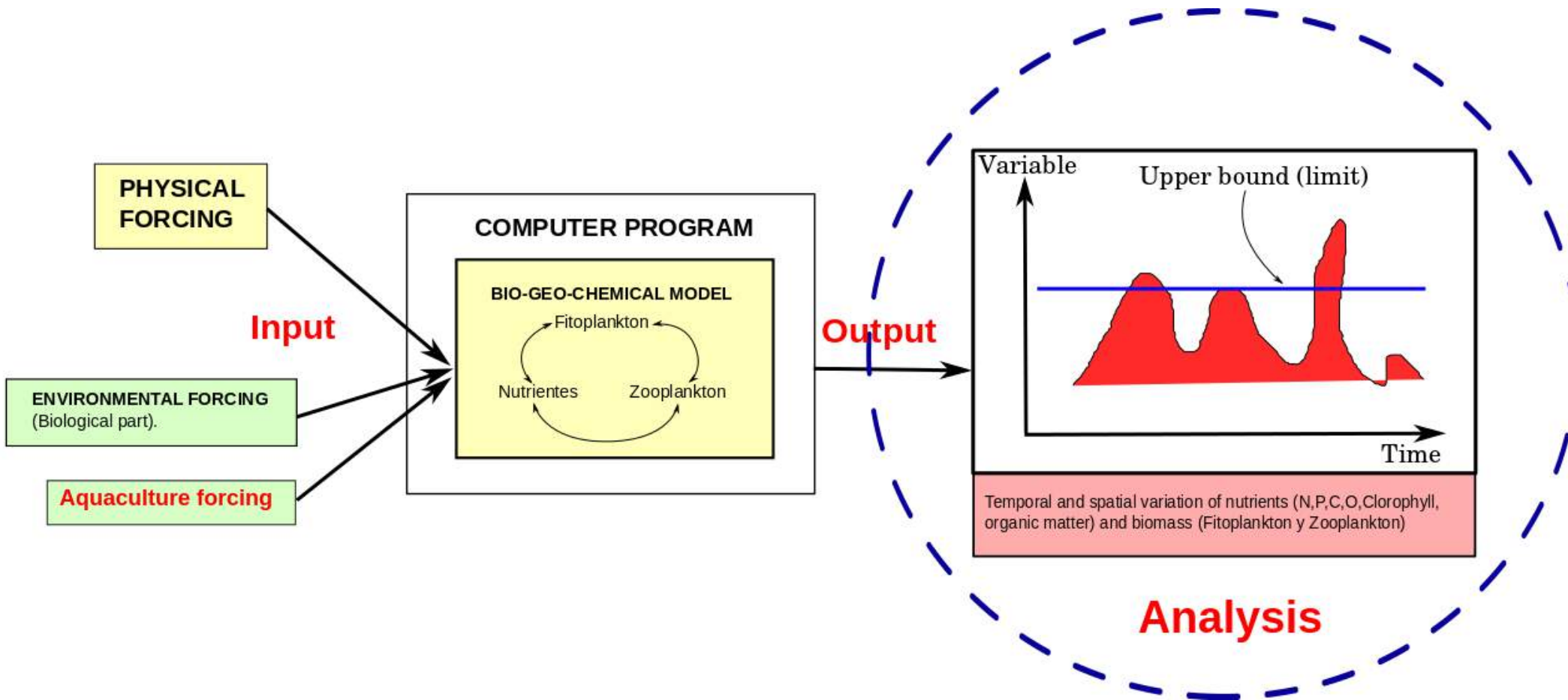
Modelo para acuicultura



Efecto combinado con otros elementos perturbadores del ecosistema?

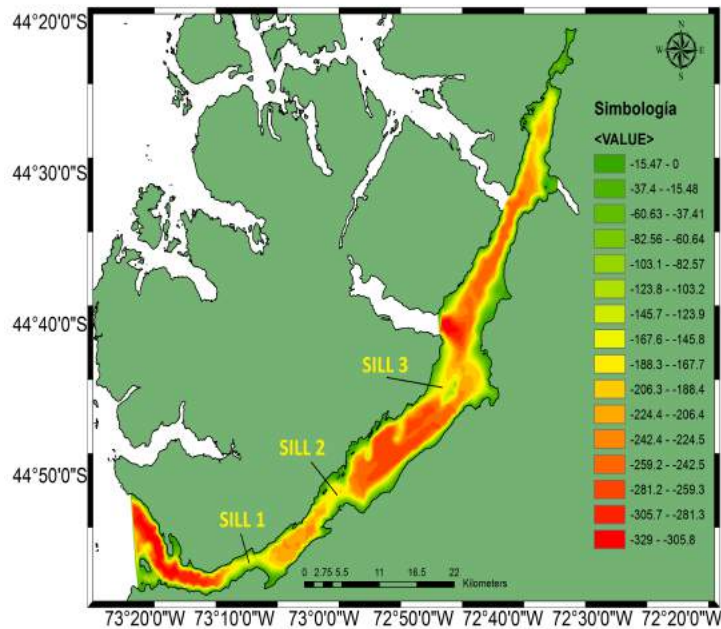
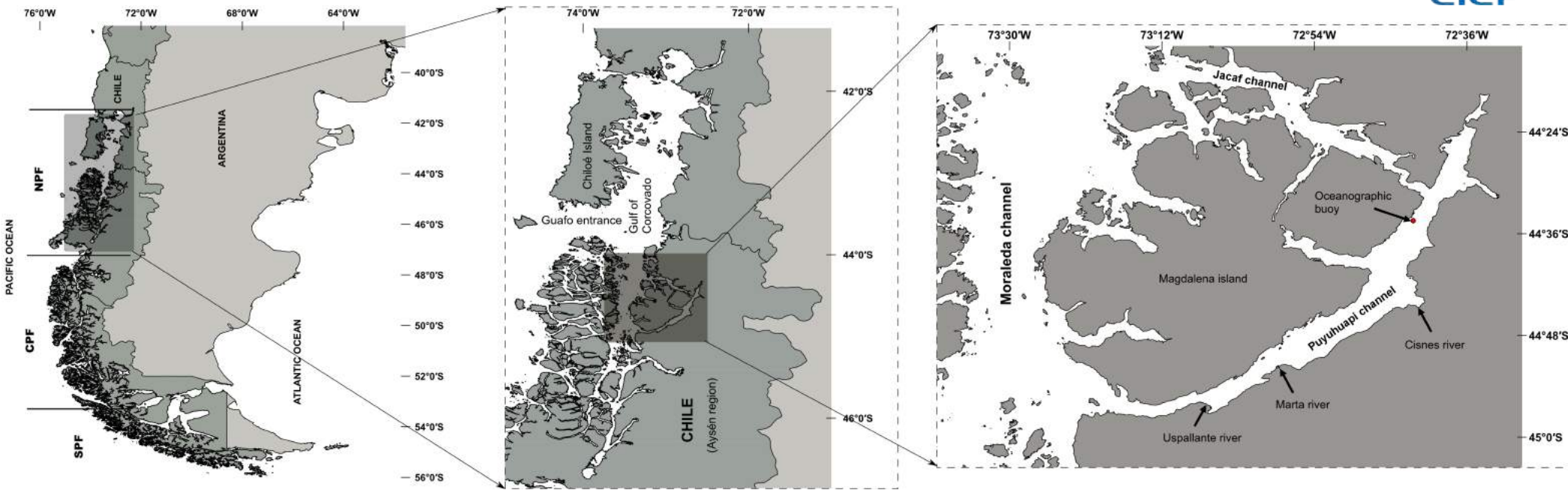


Cómo es posible estimar la capacidad de carga?



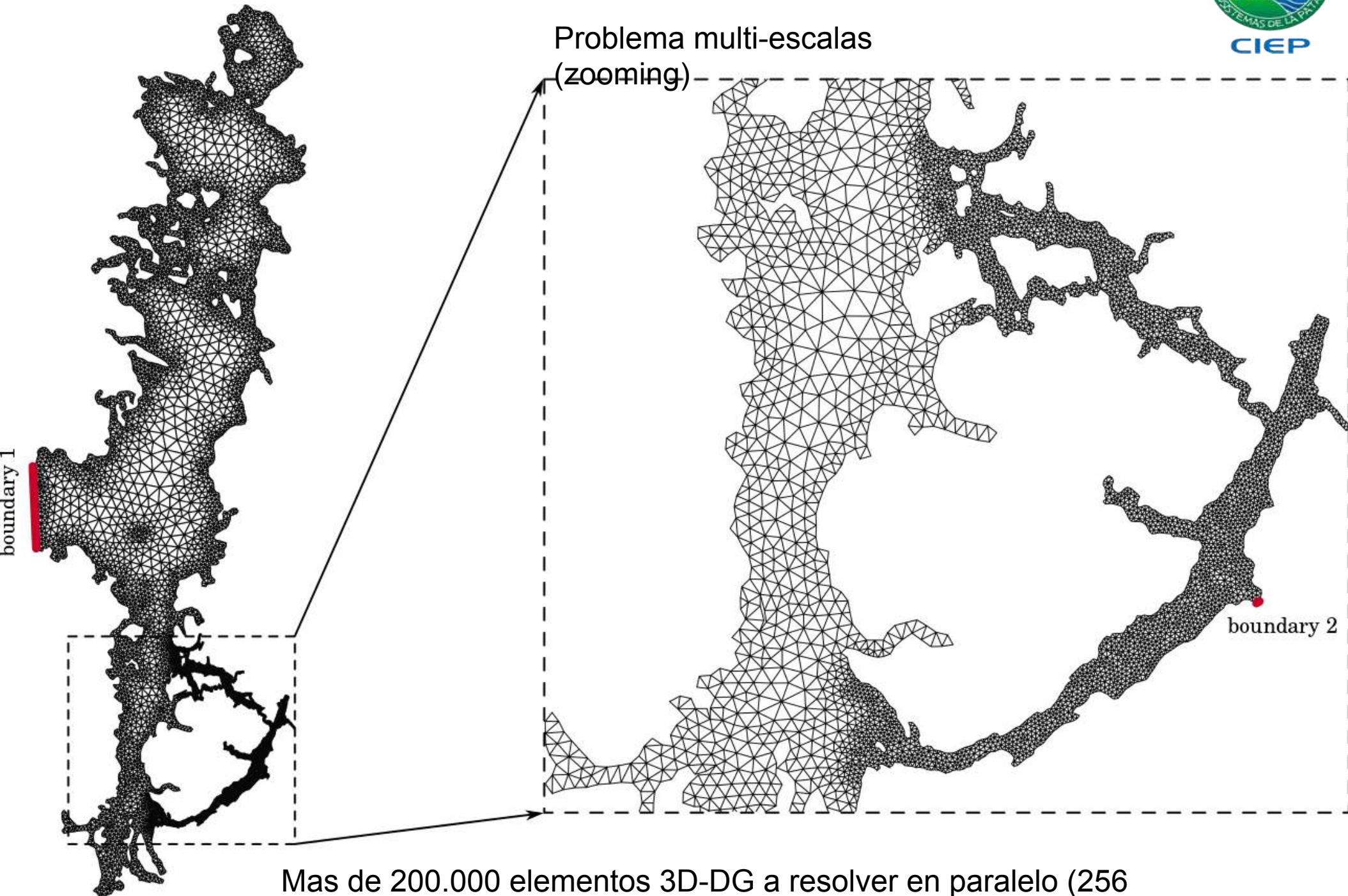
Construir guías de recomendaciones y actualizar normativas

Aplicación: Canal de Puyuhuapi



Mareas?
 Viento?
 Salinidad?
 Temperatura?
 Descargas de agua dulce?
 CB? CI?

SLIM3D model: malla y contornos

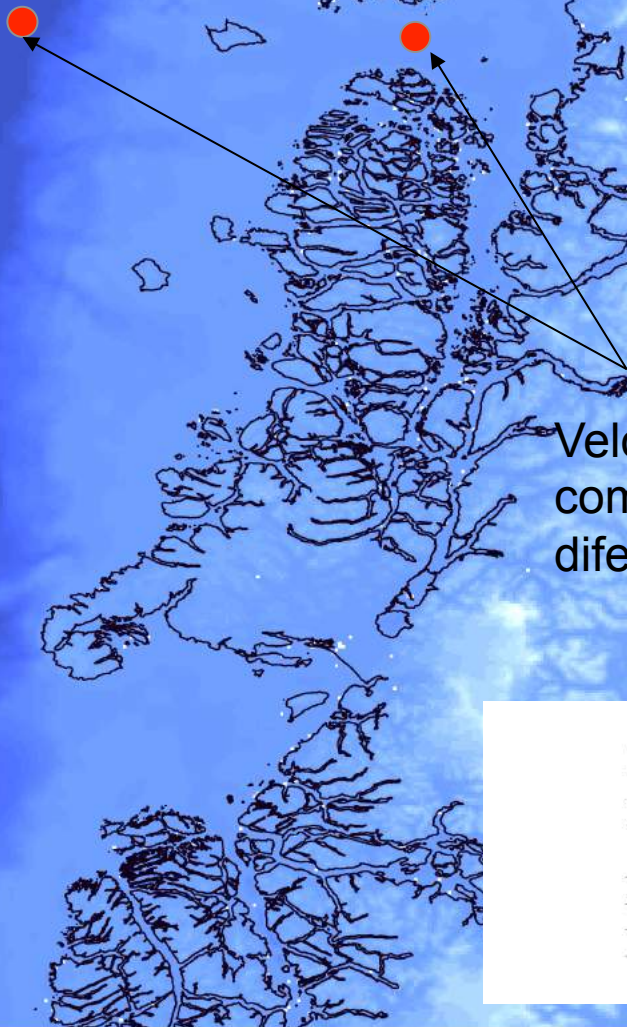


Mas de 200.000 elementos 3D-DG a resolver en paralelo (256 procesadores)

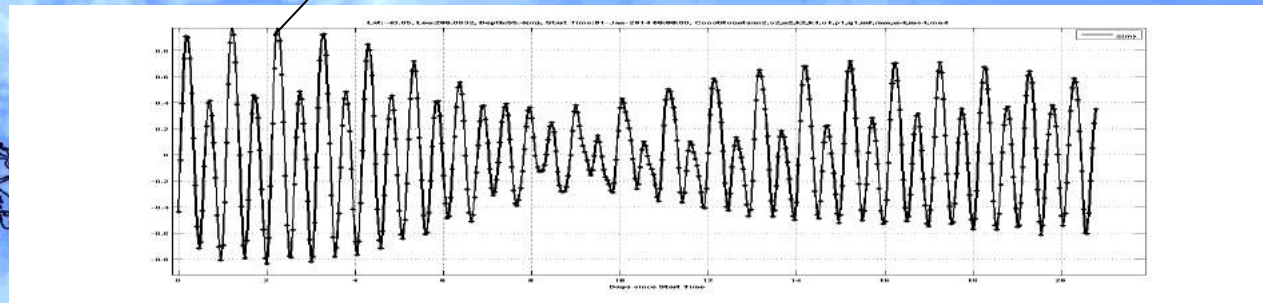
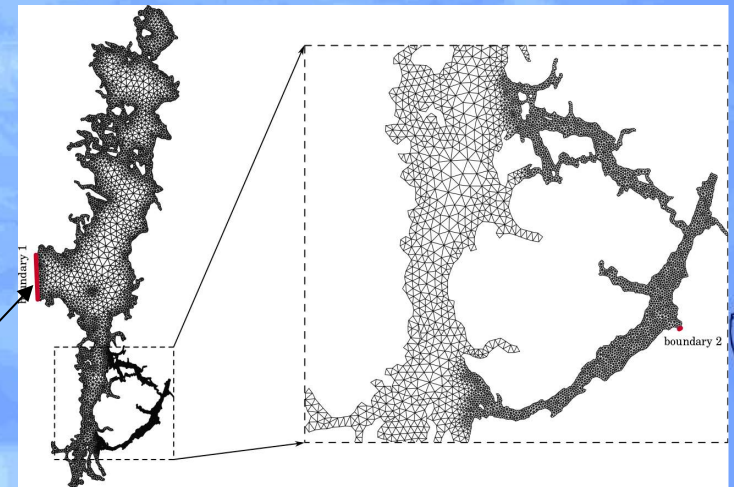
SLIM3D model: Mareas

TPXO 7.2: Tidal model driver (global y regional)

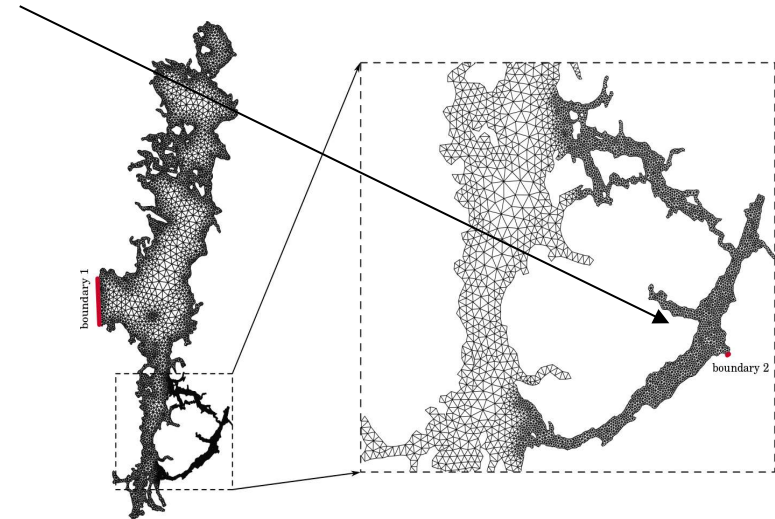
Historias de tiempo del nivel del mar y velocidades (horizontal y vertical) asociadas considerando las componentes M2, S2, N2, K2, K1, O1, P, Q1, MF, MM, M4, MS4, MN4.



Velocidades completamente diferentes!!!



Descargas de agua dulce

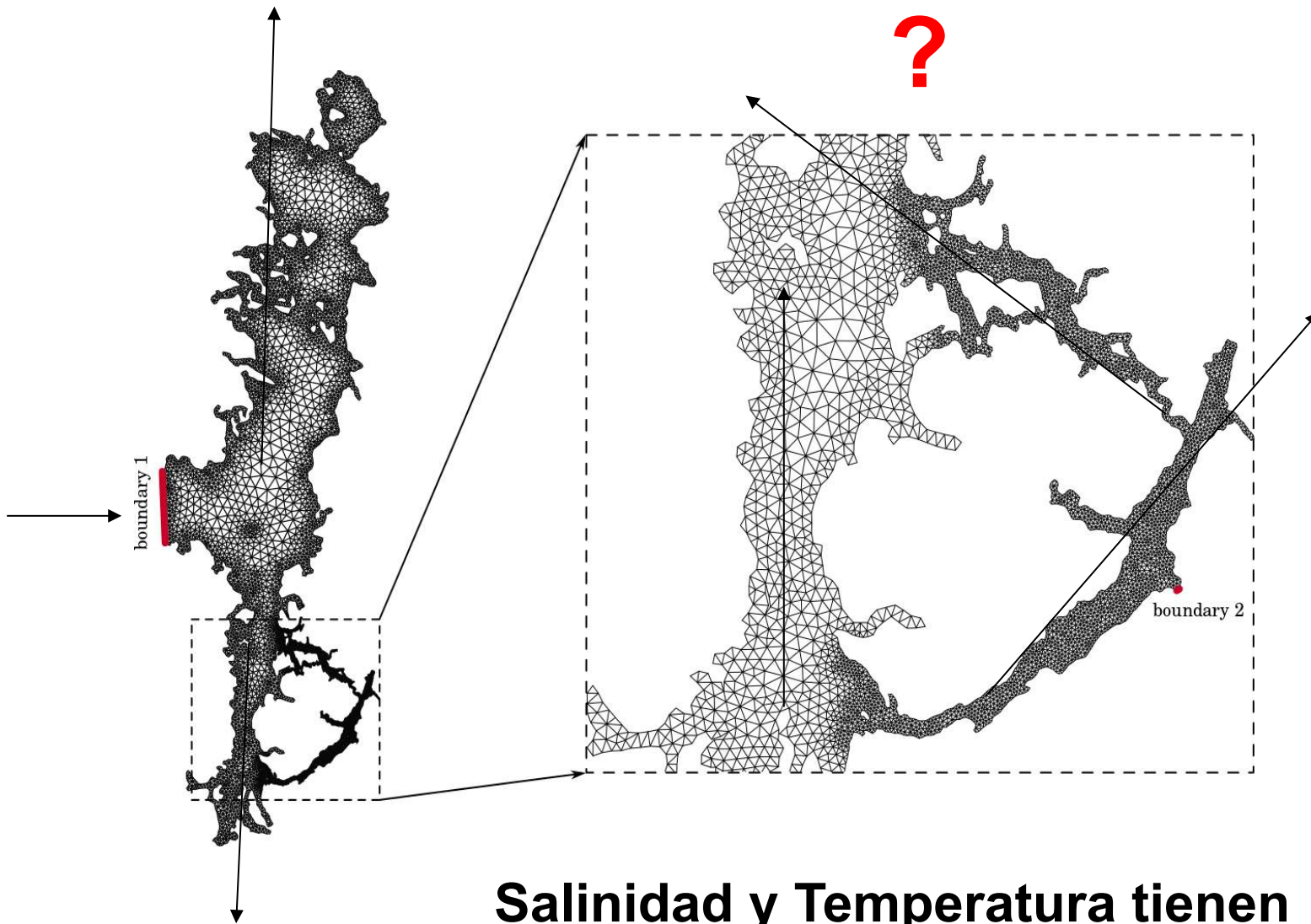


$$q(t) = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) + a_2 \cos(2\omega t) + b_2 \sin(2\omega t)$$

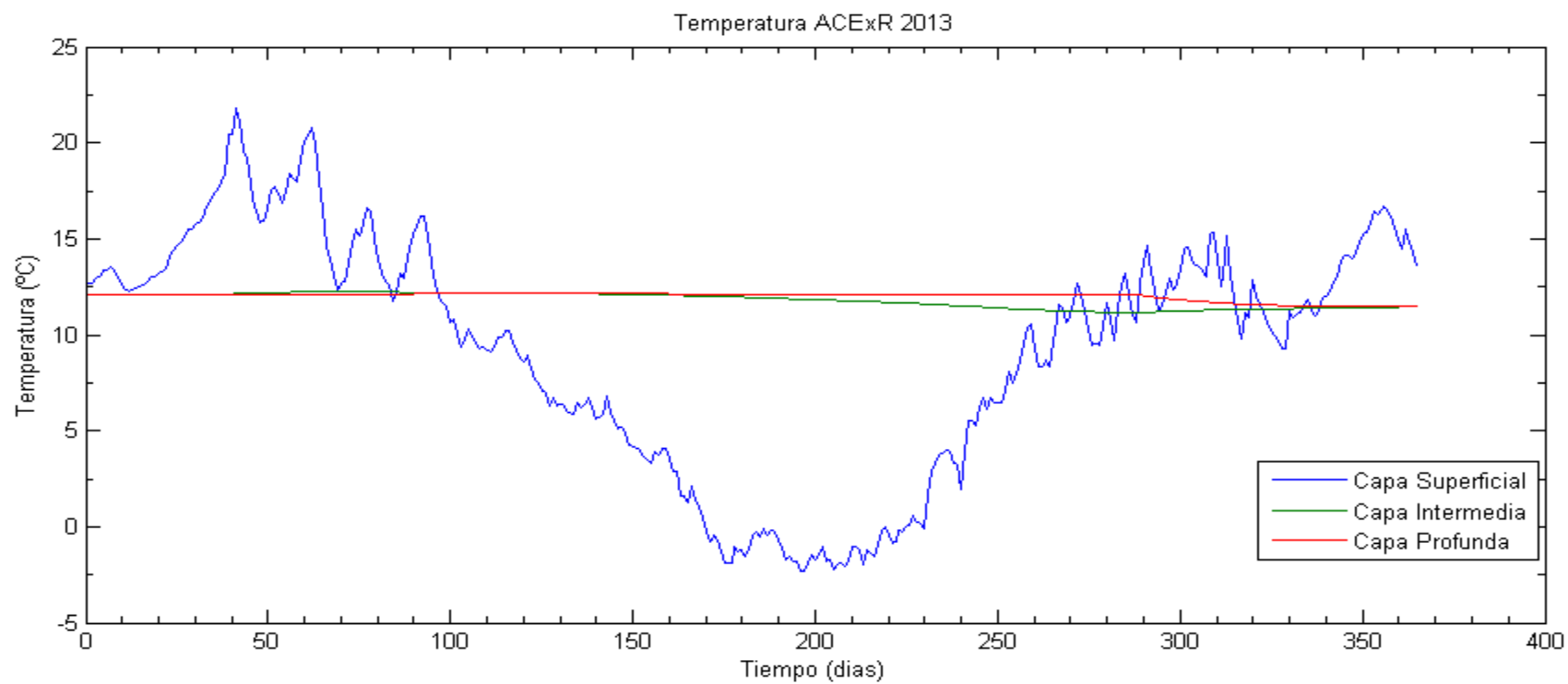
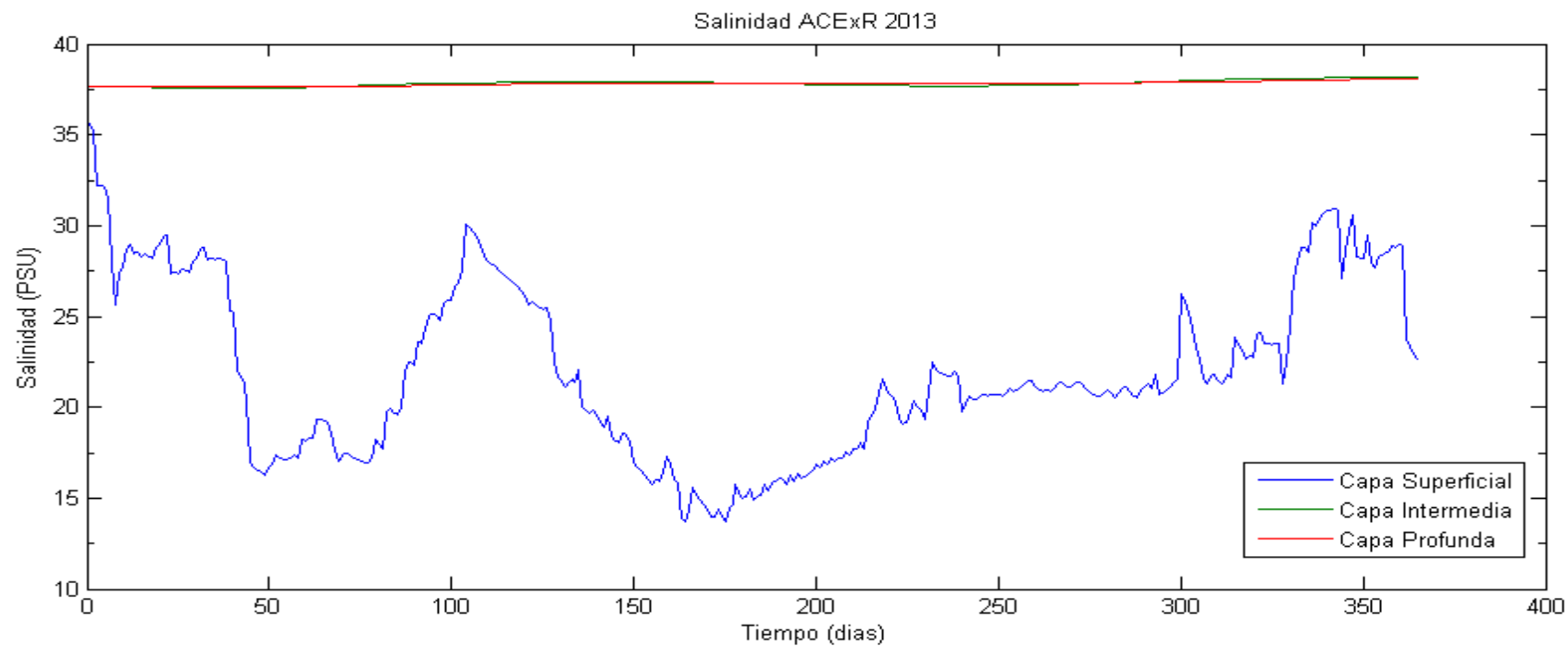
$$\bar{V}_{av} := \int_0^T q(t) dt,$$
$$\bar{V}_{av} \approx 6.8 \times 10^9 \text{ m}^3$$
$$V_{2008} \approx 6.9 \times 10^9$$
$$V_{2013} \approx 7.2 \times 10^9$$
$$V_{2015} \approx 5.9 \times 10^9$$

Lluvia?

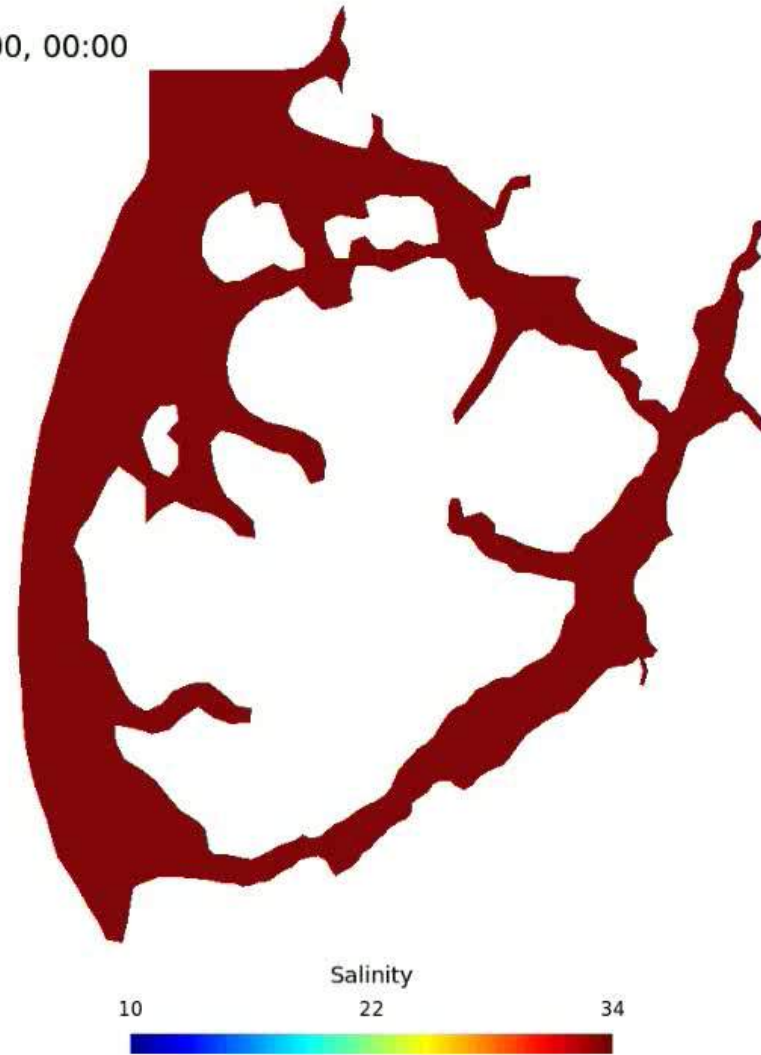
SLIM3D model: Viento



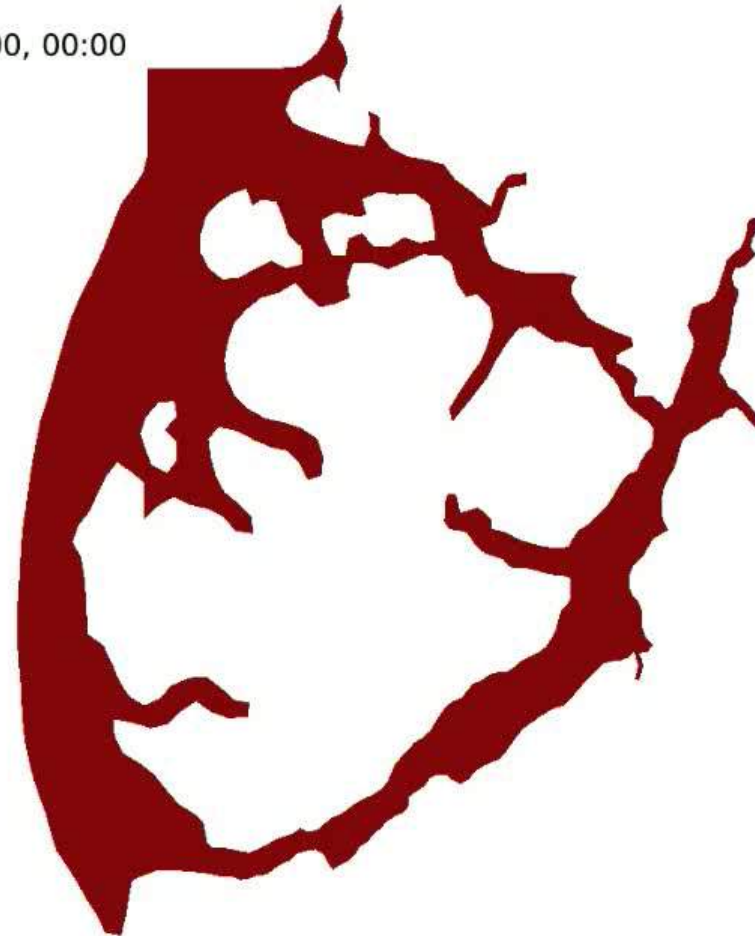
**Salinidad y Temperatura tienen
Complicaciones adicionales**



Day 00, 00:00



Day 00, 00:00



Salinity



Investigación futura

- Acoplamiento biogeoquímico.
- Estudio del comportamiento de la dinámica del ecosistema frente a fluctuaciones de gran intensidad en los forzantes ambientales y humanos.
- Casos de estudio y propuesta de modificaciones a la normativa.
- Definición de un estándar de calidad para el agua.



Gracias por su atención!

pmata@ciep.cl