

TENDENCIA DE LAS FLORACIONES ALGALES NOCIVAS Y SU RELACIÓN CON CAMBIOS EN LA TEMPERATURA Y SALINIDAD SUPERFICIAL EN ÁREAS DE SALMONICULTURA INTENSIVA DEL SUR DE CHILE

Defensa para optar al título de Ingeniera Civil Oceánica
Bárbara Jaramillo Aceituno

Profesora guía: Dra. Catalina Aguirre Galaz
Revisora: Dra. Pilar Aparicio
Revisor: Felipe Caselli Benavente



SISTEMAS MARINOS DE ALTAS LATITUDES DEL HEMISFERIO SUR



**Complejos fenómenos naturales
“Floraciones de Algas Nocivas”**



**El mayor sistema de estuarios y
fiordos del hemisferio sur**



Biodiversidad de organismos



**Fragmentaron y
modelaron el territorio**

**Fuertes retrocesos y
pérdidas volumétricas**



**Aportes de agua
dulce al sistema**

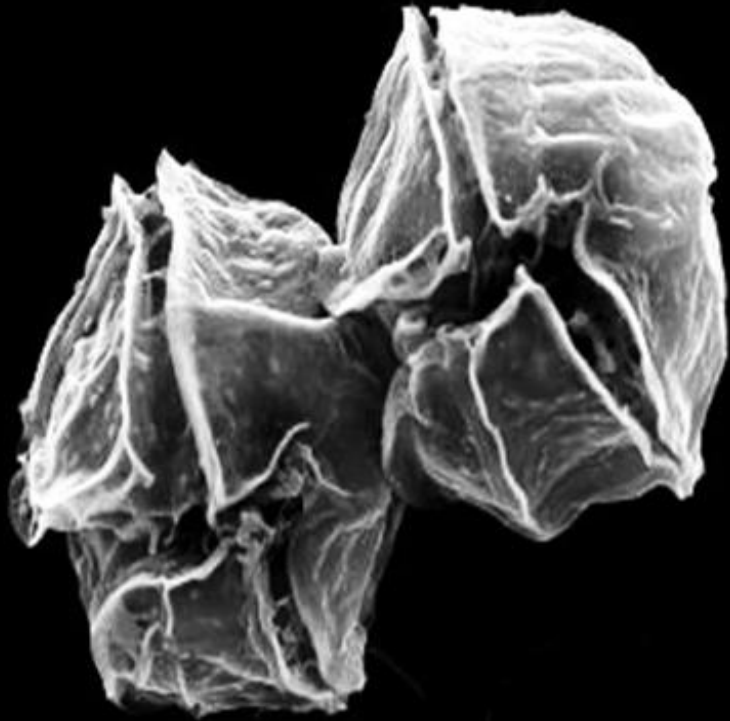


Gradientes oceanográficos a diversas escalas

FLORACIONES DE ALGAS NOCIVAS EN LA PATAGONIA CHILENA

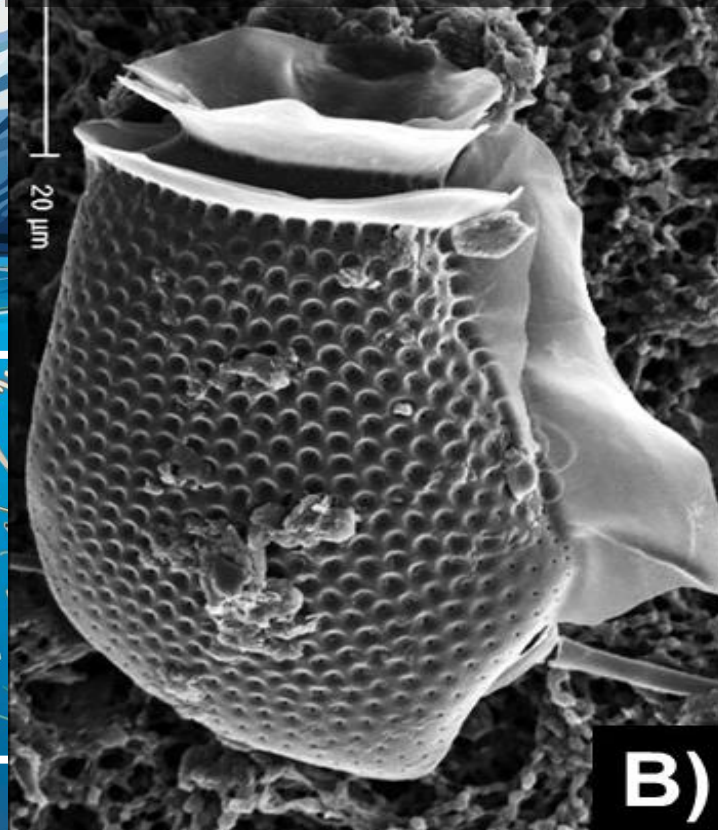


Alexandrium catenella



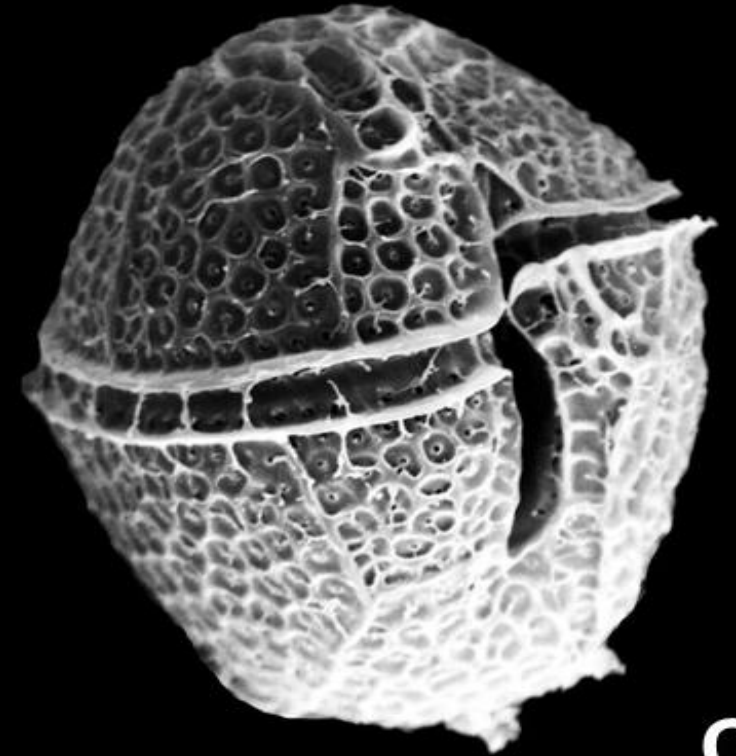
A)

Dinophysis acuta



B)

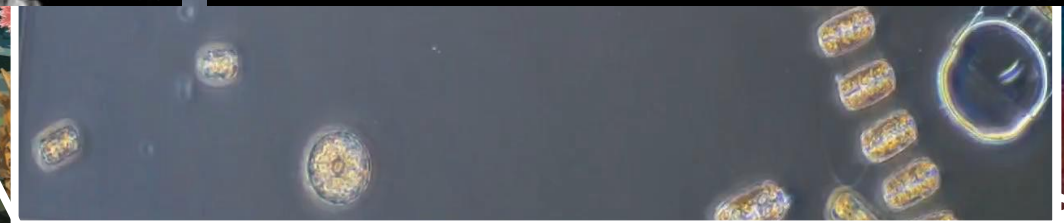
Protoceratium reticulatum



C)

Macroalgas

Moluscos



FLORACIONES DE ALGAS NOCIVAS: FENÓMENO PERSISTENTE EN LA PATAGONIA



Más de 5 mil toneladas de salmones han muerto por "marea café" en la Patagonia chilena



Expertos explican la floración de algas nocivas que causó la muerte masiva de peces en el sur

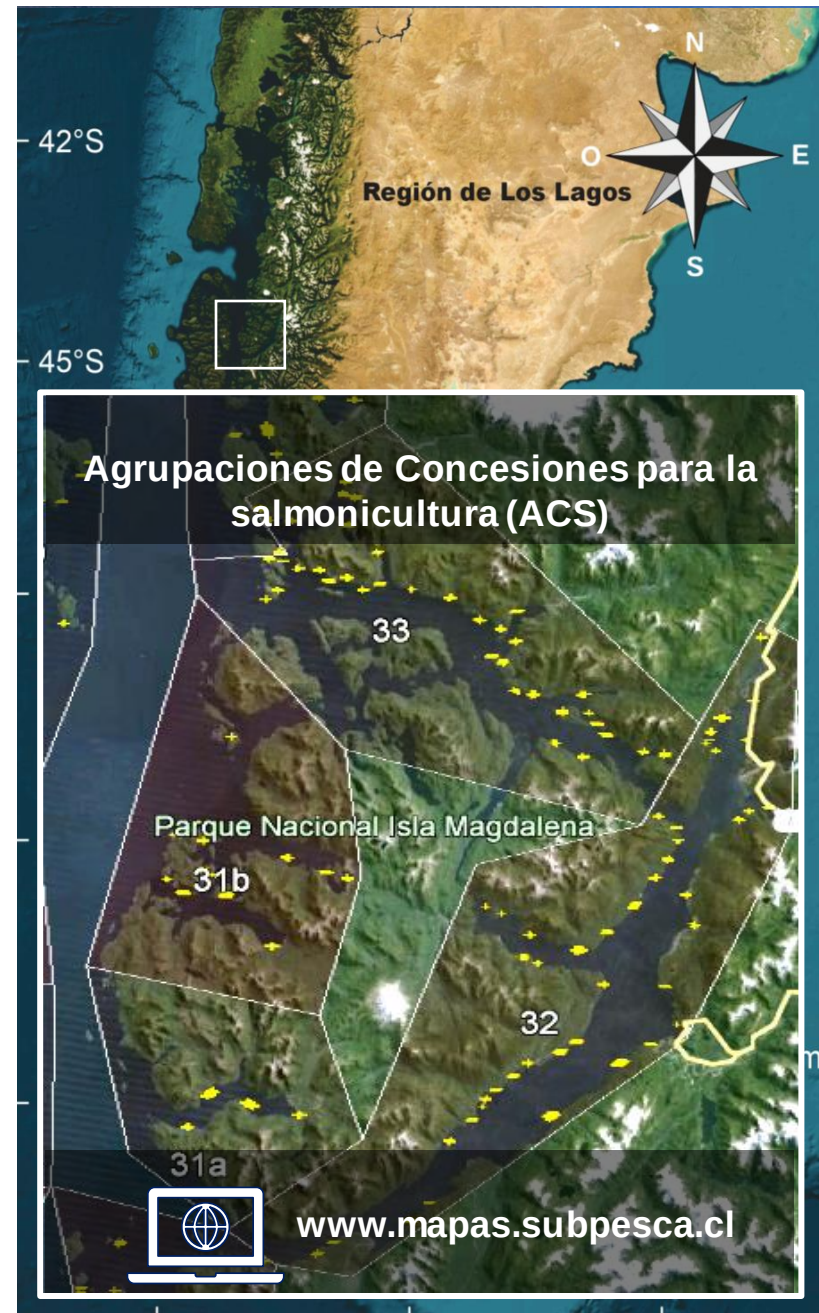


Millones de salmones mueren en nuevo desastre sanitario-ambiental en fiordos y canales de Chiloé y Aysén



SML confirmó que pescador murió intoxicado por consumir mariscos con marea roja en Aysén

INDUSTRIA DE LA SALMONICULTURA EN CHILE

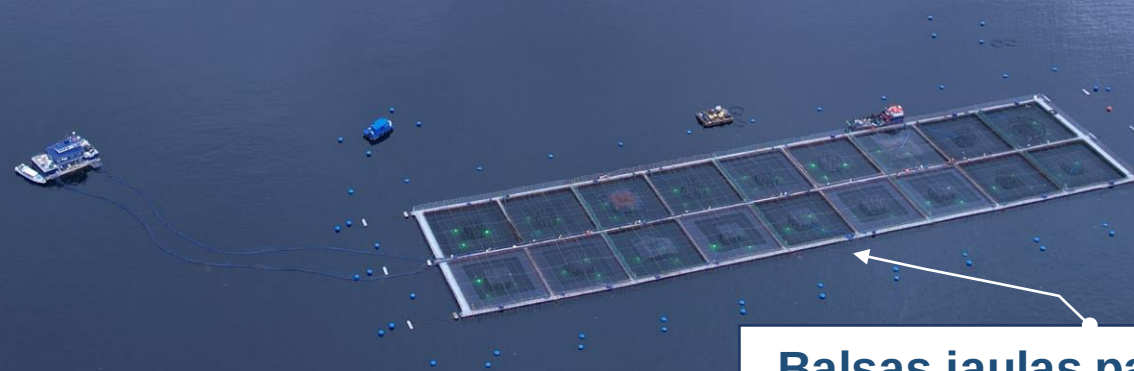


Rama de la acuicultura (cultivo de peces y otras especies del mar) que consiste en el **cultivo intensivo de distintas especies de salmónidos** en zonas designadas para el desarrollo de la salmonicultura (ACS). La fase de engorda de salmones se realiza en las **balsas jaulas** instaladas en canales y fiordos.

Salmón del Atlántico
(*Salmo salar*)

Salmón del Pacífico
(*Oncorhynchus kisutch*)

Trucha Arcoíris
(*Oncorhynchus mykiss*)



Balsas jaulas para la
fase de engorda

IMPACTOS DE LA SALMONICULTURA

REVIEWS IN
Aquaculture

Problema especial

Acceso
Abierto



Cuestiones ambientales en la salmonicultura chilena: una revisión

Renato A. Quiñones ✉, Marcelo Fuentes, Rodrigo Montes, Doris Soto, Jorge León Muñoz

Publicado por primera vez: 29 de abril de 2019 | <https://doi.org/10.1111/raq.12337> |

Citas: 161



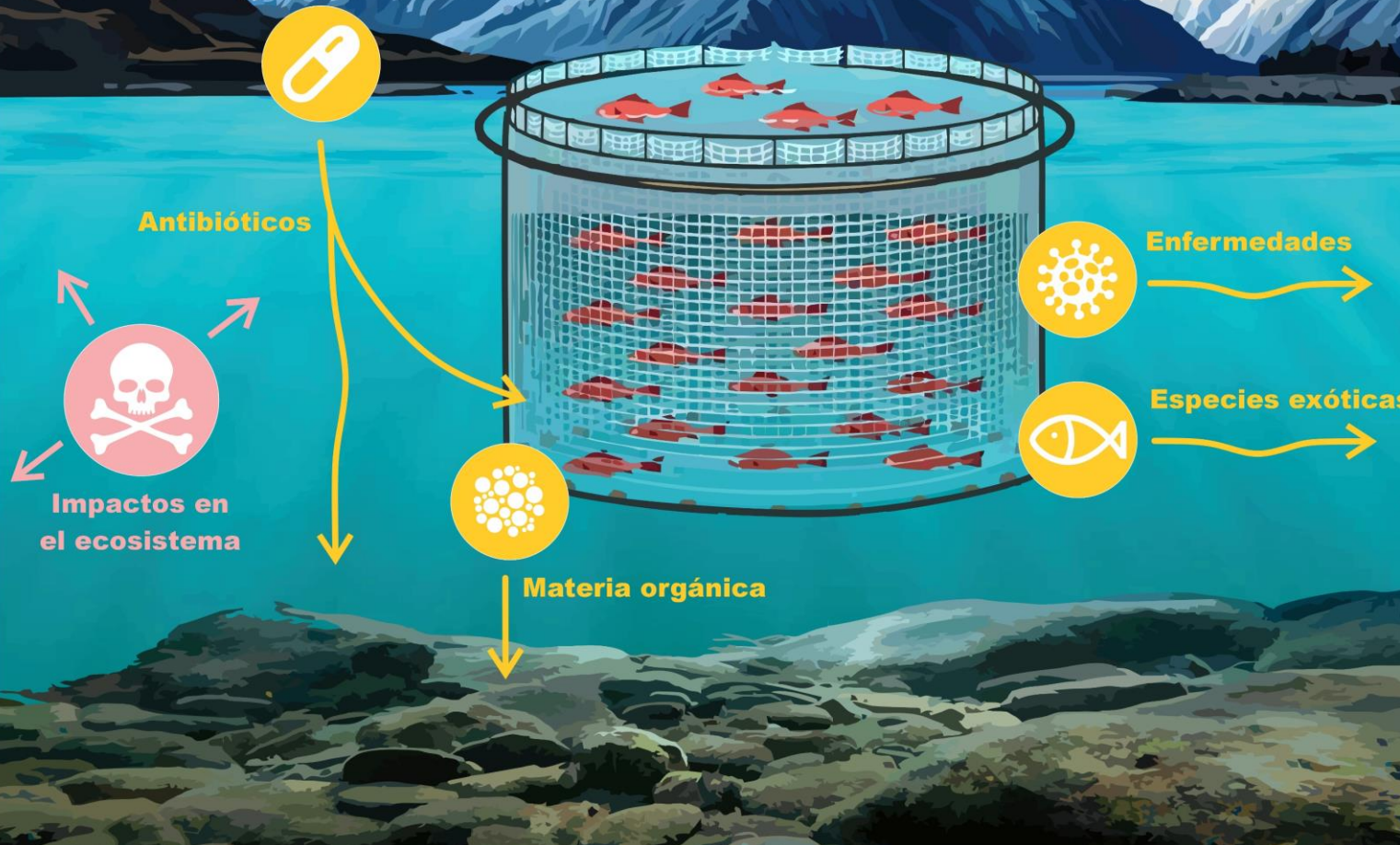
Propuesta de evaluación del desempeño ambiental de la salmonicultura Chilena a escala de ecosistemas. Octubre 2020.

Castilla, J. C., Armesto, J. J., y Martínez-Harms, M. J. (Eds.). (2021). *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica, 600 pp.

Capítulo 12 ACUICULTURA Y SUS IMPACTOS EN LA CONSERVACIÓN DE LA PATAGONIA CHILENA

AQUACULTURE AND ITS IMPACTS ON THE CONSERVATION
OF CHILEAN PATAGONIA

ALEJANDRO H. BUSCHMANN^{a,b} • EDWIN J. NIKLITSCHKE^a • SANDRA V. PEREDA^a





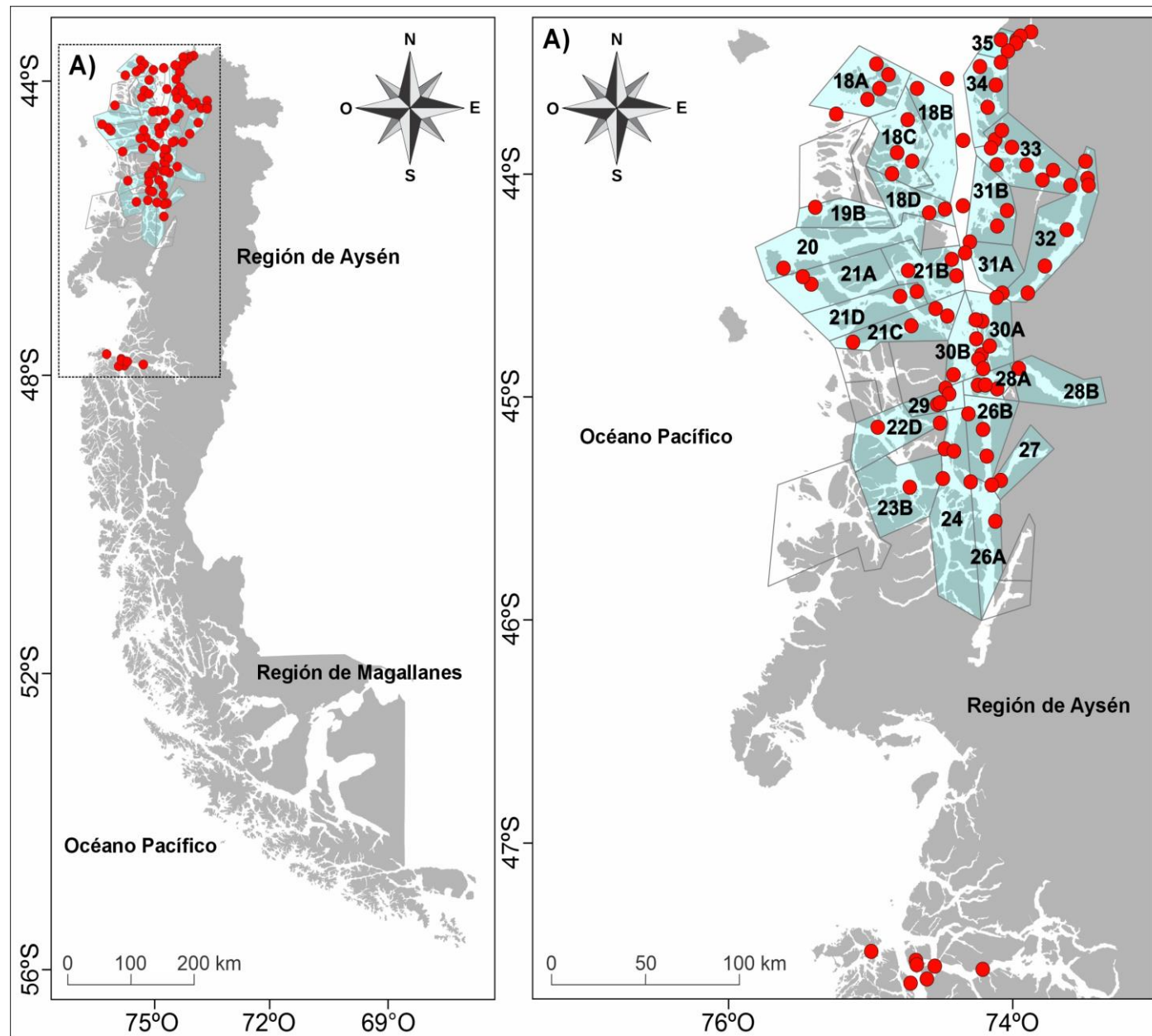
OBJETIVO GENERAL

Analizar la **distribución espacial** de la **tendencia** de la **abundancia relativa** de tres especies de microalgas asociadas a FAN y su relación con los **cambios oceanográficos** superficiales observados en verano en los canales y fiordos de la región de Aysén, donde se desarrolla una salmonicultura intensiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar los patrones espaciales y las tendencias de **parámetros oceanográficos** en los canales y fiordos de las regiones de Aysén, Los Lagos y Magallanes.
2. Determinar la distribución espacial y las tendencias de la **abundancia relativa** de tres especies de microalgas asociadas a FAN; ***Alexandrium catenella***, ***Dinophysis acuta*** y ***Protoceratium reticulatum*** en los canales y fiordos de la región de Aysén.
3. Evaluar la relación entre las tendencias de la **abundancia relativa** de las tres especies de microalgas asociadas a FAN con los cambios en los **parámetros oceanográficos**, la **biomasa acumulada** de cosecha de salmones y el **número de concesiones**.
4. Comparar la **abundancia relativa** de las tres especies de microalgas asociadas a FAN entre **áreas geográficas** con actividad de **salmonicultura intensiva** y las que aún son **prístinas** en la región de Aysén.

ÁREA DE ESTUDIO



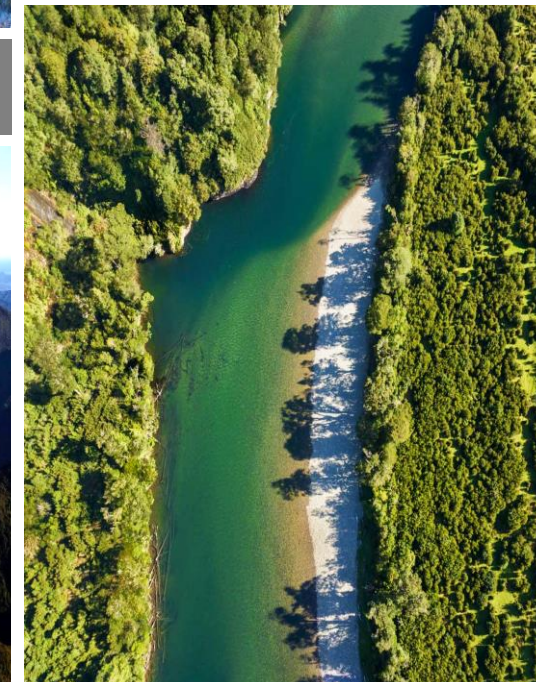
Fiordo Puyuhuapi



Estero Quitralco



Río Cisnes



Parque Nacional Isla Magdalena



Estaciones de muestreo (N = 95; puntos rojos) junto a sus respectivas Agrupaciones de Concesiones de Salmonicultura (N = 27; polígonos celestes) en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

DATOS ANALIZADOS



INSTITUTO DE
FOMENTO
PESQUERO

Base de datos del **Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas** (2006 - 2020)

- Mediciones de **temperatura** y **salinidad superficial** (1,5 - 2 m de profundidad)
- Datos de **abundancia relativa** (1,5 - 2 m de profundidad) de tres especies de microalgas (*A. catenella*, *D. acuta*, *P. reticulatum*)



Base de datos del **Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura**

- **Biomasa acumulada total de cosecha de salmones** (2010 - 2019)
- Número de **concesiones** para cada Agrupación de Concesiones de Salmonicultura (ACS)

Especies de estudio productoras de toxinas : A) *Alexandrium catenella*; B) *Dinophysis acuta*; C) *Protoceratium reticulatum*. Detalle de escala cualitativa de abundancia relativa (AR).

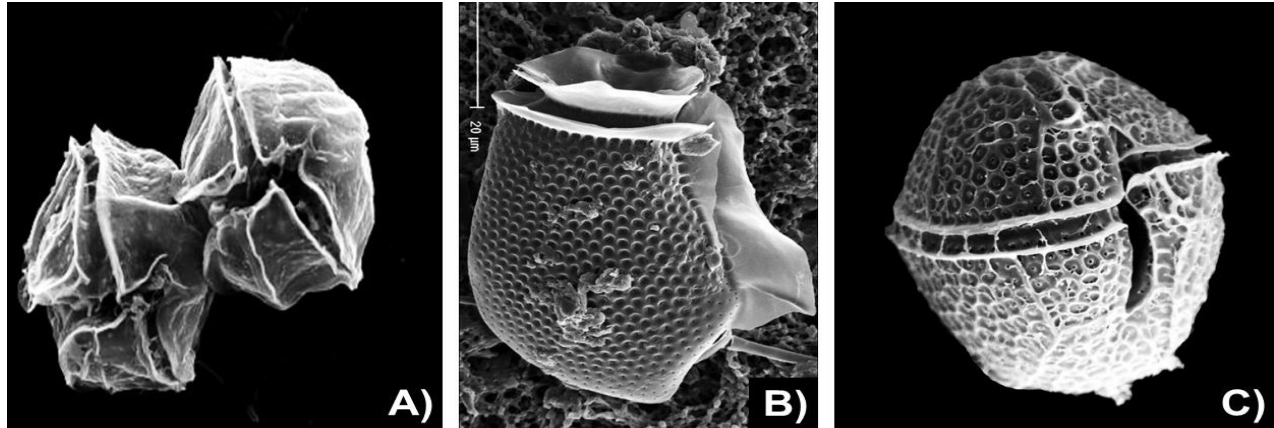


Tabla 1. Escala cuantitativa de abundancia relativa (Uribe et al., 1995; Guzmán et al., 2015)

Nivel de abundancia relativa	Escala	<i>Dinophysis acuta</i>	<i>A. catenella</i> ; <i>P. reticulatum</i>
		[células/ml]	[células/ml]
AUSENTE	0	0	0
RARO	1	1 - 5	1 - 2
ESCASO	2	6 - 15	3 - 10
REGULAR	3	16 - 35	11 - 42
ABUNDANTE	4	36 - 75	43 - 170
MUY ABUNDANTE	5	76 - 155	171 - 682
EXTREMADAMENTE ABUNDANTE	6	156 - 315	683 - 2730
HÍPER ABUNDANTE	7	316 - 635	2731 - 10922
ULTRA ABUNDANTE	8	-	10923 - 43690
MEGA ABUNDANTE	9	-	43691 - 174760

ANÁLISIS DE DATOS

Periodo 2006 - 2020

Obtener promedios de verano
Diciembre – Enero – Febrero

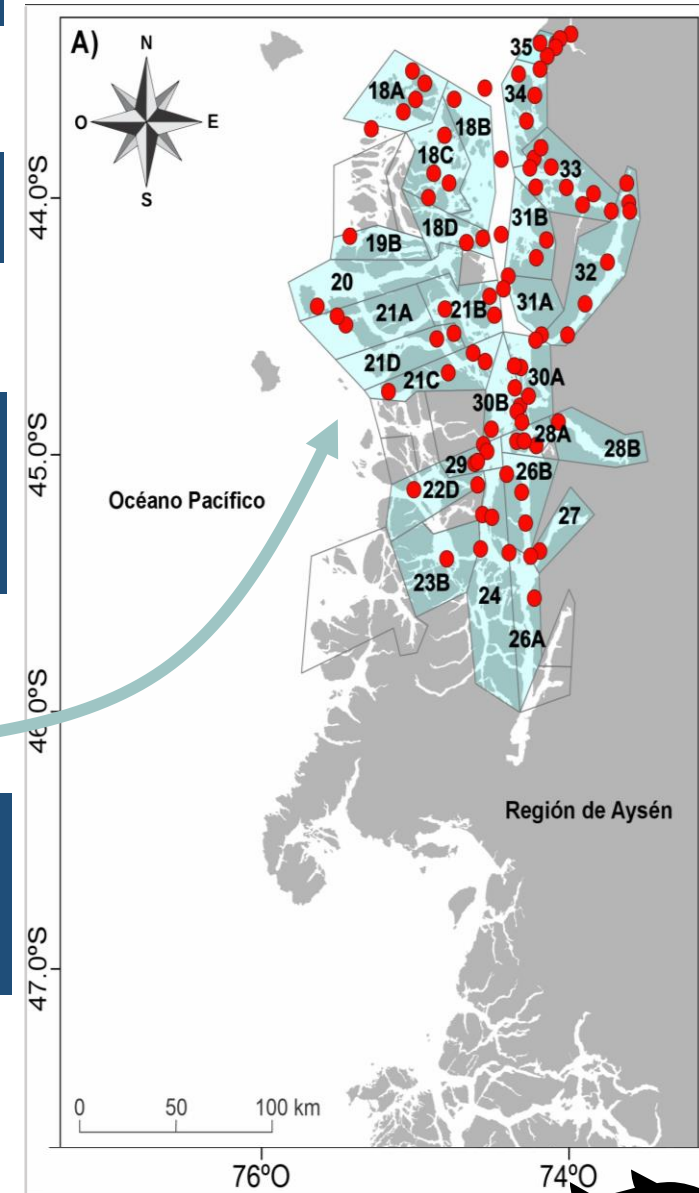
Obtener tendencias temporales a
través de regresiones lineales

Evaluar la relación de las tendencias
de abundancia relativa con la
temperatura y salinidad superficial de
la columna de agua

25 ACS

Determinar la relación entre la
biomasa acumulada y el número de
concesiones con la tendencia de
abundancia relativa

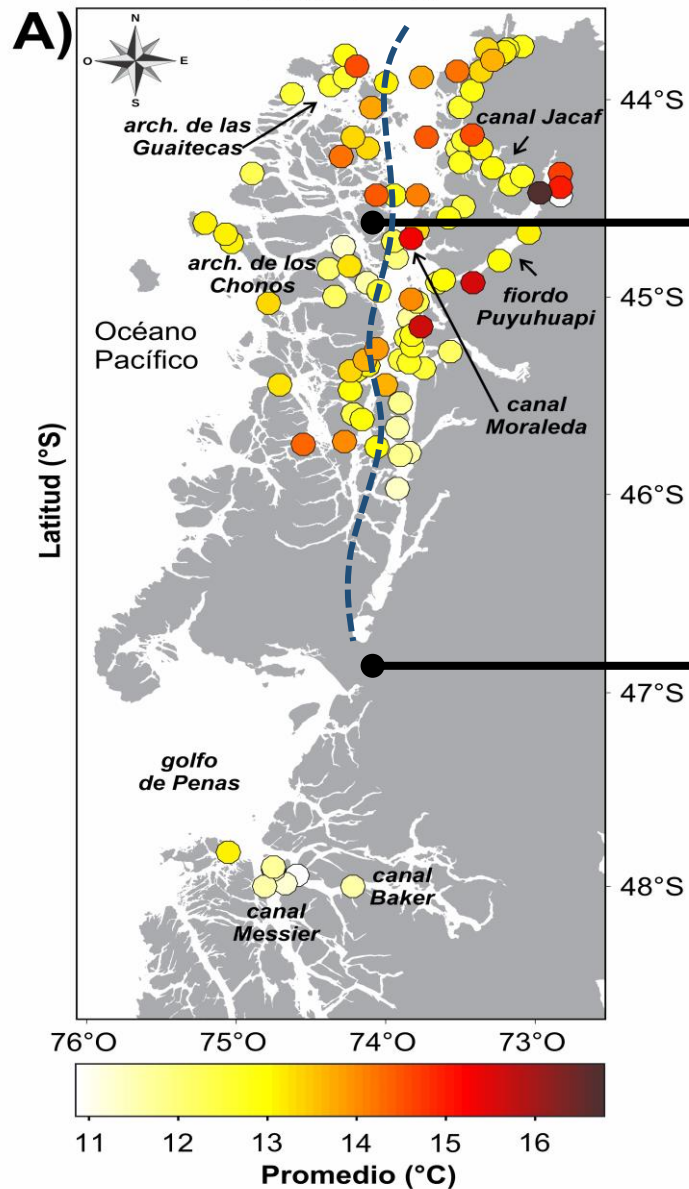
65 estaciones



RESULTADOS: CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

Temperatura promedio de verano
en Aysén (2006-2020)

Longitud (°O)



Región de Aysén

Temperatura promedio $> 12^{\circ}\text{C}$
Salinidad promedio < 20 PSU



Sector continental

(e.g. Fiordo Puyuhuapi , Canal Moralesda y Península Melimoyu)

Temperatura promedio $< 12^{\circ}\text{C}$
Salinidad promedio > 25 PSU



Sector insular

(e.g. Canal Moralesda hacia el O. Pacífico)

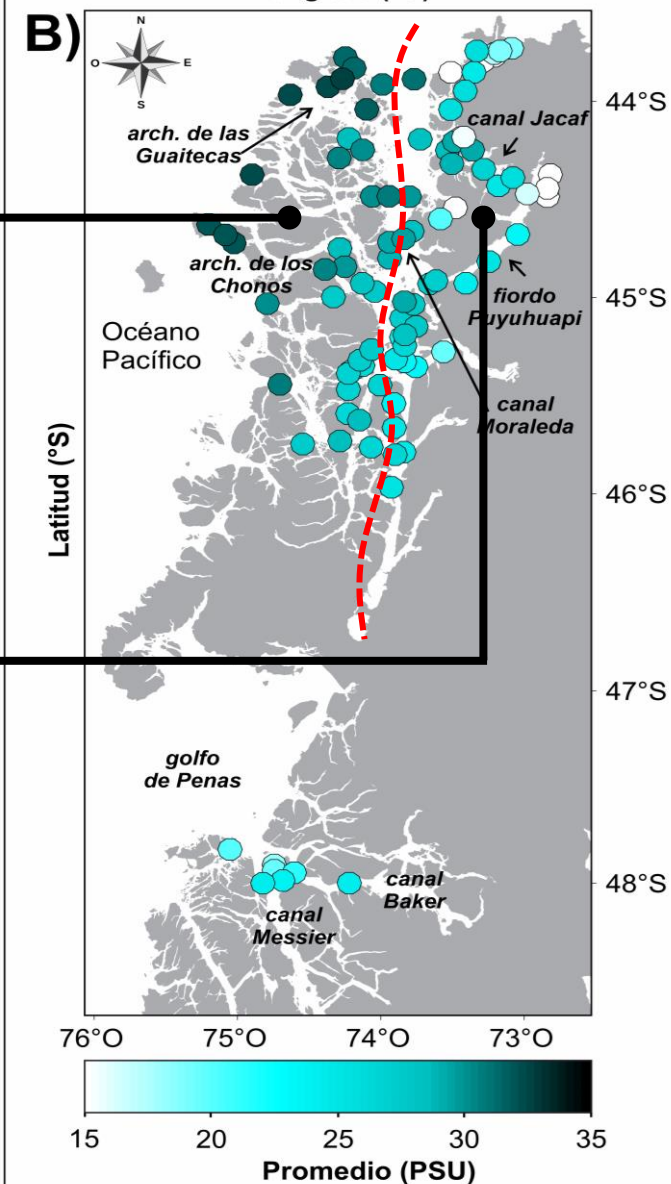
Sur del Golfo de Penas

(e.g. Canal Messier y Canal Baker)



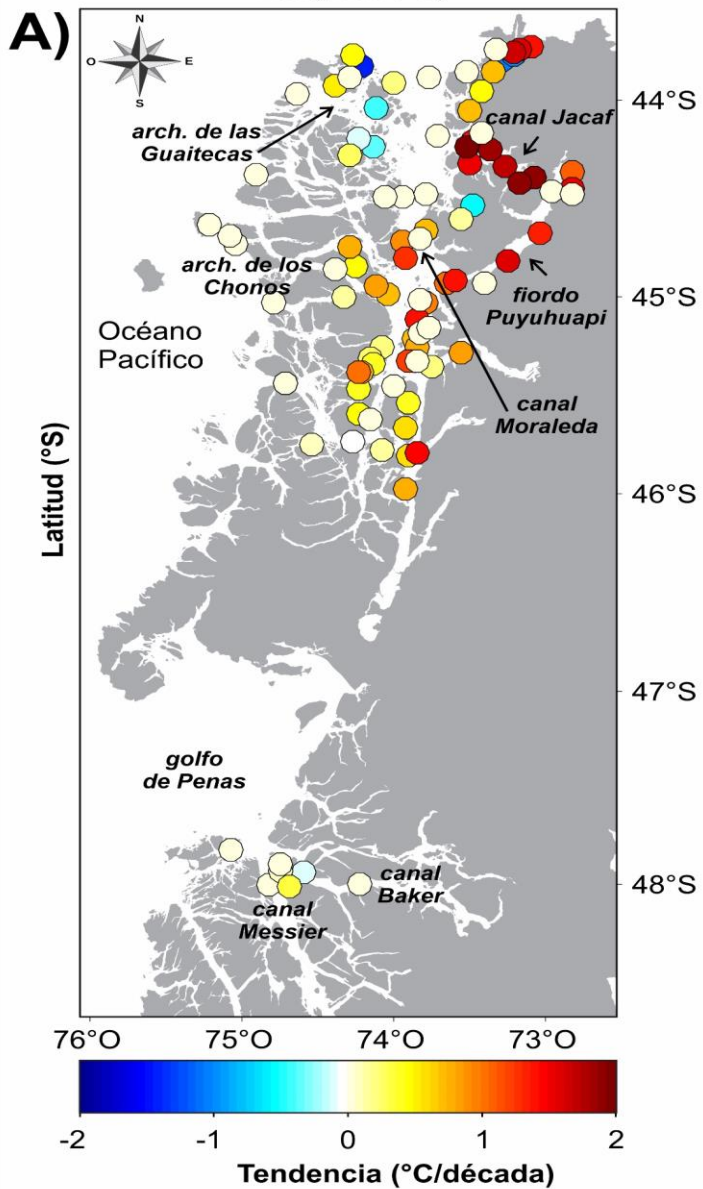
Salinidad promedio de verano
en Aysén (2006-2020)

Longitud (°O)



RESULTADOS: TENDENCIA DE TEMPERATURA Y SALINIDAD SUPERFICIAL

Tendencia de la temperatura superficial de verano en Aysén (2006-2020)
Longitud (°O)



Tendencia temperatura



F. Puyuhuapi
C. Moralesda sur
C. Jacaf (2°C/déc.)



C. Moralesda norte (1,4°C/déc.)

Tendencia salinidad



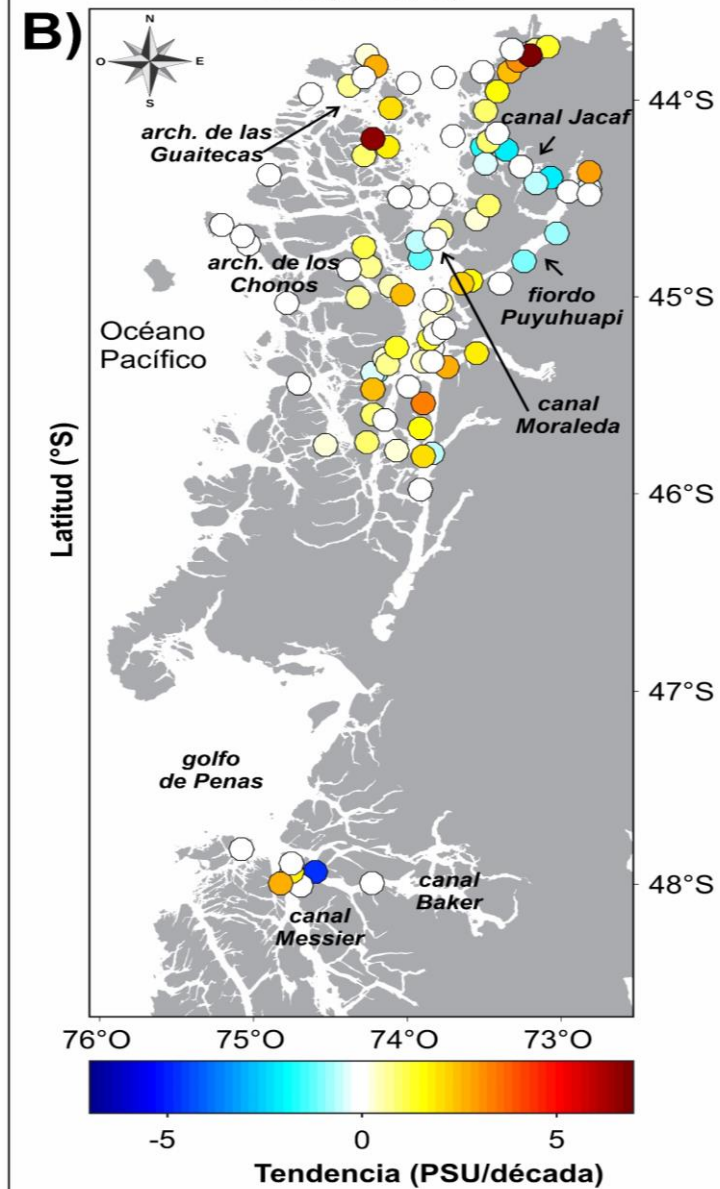
C. Moralesda sur
C. Moralesda norte (7 y 8 PSU/déc.)



C. Jacaf
F. Puyuhuapi (2 PSU/déc.)
C. Moralesda centro



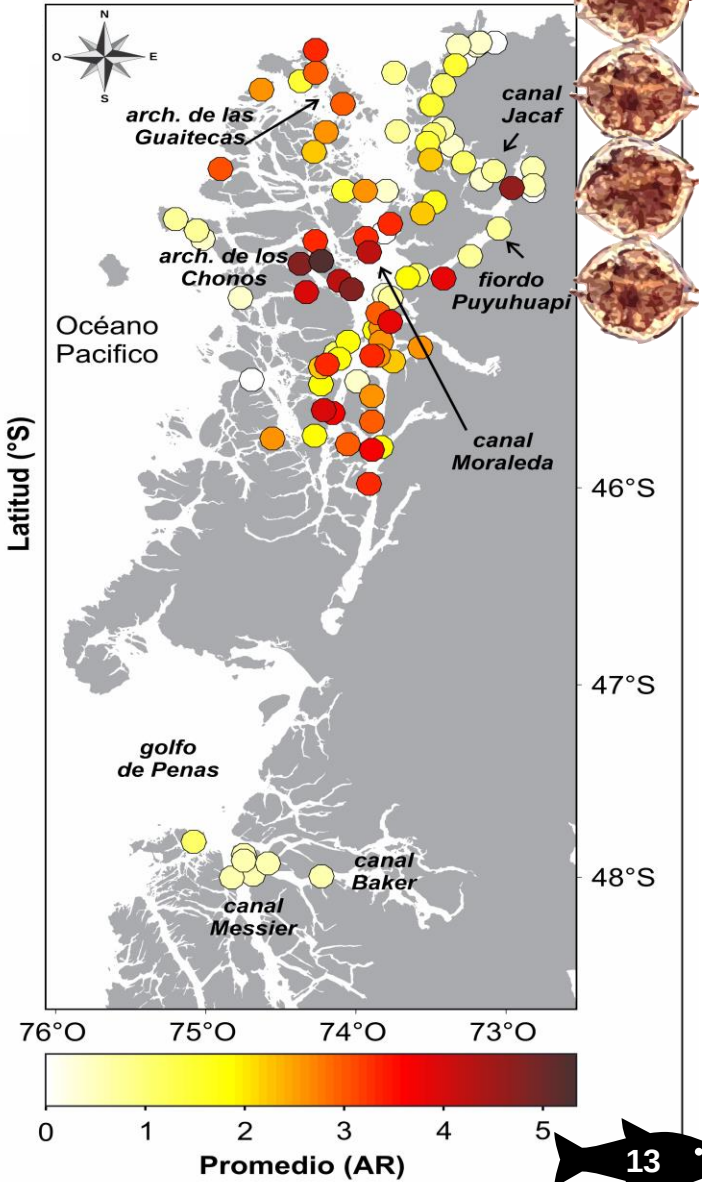
Tendencia de la salinidad superficial de verano en Aysén (2006-2020)
Longitud (°O)



RESULTADOS: ABUNDANCIA RELATIVA DE ESPECIES DE MICROALGAS

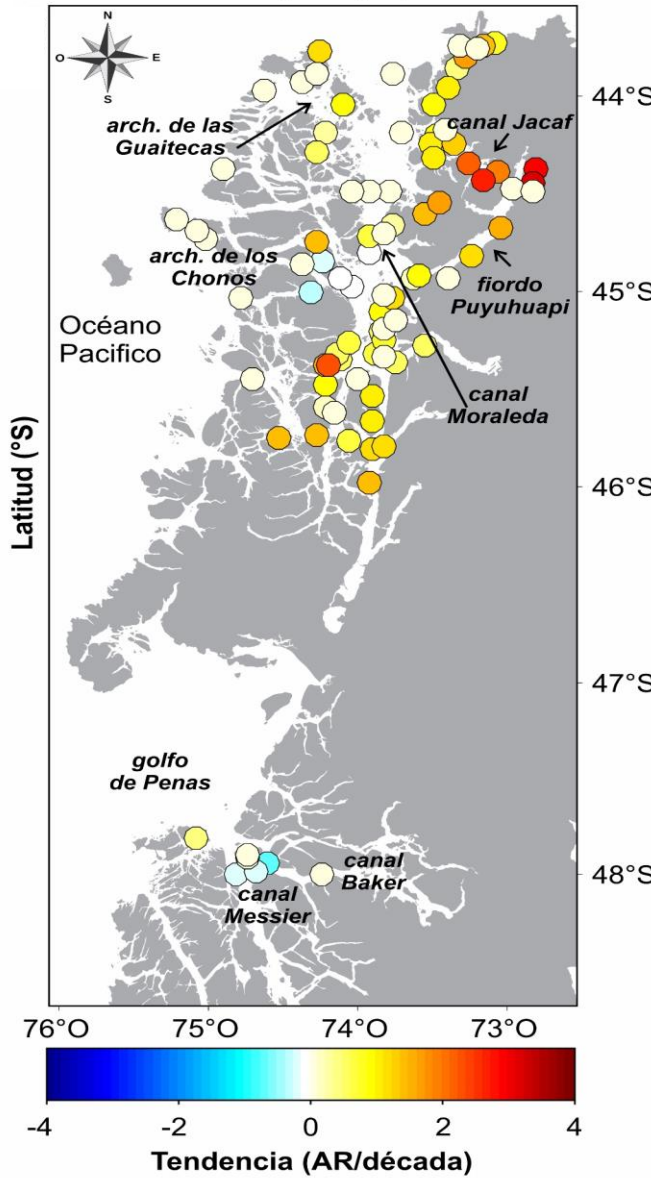
AR promedio de *A. catenella* de verano en Aysén (2006-2020)

Longitud (°O)



Tendencia AR de *A. catenella* durante verano en Aysén (2006-2020)

Longitud (°O)



Alexandrium catenella promedio

ESCALA

NIVEL DE A.RELATIVA



0

AUSENTE



Península Melimoyu



1

RARO



Canal Jacaf



2

ESCASO



3

REGULAR



4

ABUNDANTE



Canal Moraleda



5

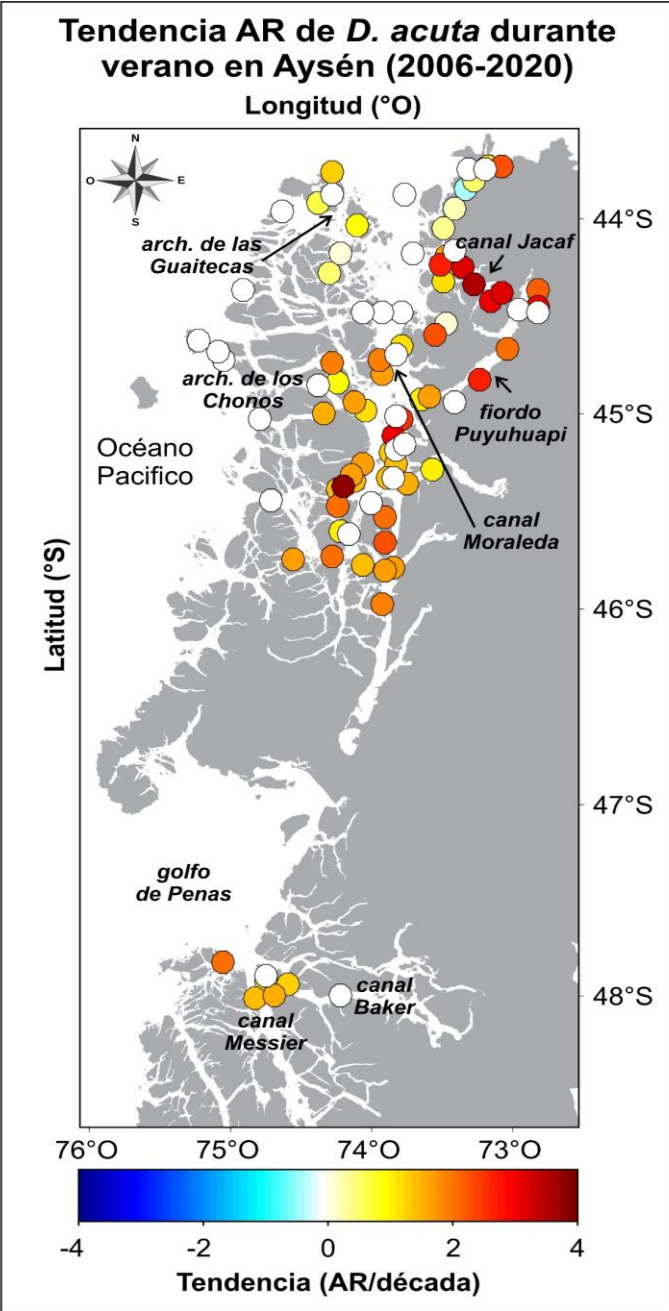
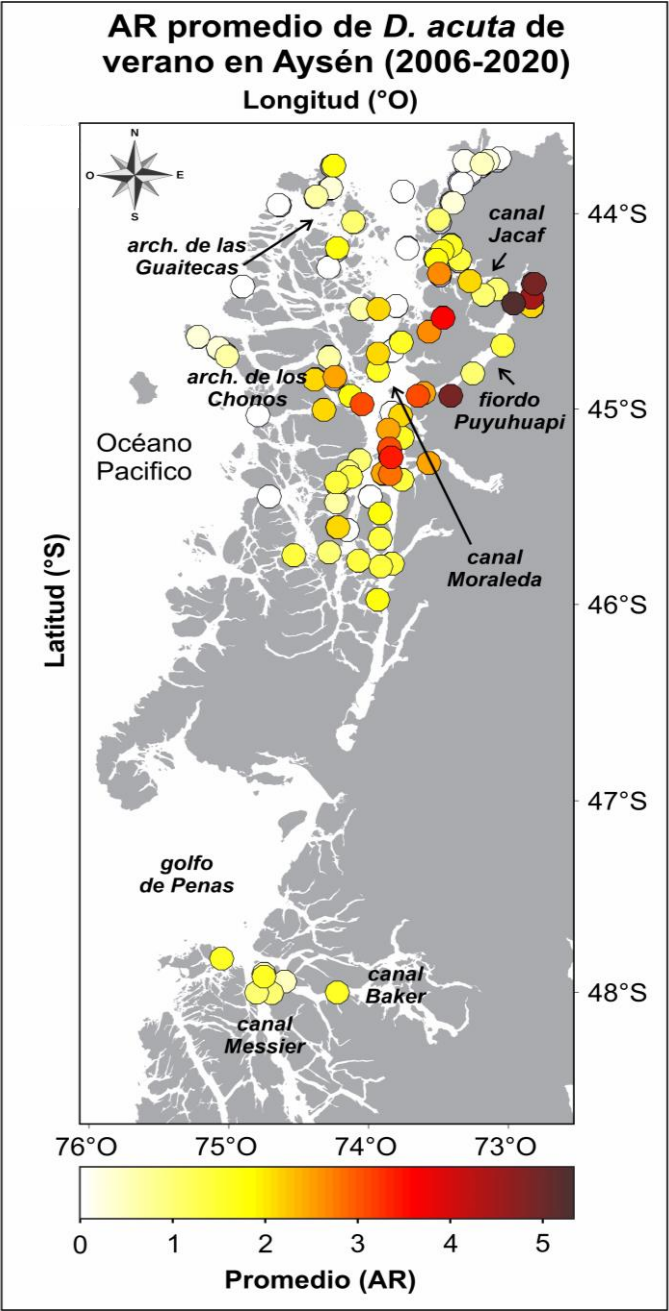
MUY ABUNDANTE



RESULTADOS: ABUNDANCIA RELATIVA DE ESPECIES DE MICROALGAS

Dinophysis acuta promedio

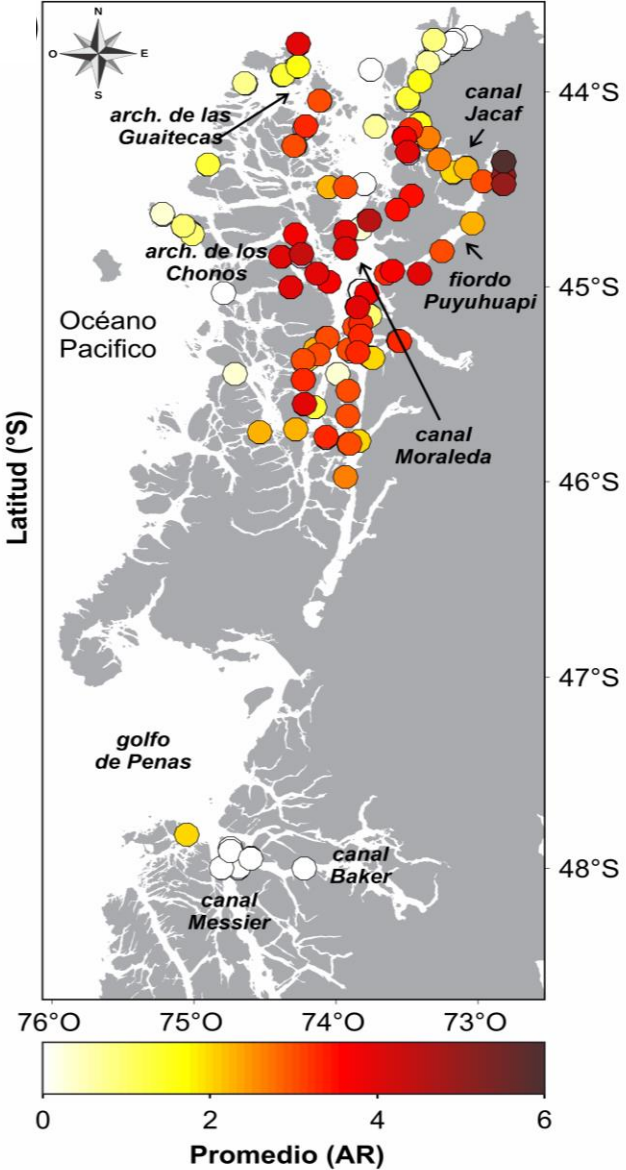
ESCALA	NIVEL DE A.RELATIVA	
○ 0	AUSENTE	→ En zonas alejadas de canales y fiordos
● 1	RARO	
● 2	ESCASO	
● 3	REGULAR	→
● 4	ABUNDANTE	→ Fiordo Puyuhuapi y Canal Moraleda
● 5	MUY ABUNDANTE	→



RESULTADOS: ABUNDANCIA RELATIVA DE ESPECIES DE MICROALGAS

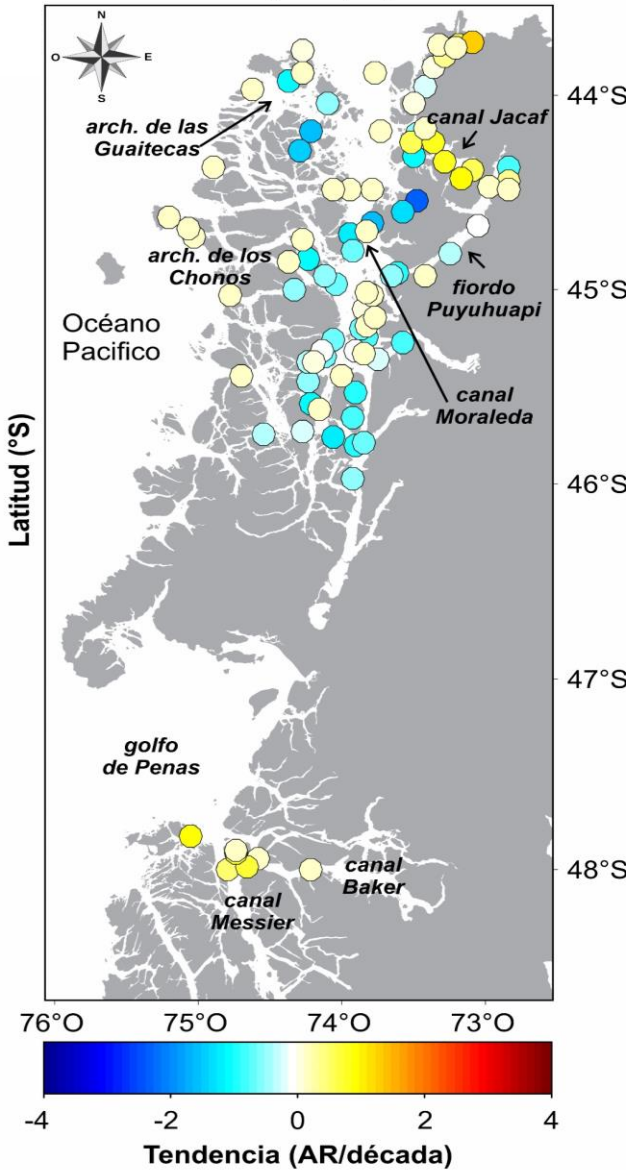
AR promedio de *P. reticulatum* de verano en Aysén (2006-2020)

Longitud (°O)



Tendencia AR de *P. reticulatum* durante verano en Aysén (2006-2020)

Longitud (°O)



Protoceraium reticulatum promedio

ESCALA

NIVEL DE A.RELATIVA

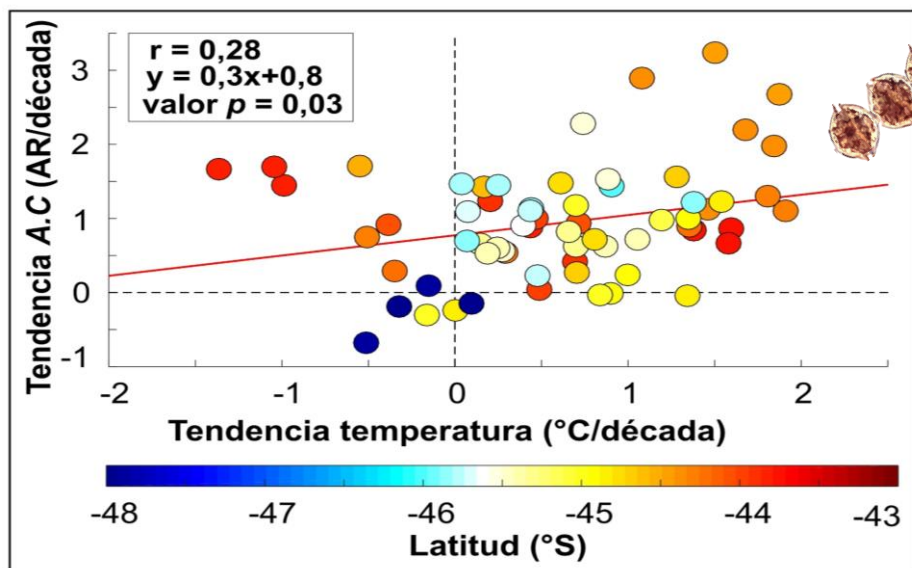
○	0	AUSENTE	→
●	1	RARO	→
●	2	ESCASO	→
●	3	REGULAR	→
●	4	ABUNDANTE	→
●	5	MUY ABUNDANTE	→
●	6	EXT. ABUNDANTE	→

En zonas alejadas de canales y fiordos

Zona de canales y fiordos

RESULTADOS: RELACIÓN ENTRE AR Y PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

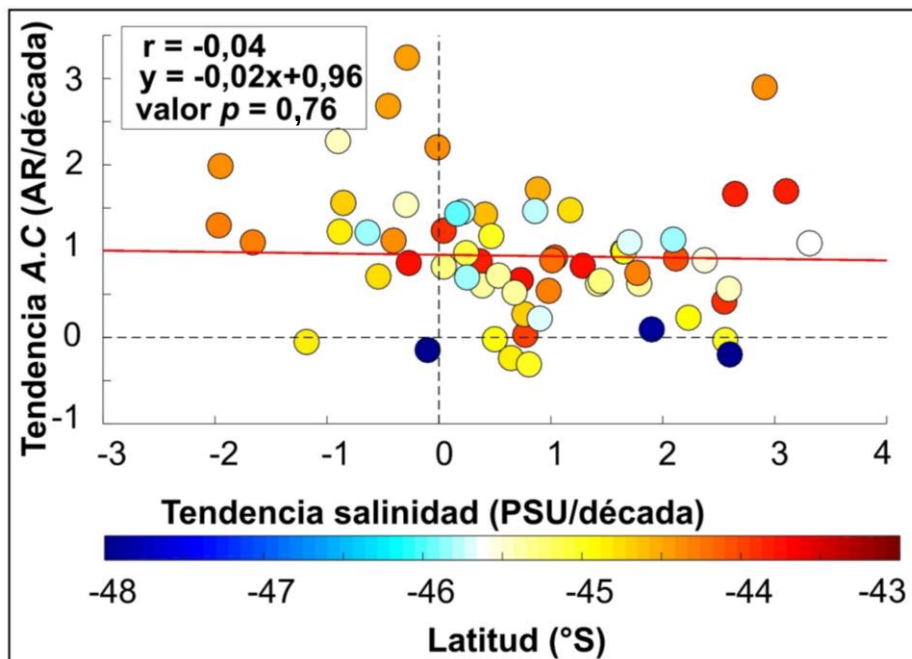
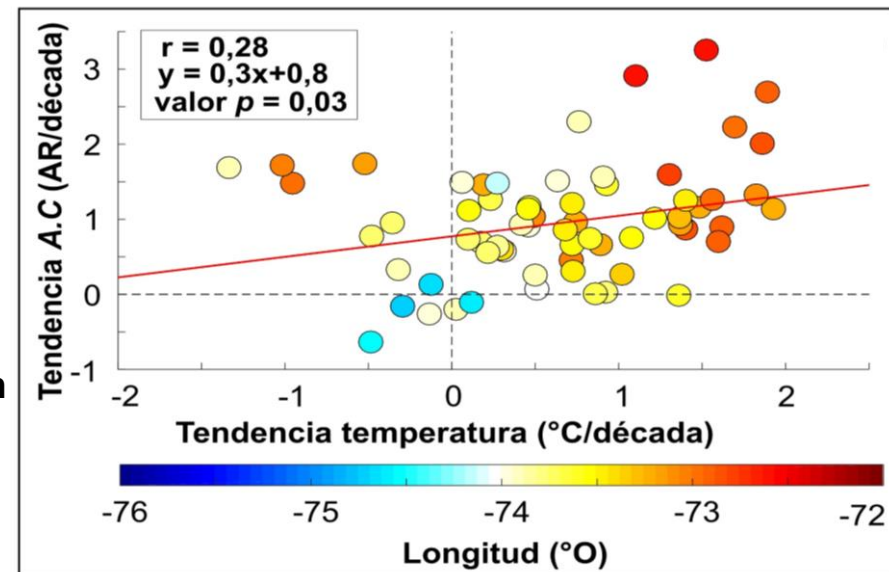
Correlaciones entre las tendencias de parámetros oceanográficos y la AR de *A. catenella*



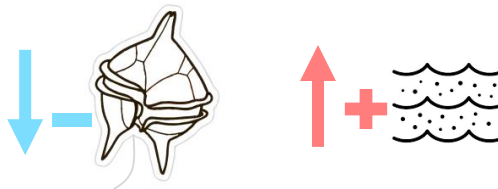
Correlación positiva



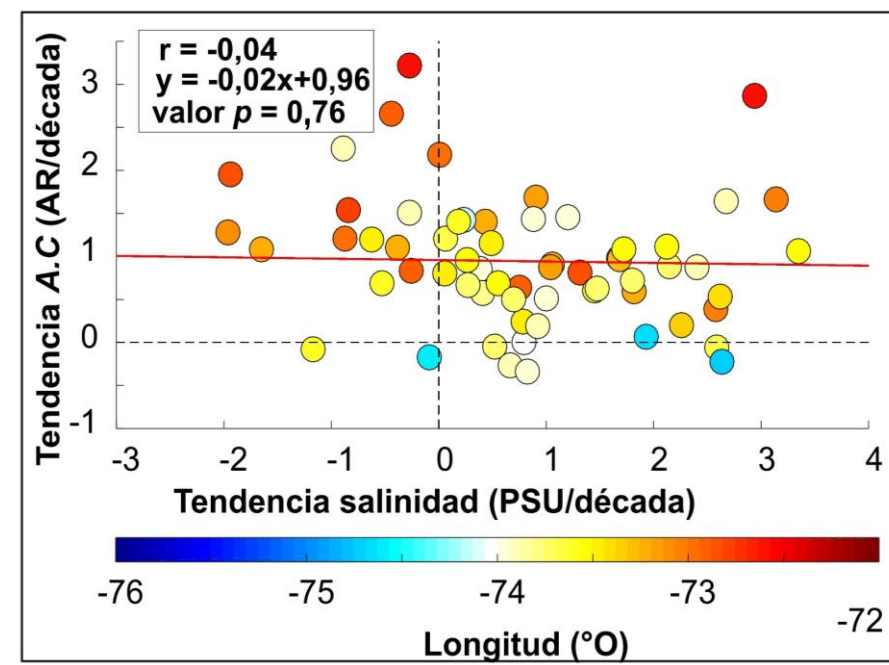
La tendencia de AR aumentó en función de la tendencia positiva de temperatura con un efecto significativo



Correlación negativa

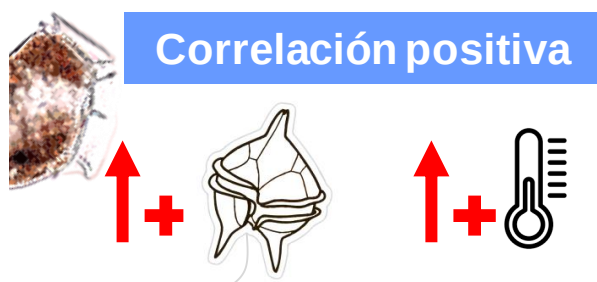
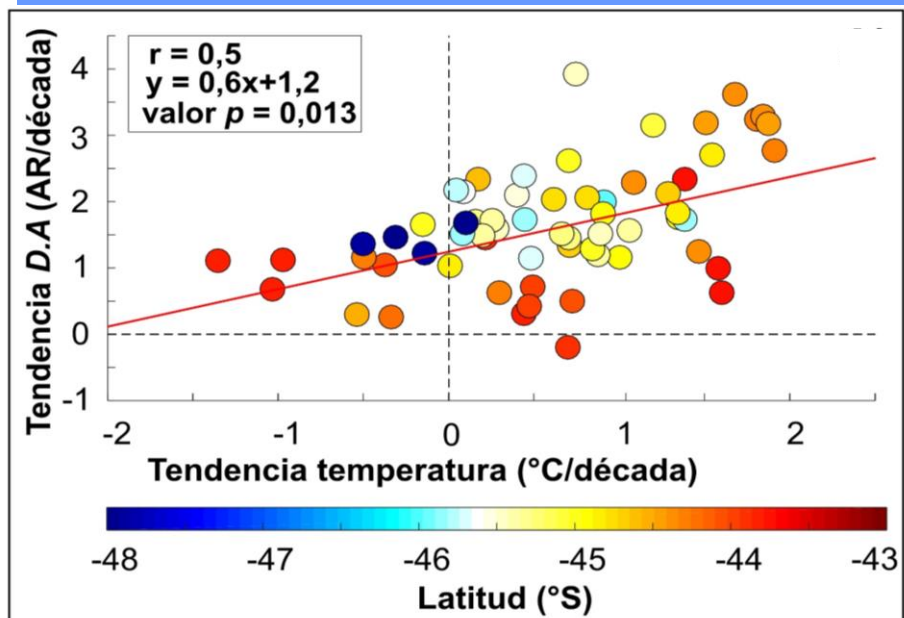


La tendencia de AR disminuyó en función de la tendencia positiva de salinidad, sin un efecto significativo

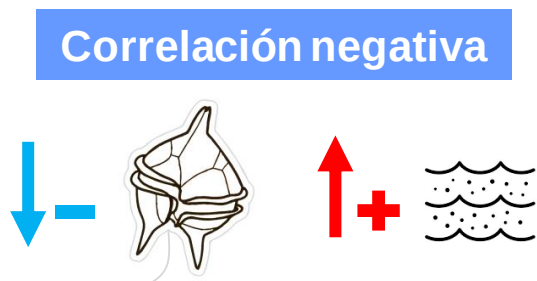
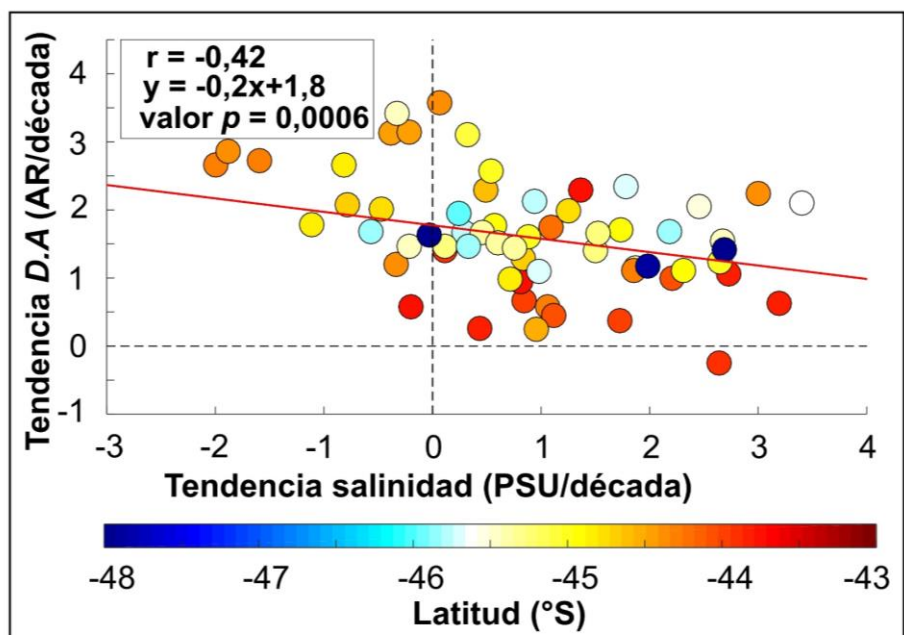
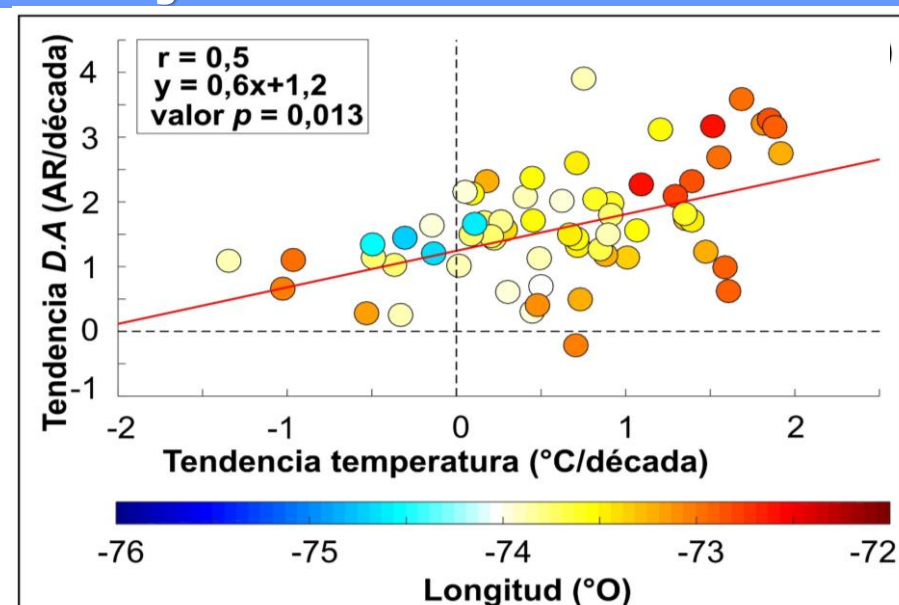


RESULTADOS: RELACIÓN ENTRE AR Y PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

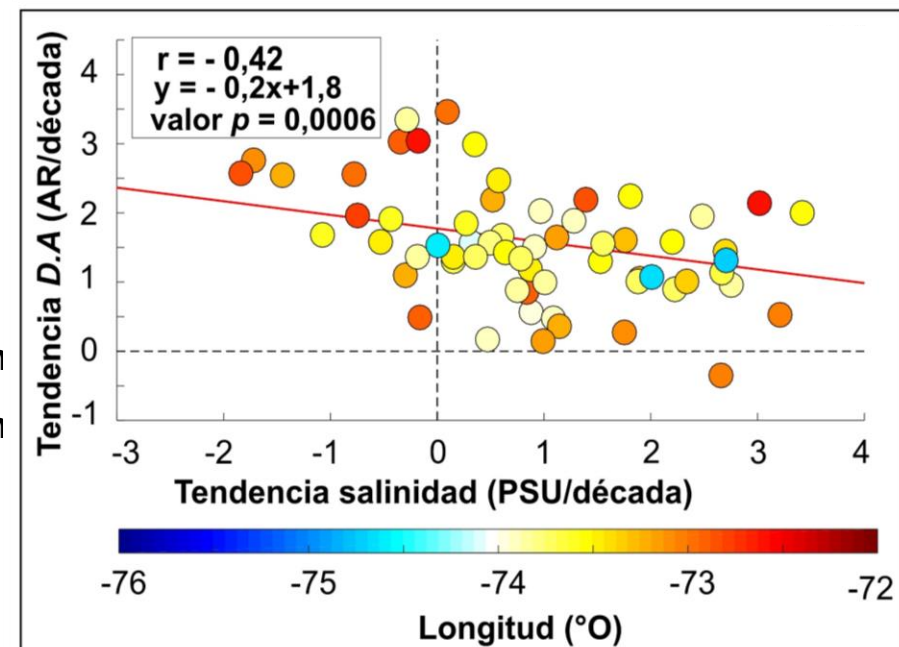
Correlaciones entre las tendencias de parámetros oceanográficos y la AR de *D. acuta*



La tendencia de AR aumentó en función de la tendencia positiva de temperatura, con un efecto significativo

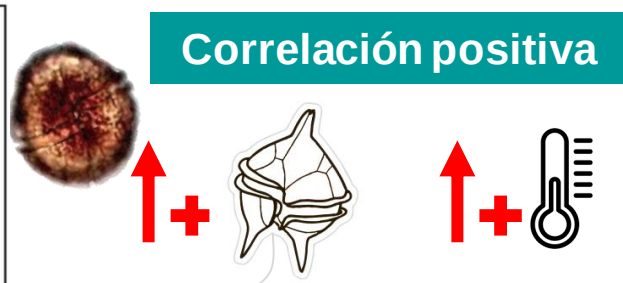
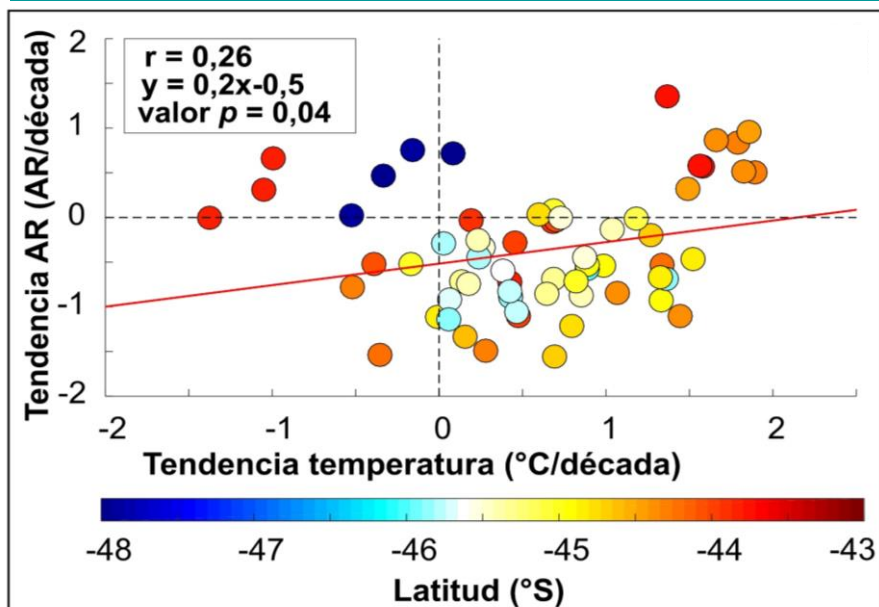


La tendencia de AR disminuyó en función de la tendencia positiva de salinidad, con un efecto significativo

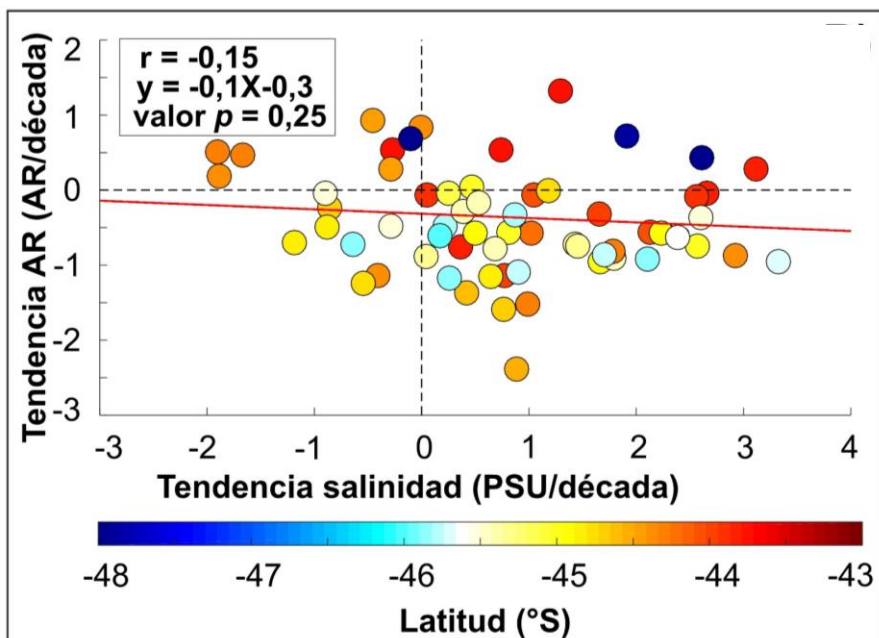
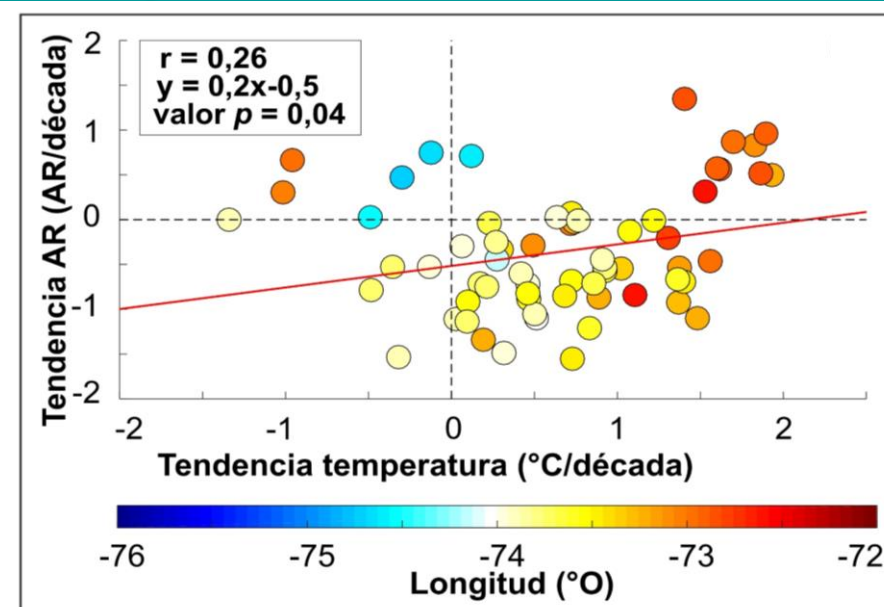


RESULTADOS: RELACIÓN ENTRE AR Y PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

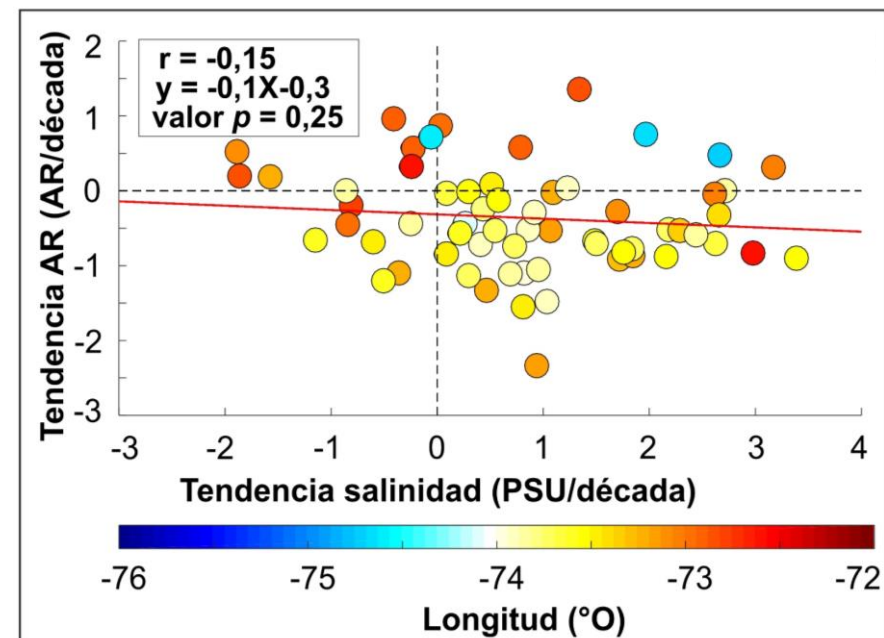
Correlaciones entre las tendencias de parámetros oceanográficos y la AR de *P. reticulatum*



La tendencia de AR aumentó en función de la tendencia positiva de temperatura, con un efecto significativo

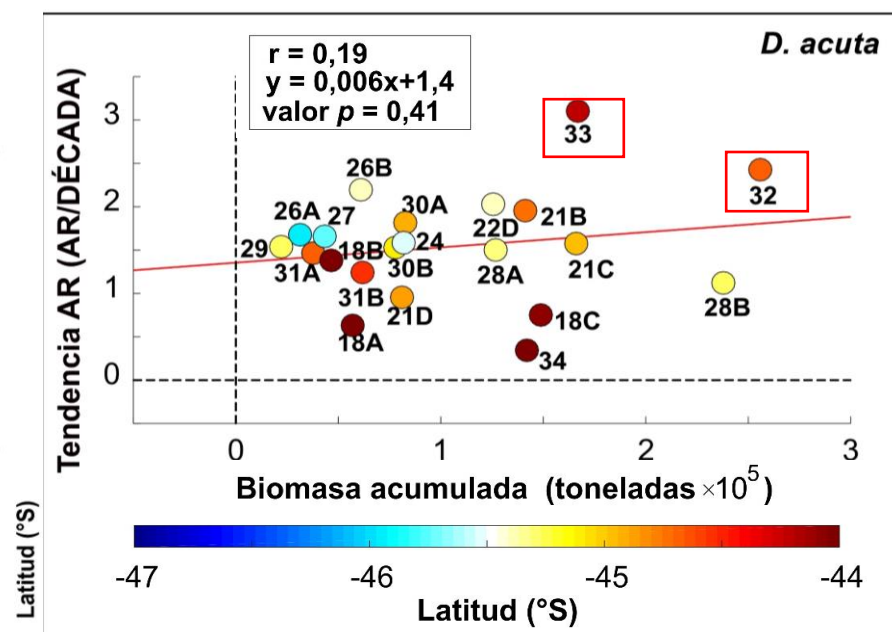
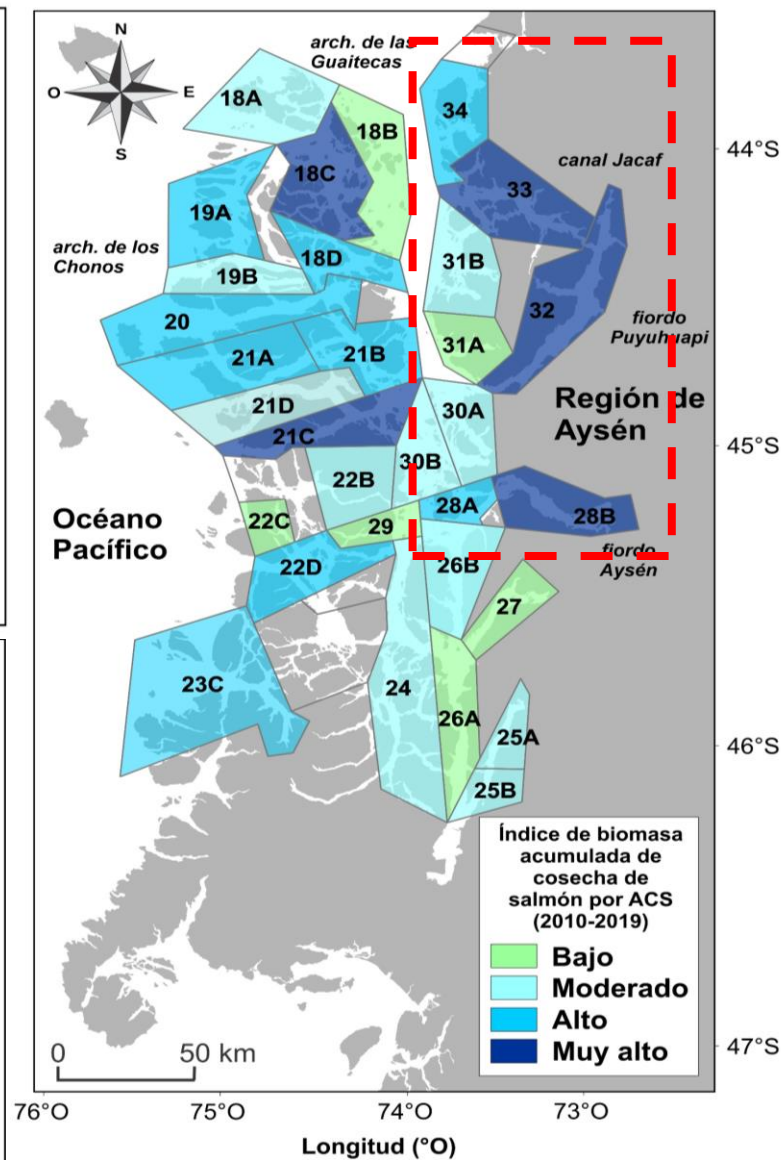
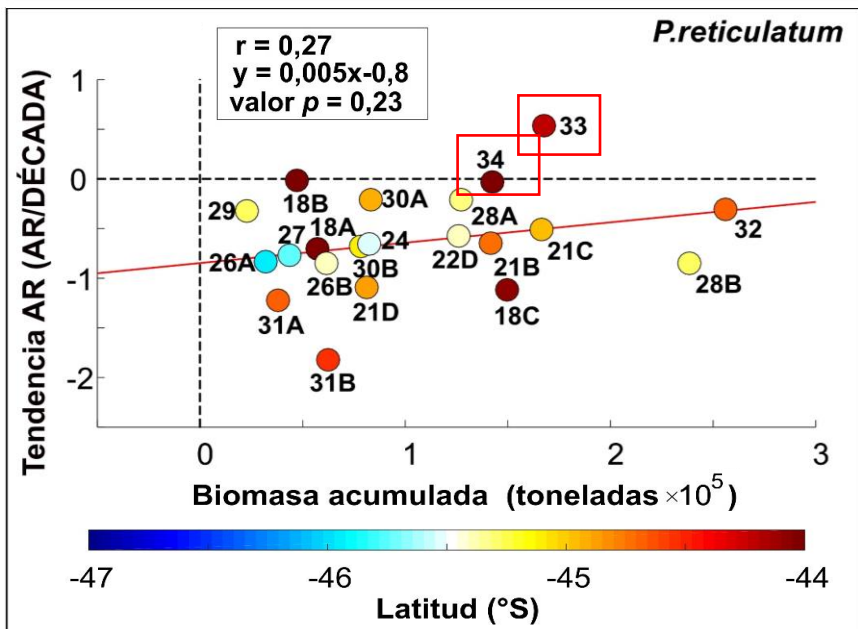
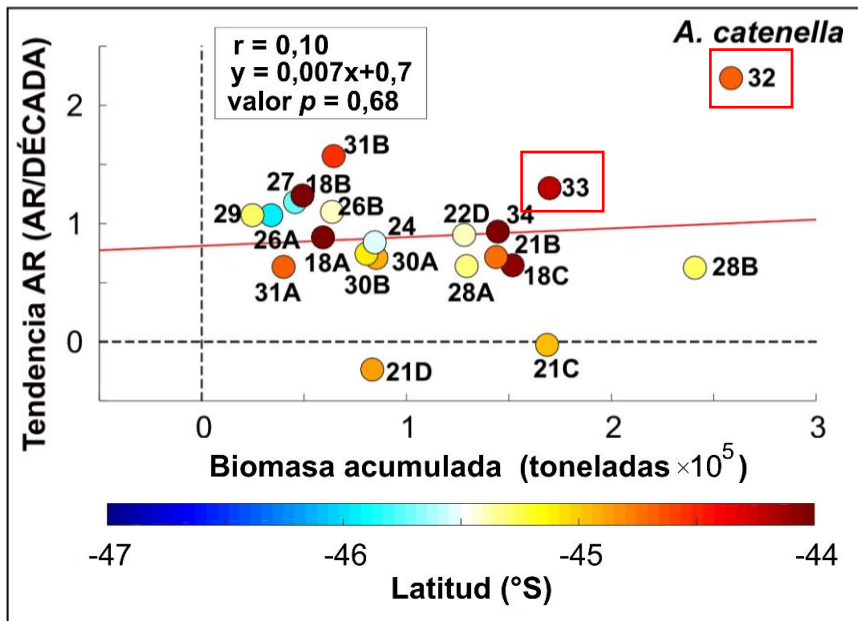


No se presentó una correlación lineal significativa con las tendencias de la AR de *P. reticulatum*, sin un efecto significativo



RESULTADOS: EFECTOS DE LA BIOMASA ACUMULADA SOBRE LAS AR

Correlaciones entre biomasa acumulada y la abundancia relativa de *A. catenella*, *D. acuta* y *P. reticulatum*



Fiordo Puyuhuapi

ACS 32 → 250000 ton

Fiordo Aysén

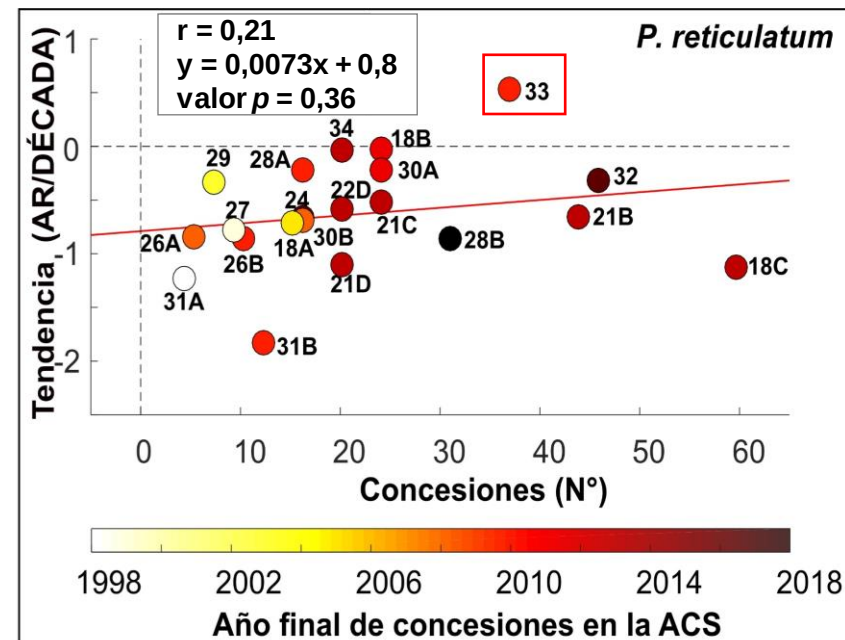
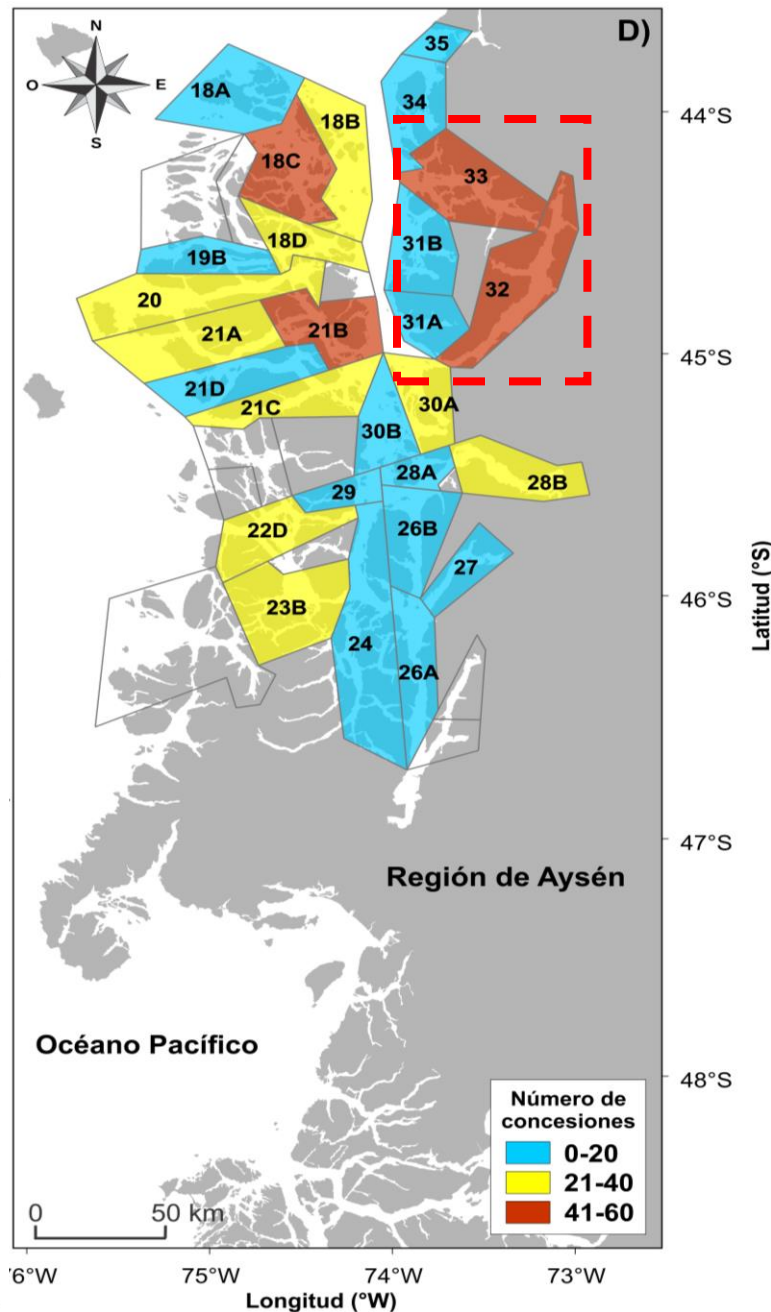
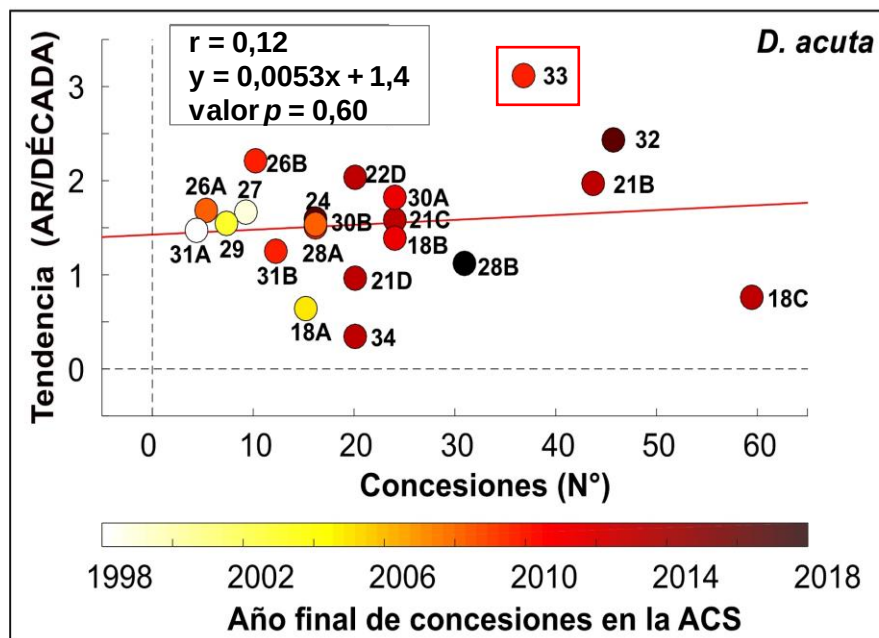
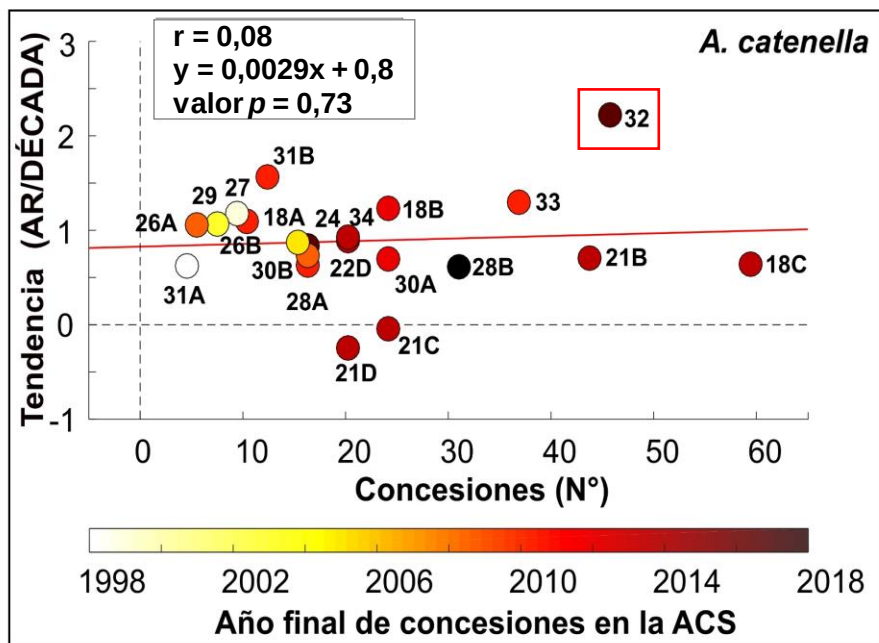
ACS 28B → 240000 ton

Canal Jacaf

ACS 33 → 169000 ton



RESULTADOS: EFECTOS DEL NÚMERO DE CONCESIONES SOBRE LAS AR



Fiordo Puyuhuapi

ACS 32 → 46 concesiones

Canal Jacaf

ACS 33 → 37 concesiones

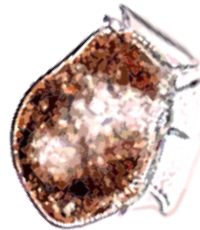
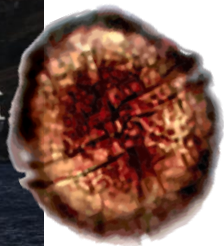
DISCUSIÓN

• FRECUENCIA - ALCANCE - DURACIÓN

Su **frecuencia**, **alcance** y **duración**, varía según la **especie implicada** y diversos **factores**, entre los que se incluyen cambios en las condiciones físico-químicas del agua relacionadas con la **variabilidad climática** natural, el cambio climático y la **influencia humana local** que pueden desencadenar FANs.

Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016)

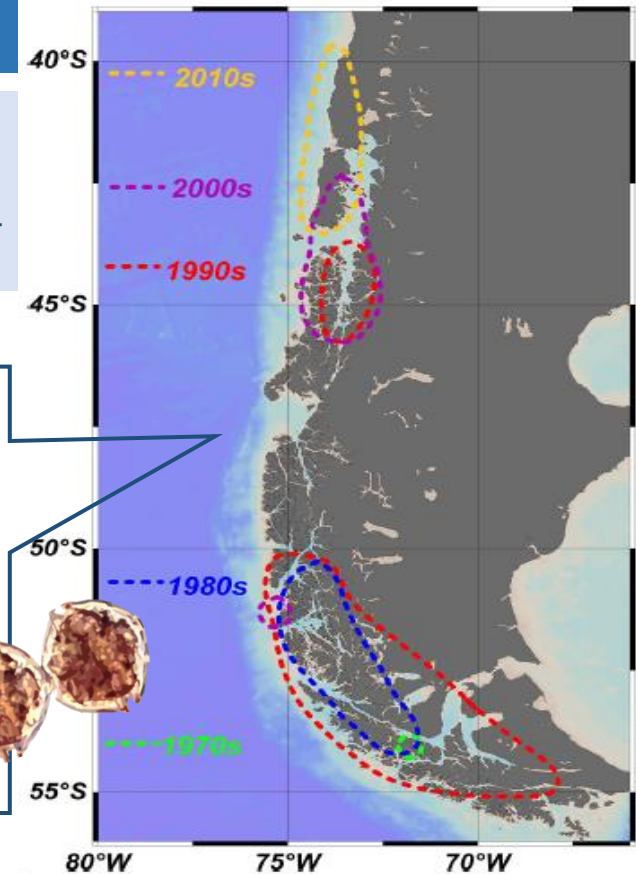
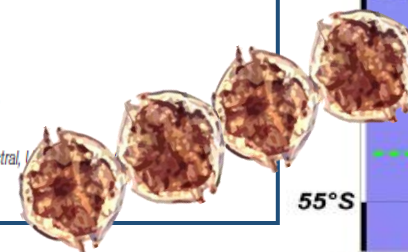
Jorge León-Muñoz¹, Mauricio A. Urbina², René Garreaud^{3,4} & José Luis Iriarte^{5,6,7}



Blooms of *Alexandrium catenella* in Coastal Waters of Chilean Patagonia: Is Subantarctic Surface Water Involved?

David W. Crawford, Paulina Montero and Giovanni Daneri*

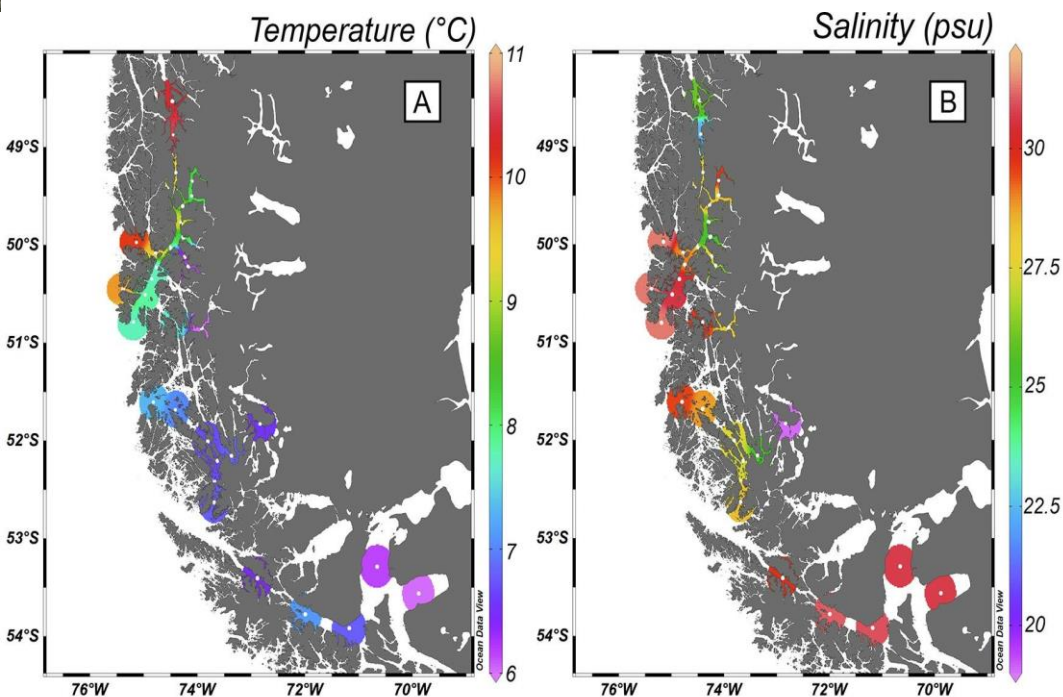
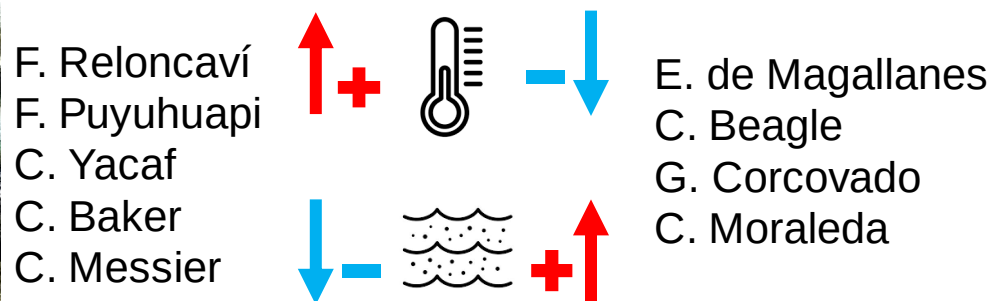
Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), COPAS Sur Austral, Coyhaique, Chile



• FIORDOS Y CANALES ALTAMENTE VULNERABLES

Floraciones de algas extremadamente dañinas, cambio climático y riesgo potencial de eutrofización en los fiordos patagónicos: perspectivas de un evento excepcional de matanza de peces *Heterosigma akashiwo*

1. SISTEMA ESTUARINO VS SISTEMA SEMI-OCEÁNICO



Distribución de conjuntos de quistes de dinoflagelados en sedimentos superficiales de fiordos y canales de Magallanes (Patagonia, Chile) con enfoque en especies nocivas: una visión general del escenario ambiental

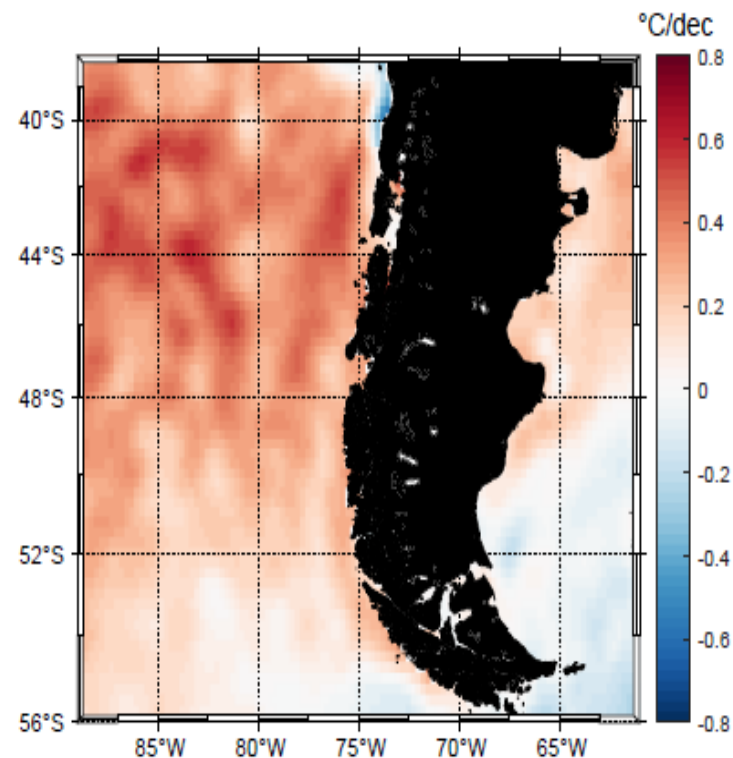
2. TENDENCIAS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD SUPERFICIAL

Tendencia al **aumento** de 0.5°C/d en Los Lagos y Aysén.

Tendencia a la **disminución** de -0.1°C/d en Magallanes.

Algunas especies como *A. catenella* podrían verse beneficiadas por el aumento sostenido de temperatura.

Tendencia en la temperatura*



ARTICLES

<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0432-5>

nature
geoscience

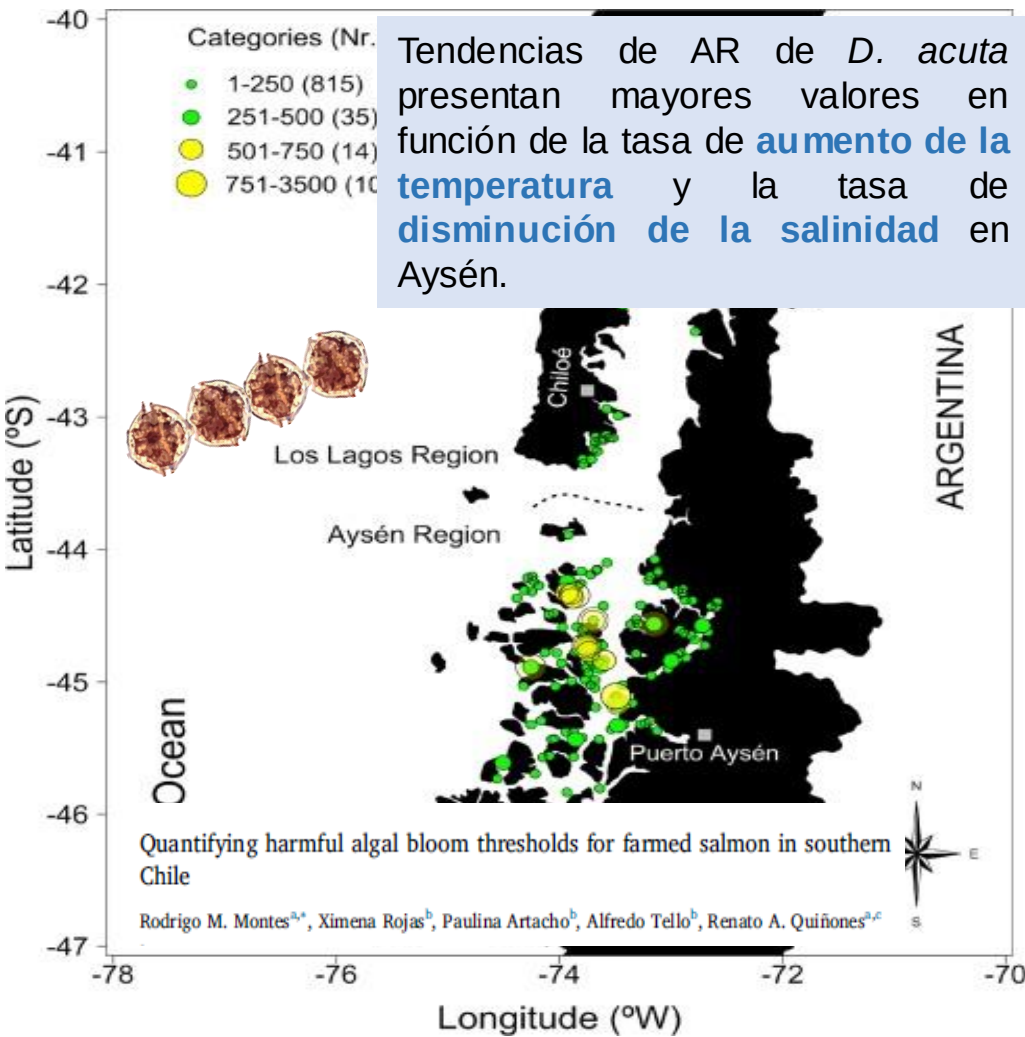
There are amendments to this paper

Two decades of glacier mass loss along the Andes

I. Dussailant^{1,2*}, E. Berthier¹, F. Brun², M. Masiokas³, R. Hugonnet¹, V. Favier², A. Rabatel², P. Pitte³ and L. Ruiz³

3. PATAGONIA: ALTA SENSIBILIDAD A LAS FAN

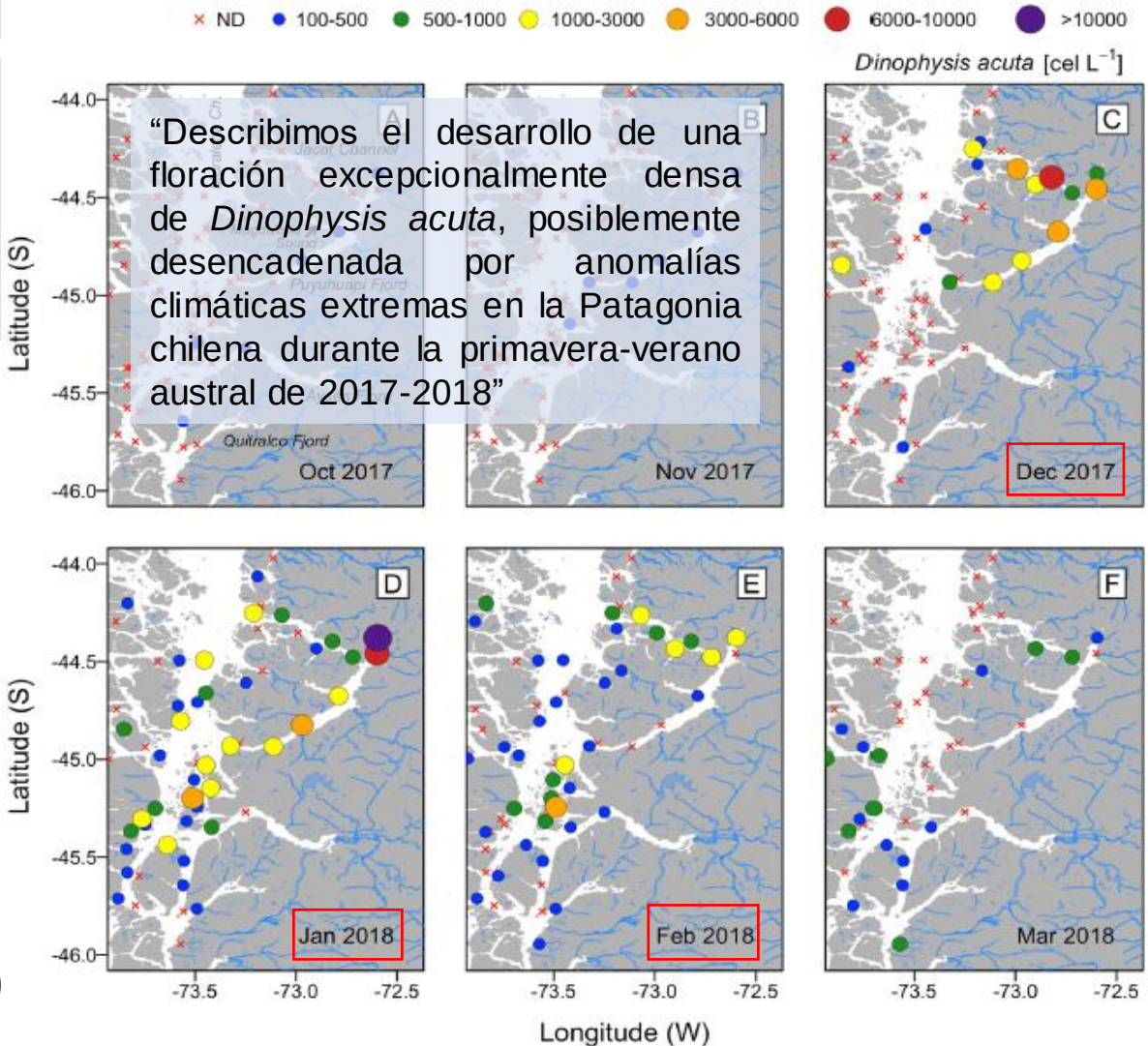
Tendencias de la AR de *A. catenella* **presenta mayores abundancias** mientras mayor sea el aumento de la temperatura, y no se ve influenciada por los cambios de la salinidad al norte de Aysén (44 - 45°S), favoreciendo así su expansión y presencia en fiordos y/o canales semicerrados.



Tendencias de AR de *D. acuta* presentan mayores valores en función de la tasa de **aumento de la temperatura** y la tasa de **disminución de la salinidad** en Aysén.

Multiscale physical background to an exceptional harmful algal bloom of *Dinophysis acuta* in a fjord system

Patricio A. Díaz^{a,b,*}, Iván Pérez-Santos^{a,c,j}, Gonzalo Álvarez^{d,e}, René Garreaud^{f,g}, Elías Pinilla^h, Manuel Díazⁱ, Alondra Sandoval^a, Michael Araya^e, Francisco Álvarez^d, José Rengel^d, Paulina Montero^{c,j}, Gemita Pizarro^k, Loreto López^l, Luis Iriarte^m, Gabriela Igor^j, Beatriz Regueraⁿ



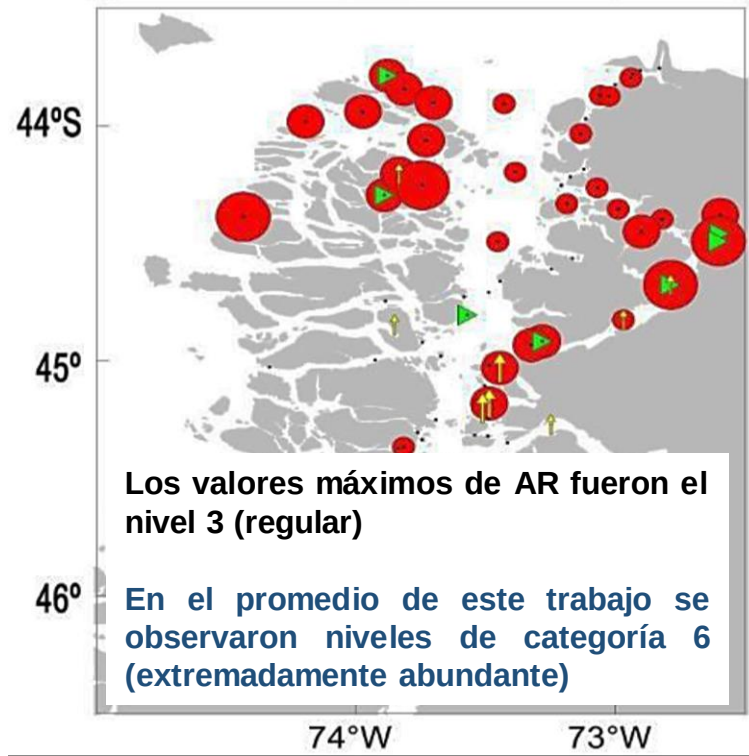
3. PATAGONIA: ALTA SENSIBILIDAD A LAS FAN

“Estudio en el fiordo de Relocanví (2006-2017) indicó que las floraciones de se observaron en años de condiciones de El Niño y fase SAM positiva, aparente **preferencia de esta especie por las altas temperaturas**”

by Catharina Alves-de-Souza ^{1,*} , José Luis Iriarte ^{2,3} and Jorge I. Mardones ⁴ 

Las tendencias de *P. reticulatum* presentan **mayores aumentos** de AR en función de la tasa de **aumento de la temperatura**.

Winter distribution of toxic, potentially toxic phytoplankton, and shellfish toxins in fjords and channels of the Aysén region, Chile



June 2009



July 2010



June 2011



June 2012



Dinophysis spp. y *Protoceratium reticulatum*, potenciales productores de toxinas lipofílicas de los mariscos (LST) como la yesotoxina (Seguel *et al.* 2005), detectada en *Mytilus chilensis*.

Intoxicación por consumir mariscos con marea roja

Seasonal variability of *Dinophysis* spp. and *Protoceratium reticulatum* associated to lipophilic shellfish toxins in a strongly stratified Chilean fjord

Catharina Alves-de-Souza ^{a,1} , Daniel Varela ^a, Cristóbal Contreras ^b, Pablo de La Iglesia ^c, Pamela Fernández ^a, Byron Hipp ^a, Cristina Hernández ^d, Pilar Riobó ^e, Beatriz Reguera ^f, José M. Franco ^e, Jorge Diogène ^c, Carlos García ^b, Néstor Lagos ^b

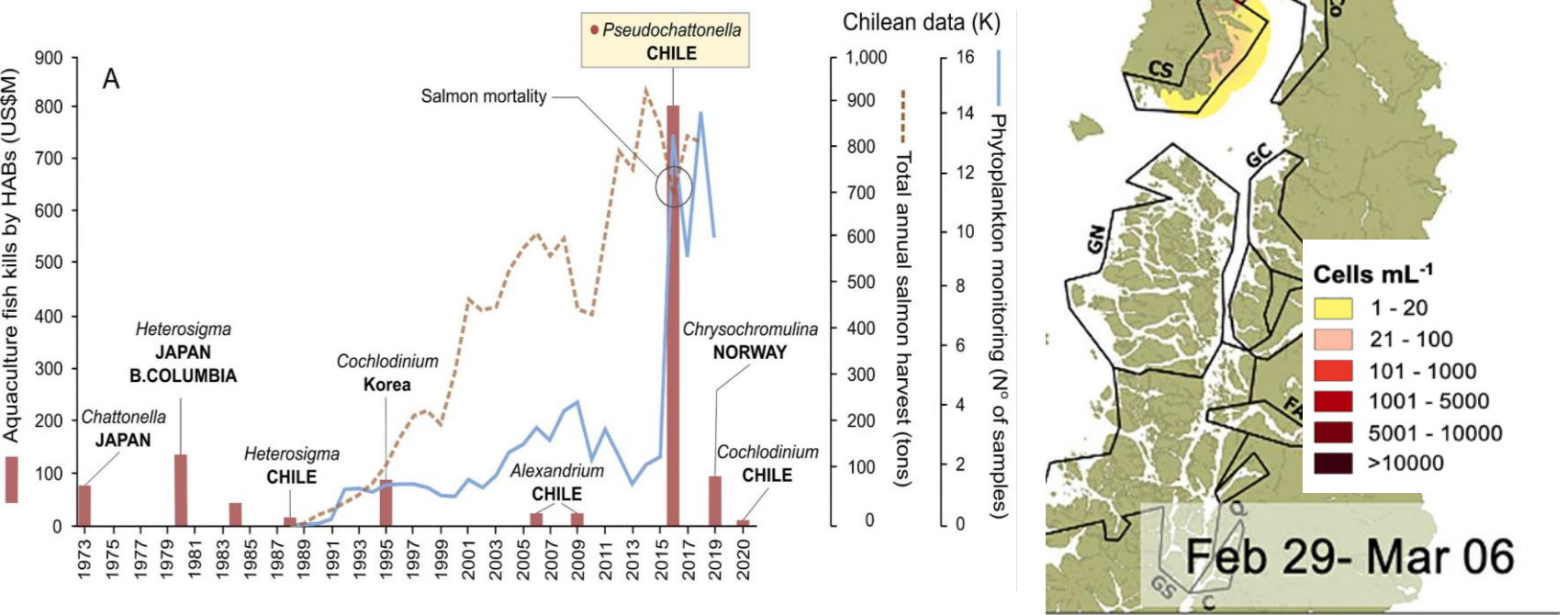
Alves-de-Souza *et al.* 2019
Alves-de-Souza *et al.* 2014
Pizarro *et al.* 2018

4. COMPLEJA INTERACCIÓN ENTRE LAS FAN Y LA SALMONICULTURA

Graves episodios de mortalidad masiva en centros de cultivo de salmones

Disentangling the environmental processes responsible for the world's largest farmed fish-killing harmful algal bloom: Chile, 2016

Jorge I. Mardones^{a,b,*}, Javier Paredes^a, Marcos Godoy^{c,d,e}, Rudy Suarez^{c,d,f}, Luis Norambuena^a, Valentina Vargas^a, Gonzalo Fuenzalida^a, Elias Pinilla^g, Osvaldo Artal^g, Ximena Rojas^h, Juan José Dorantes-Arandaⁱ, Kim J. Lee Chang^j, Donald M. Anderson^k, Gustaaf M. Hallegraeffⁱ



Mardones et al. 2021



Durante el último episodio de **El Niño** (2015-2016) se produjeron grandes pérdidas de salmón debido a extensas floraciones. Durante ese evento, *Pseudochattonella verruculosa* y *Alexandrium catenella* provocaron la mayor mortalidad jamás registrada en el mundo, con **pérdidas** para la industria del salmón chileno que ascendieron a **800 millones de dólares** en el verano austral de 2016.

4. COMPLEJA INTERACCIÓN ENTRE LAS FAN Y LA SALMONICULTURA

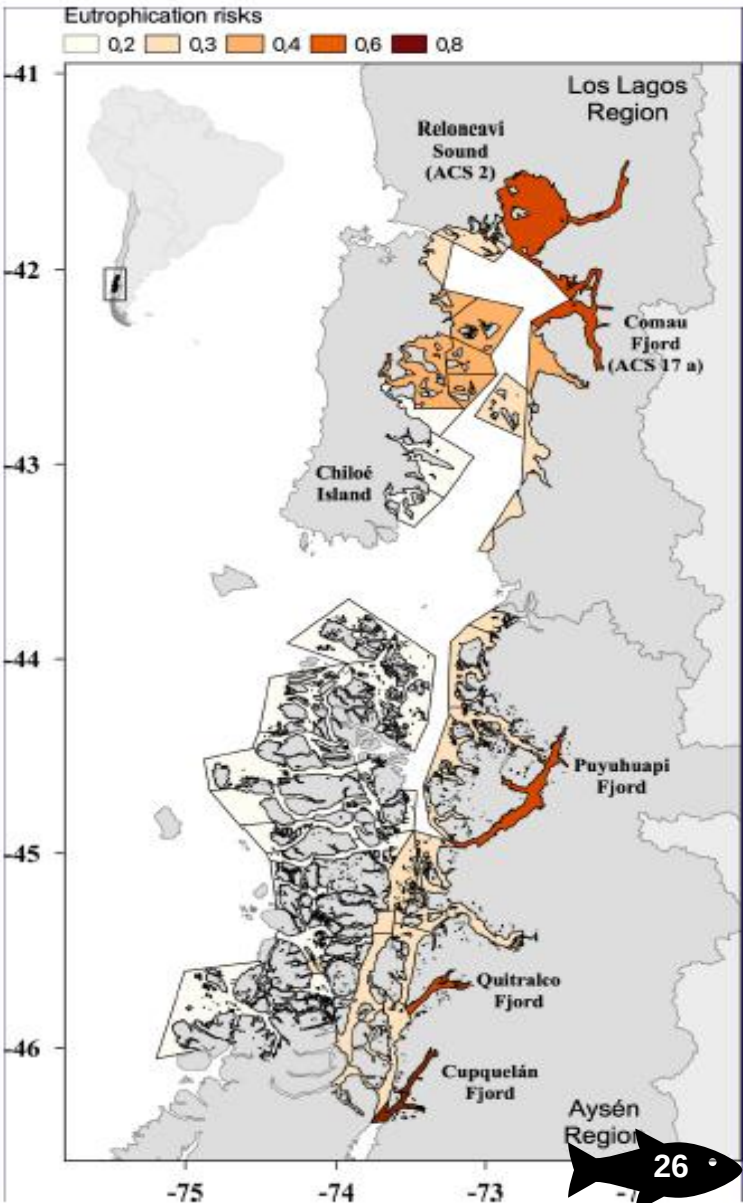
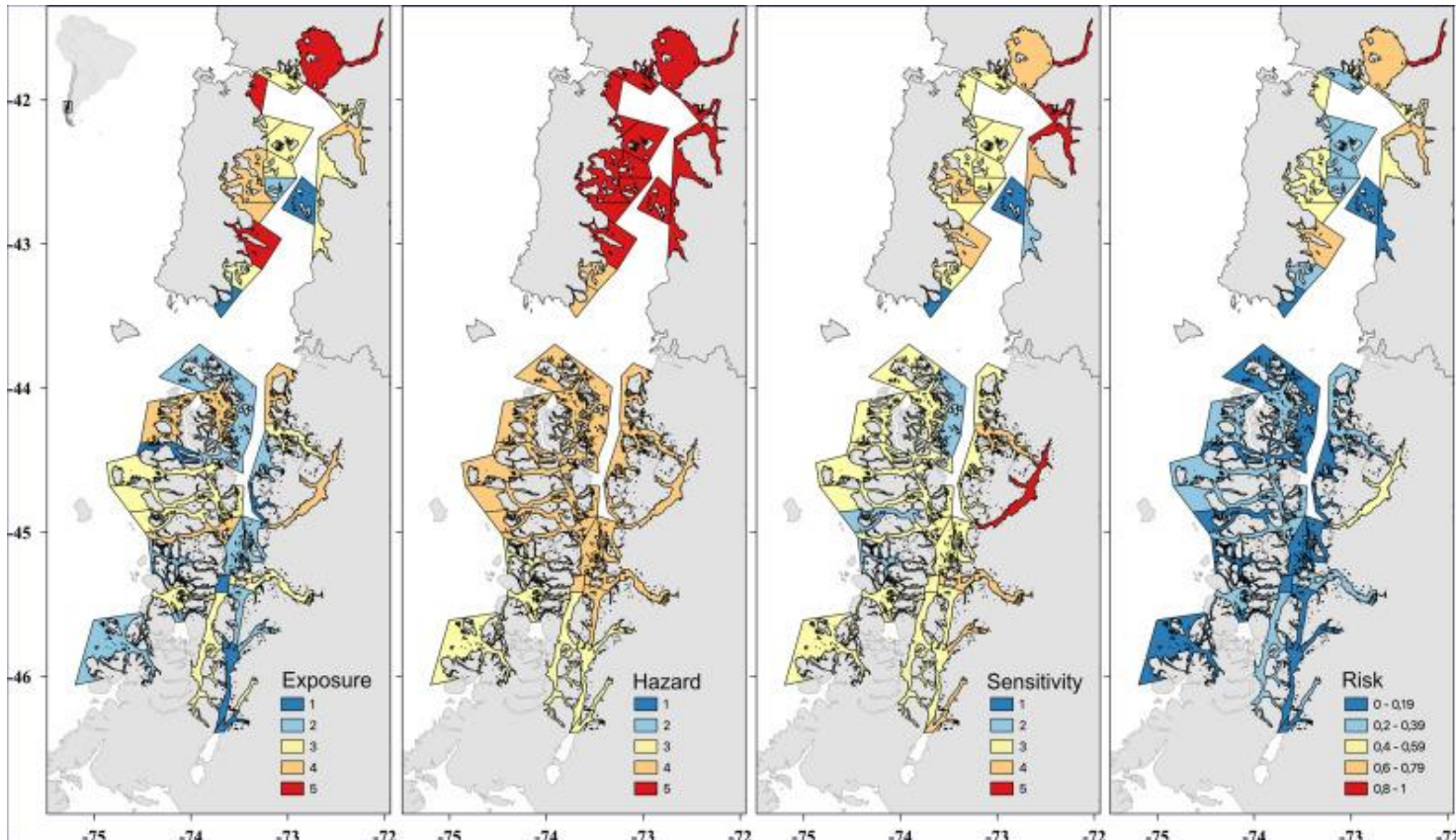
La creciente aparición de FAN se ha relacionado con factores climáticos, pero también con la eutrofización de zonas costeras

Scientific warnings could help to reduce farmed salmon mortality due to harmful algal blooms

Doris Soto^{a,*}, Jorge León-Muñoz^{a,b}, René Garreaud^{c,d}, Renato A. Quiñones^{a,e}, Francisco Morey^f

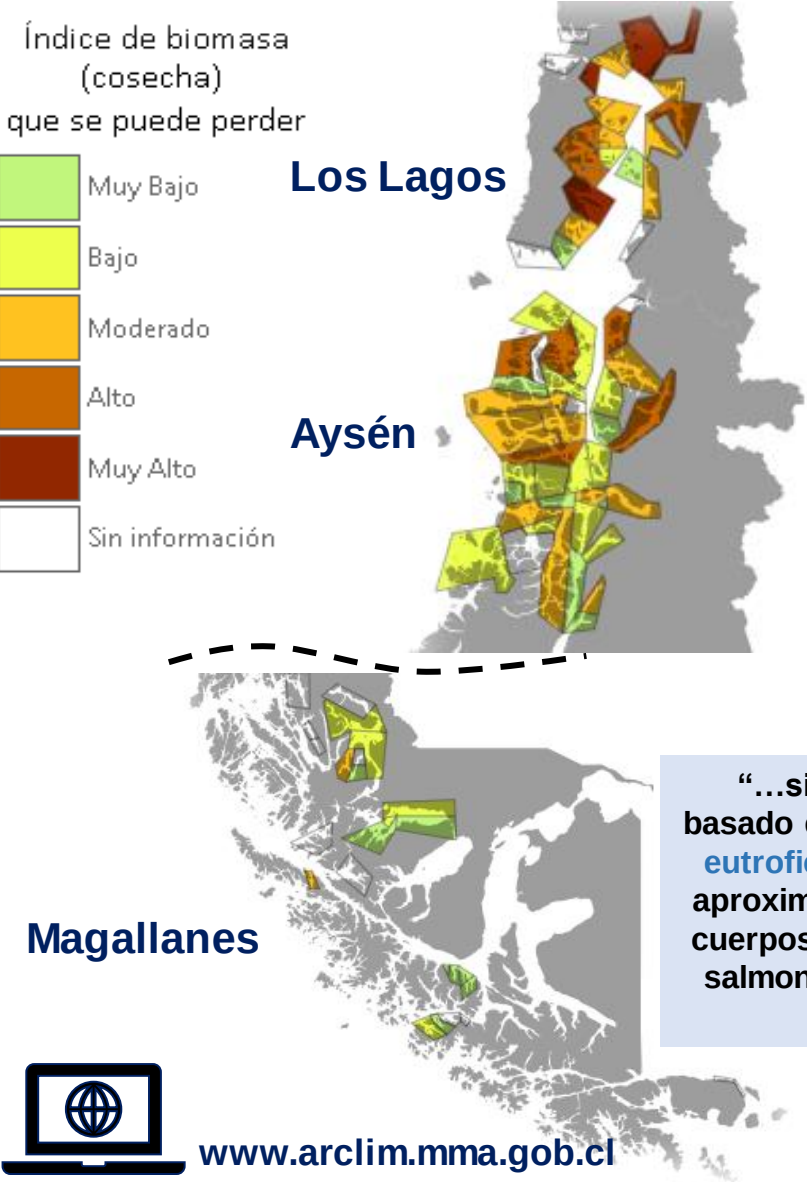
Se presta cada vez más atención al papel potencial de los **nutrientes derivados del cultivo del salmón** y a la **capacidad de carga** de los ecosistemas receptores como elementos clave que influyen en las FAN

Soto et al. 2021



4. COMPLEJA INTERACCIÓN ENTRE LAS FAN Y LA SALMONICULTURA

El aporte de materia orgánica y nutrientes a los cuerpos de agua, aumenta la sensibilidad de los sistemas acuáticos de la Patagonia chilena



Soto et al. 2022
Soto et al. 2020
Quiñones et al. 2019

Cuestiones ambientales en la salmonicultura chilena: una revisión

Renato A. Quiñones✉, Marcelo Fuentes, Rodrigo Montes, Doris Soto, Jorge León Muñoz

El aumento de la carga de **materia orgánica** en el fondo marino (Findlay et al., 1995 ; Kutti et al., 2007; Aranda et al. 2010; Hargrave 2010), puede producir una **disminución del oxígeno disuelto** en la columna de agua.

Por otra parte, el **número de concesiones** repercute directamente en la **capacidad de carga** y desencadenando un posible **aumento de la proliferación de algas nocivas**, pero el seguimiento medioambiental actual y la información disponible no permiten establecer o rechazar una relación causa-efecto (Quiñones et al., 2019).

“...sistema de semáforo basado en el **nivel de riesgo de eutroficación** (como primera aproximación), para todos los cuerpos de agua donde existe salmonicultura en los mares interiores...”

Policy Brief N° 11

Propuesta para establecer un sistema que regule la máxima producción posible de salmonídeos en ecosistemas marinos atendiendo a su capacidad de carga





INCAR
Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuicola

Doris Soto, INCAR-UDEC
Contacto: dorsoto@udec.cl



27

CONCLUSIONES



Las **tendencias** permitieron determinar las áreas que son más sensibles al aumento de la **temperatura**, como el **Canal Jacaf**, **Fiordo Puyuhuapi** y **al sur del Canal Moraleda**.

A. catenella*, *D. acuta* y *P. reticulatum presentaron **correlaciones positivas con la temperatura**, considerando las predicciones de aumento de temperatura, es posible que se incremente la ventana de oportunidad de estas especies.



Las **tendencias de salinidad** fueron contrastantes entre **áreas expuestas y semi-cerradas**, observando disminución de la salinidad en sistemas semi-cerrados de fiordos y canales, como el **Canal Jacaf y el Fiordo Puyuhuapi**.



Las **tendencias de abundancia relativa** de ***A. catenella*, *D. acuta* y *P. reticulatum*** mostraron que el **Fiordo Puyuhuapi** y el **Canal Jacaf** son las zonas más **vulnerables** al aumento en las tendencias de AR.



Las **ACS 32 y 33**, corresponden al **Fiordo Puyuhuapi** y al **Canal Jacaf** respectivamente, áreas que están expuestas al **aumento de la temperatura**, **disminución de la salinidad** y **aumento en las tendencias de las abundancias relativas** de las especies ***A. catenella*, *D. acuta* y *P. reticulatum***.

FINANCIAMIENTO

Se reconoce la contribución y financiamiento del Proyecto “FONDAP 15110009”, Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 en el desarrollo del presente trabajo.

(CR)²

Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl





AGRADECIMIENTOS



INGENIERÍA
OCEÁNICA 

(CR)² | Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl



**“LA CIENCIA ES PARA LA INGENIERÍA, COMO LA
INGENIERÍA ES PARA LA CIENCIA”**

MUCHAS GRACIAS



TENDENCIA DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS Y SU RELACIÓN CON CAMBIOS EN LA TEMPERATURA Y SALINIDAD SUPERFICIAL EN ÁREAS DE SALMONICULTURA INTENSIVA DEL SUR DE CHILE

Defensa para optar al título de Ingeniera Civil Oceánica
Bárbara Jaramillo Aceituno

Profesora guía: Dra. Catalina Aguirre Galaz
Revisora: Dra. Pilar Aparicio
Revisor: Felipe Caselli Benavente

