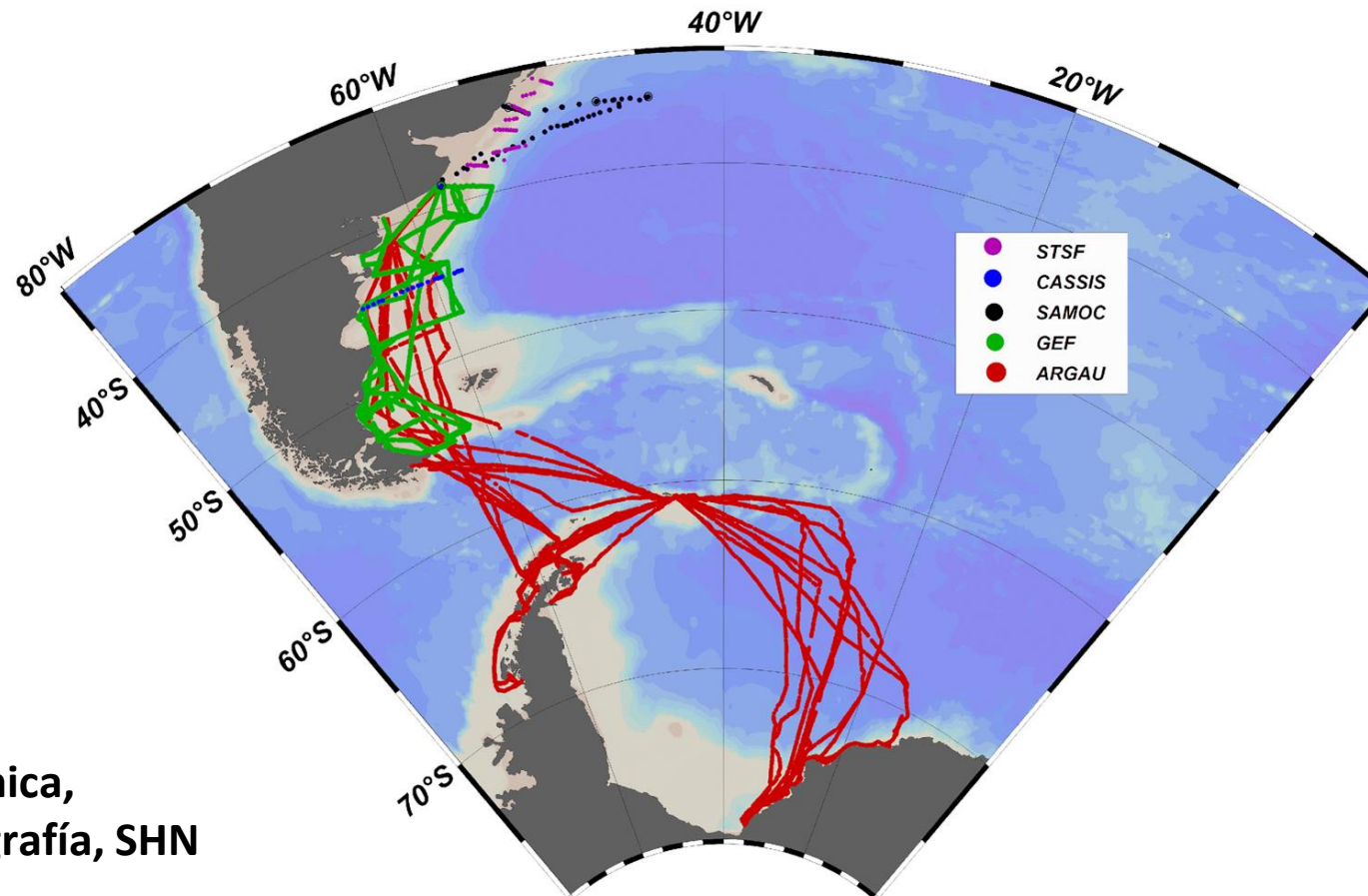


El CO₂ en el Océano: 2 décadas de estudios en el Atlántico Sudoccidental

Lucía Carolina Kahl*, Ana Paula Osiroff



Sección Dinámica Oceánica,
Departamento Oceanografía, SHN

Ocean Data View

*lucia.kahl@defensa.gob.ar

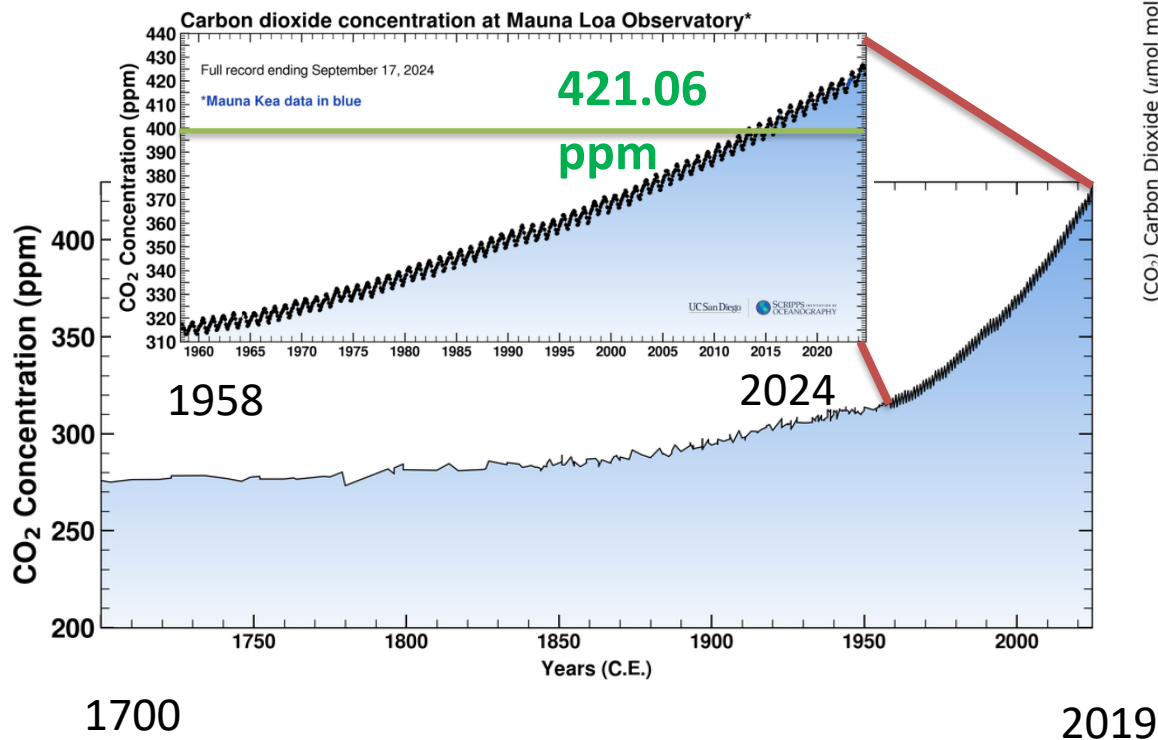


Organización:

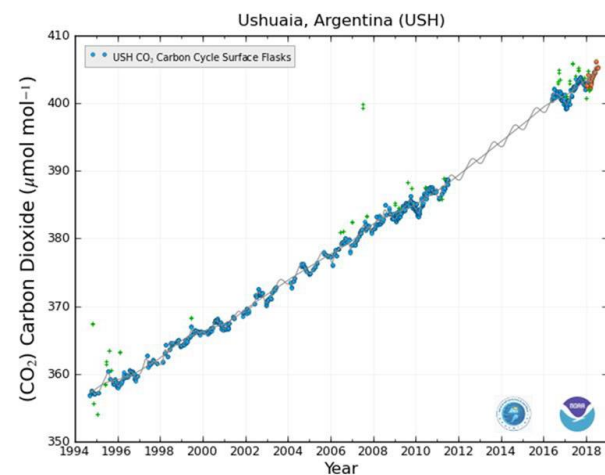
- ¿Por qué estudiar el CO₂?
Motivación.
- ¿Qué hacemos? Un poco de historia.

Motivación: Aumento del CO₂ de la atmósfera

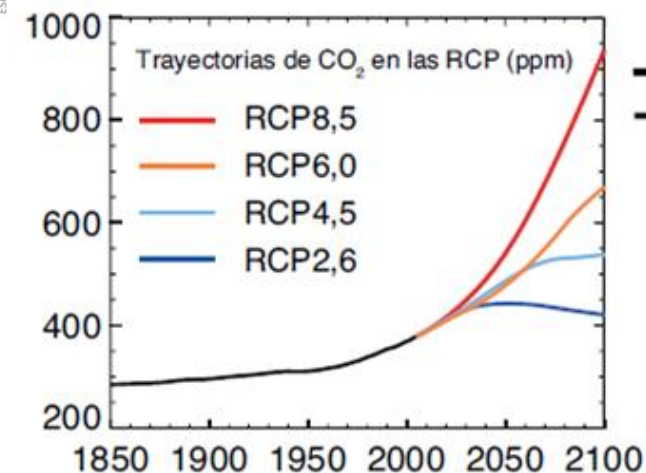
- El CO₂ es uno de los gases de invernadero más importantes (representa el 77% del total).
- Modula al clima y cumple un rol fundamental en el calentamiento global.



Registro de CO₂ atmosférico, estación Mauna Loa
(<https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>)

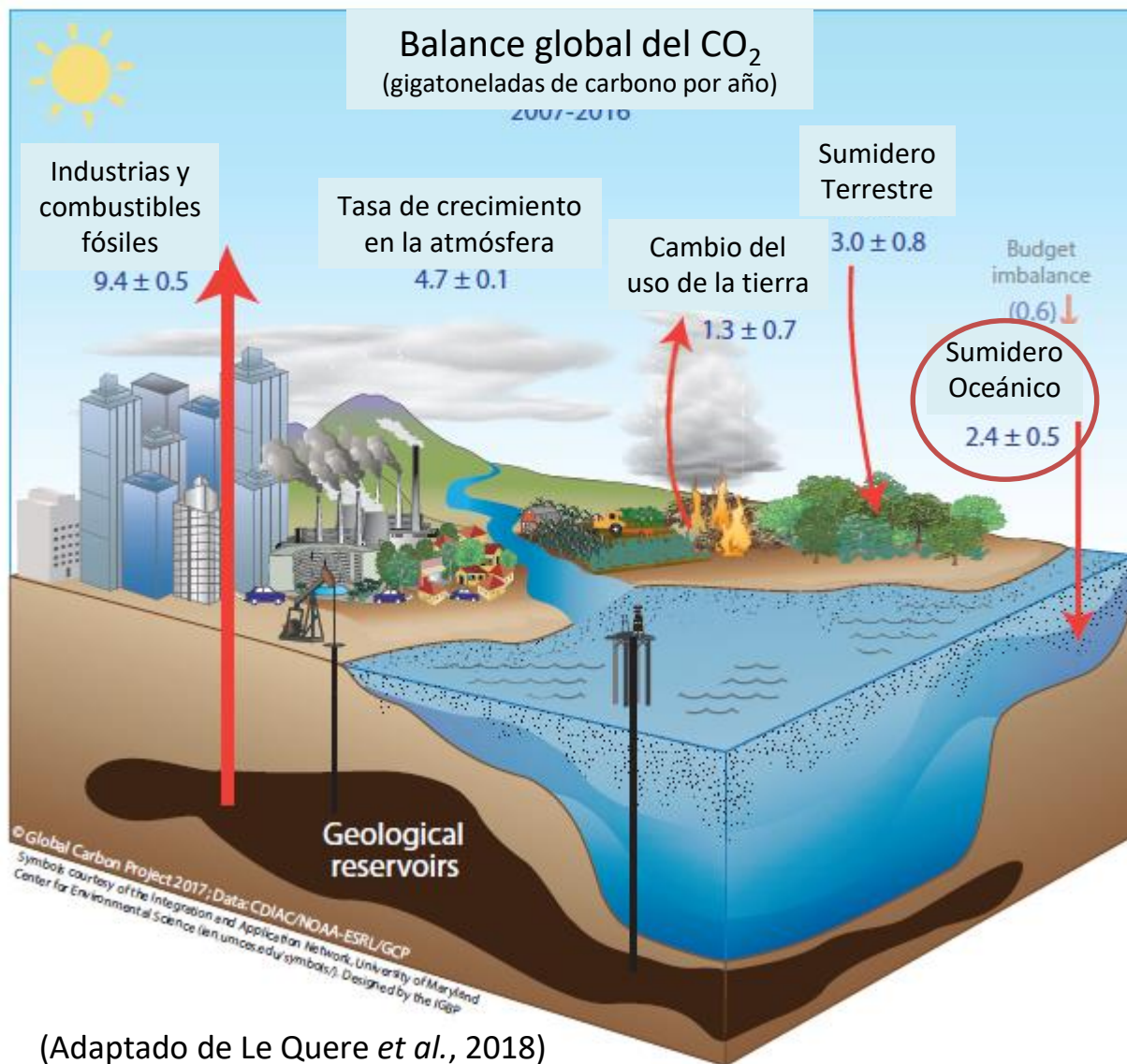


NOAA
Servicio meteorológico nacional



Serie temporales de CO₂ (ppm) proyectadas para 4 escenarios (IPCC, 2013).

Motivación: El rol del océano

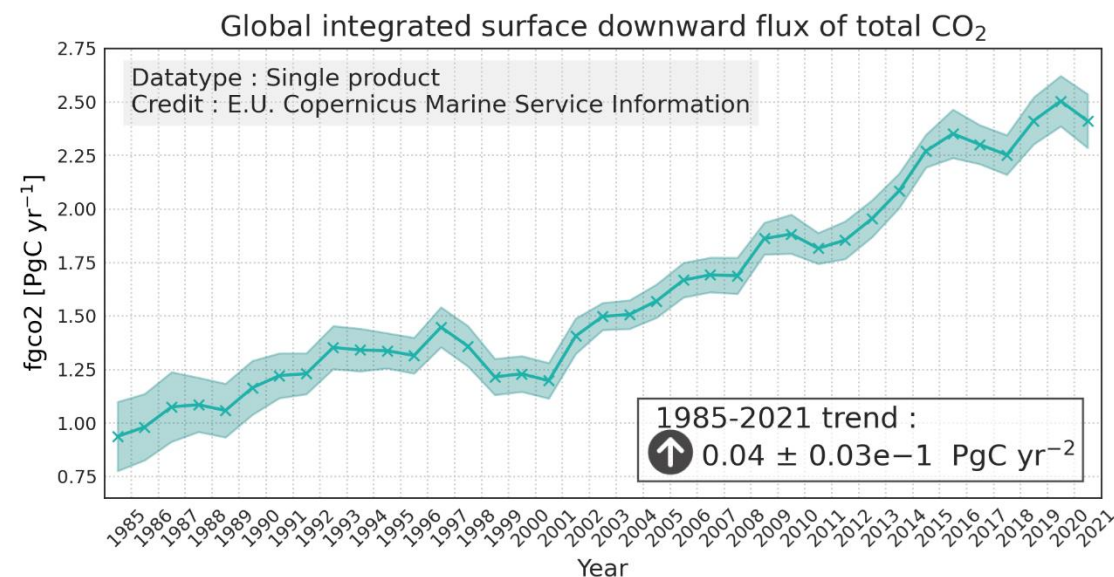


(Adaptado de Le Quere *et al.*, 2018)

El océano captura >25%
del CO₂ de la atmósfera.



Mitiga el
calentamiento global.



<https://doi.org/10.48670/moi-00223>

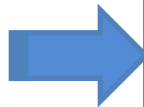
Motivación: Impacto del CO₂ en el mar

El aumento del CO₂ en el mar altera la química del carbono.




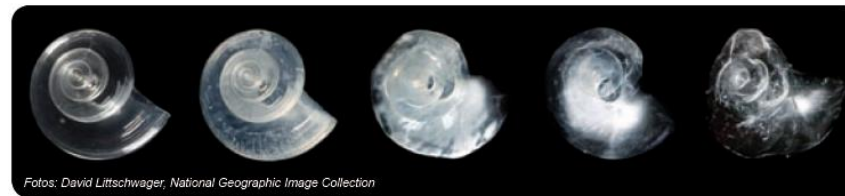
ACIDIFICACIÓN OCEÁNICA (AO)

Desafío en la adaptación de los organismos marinos a distintos niveles tróficos



Repercusiones socioeconómicas, particularmente en las pesquerías

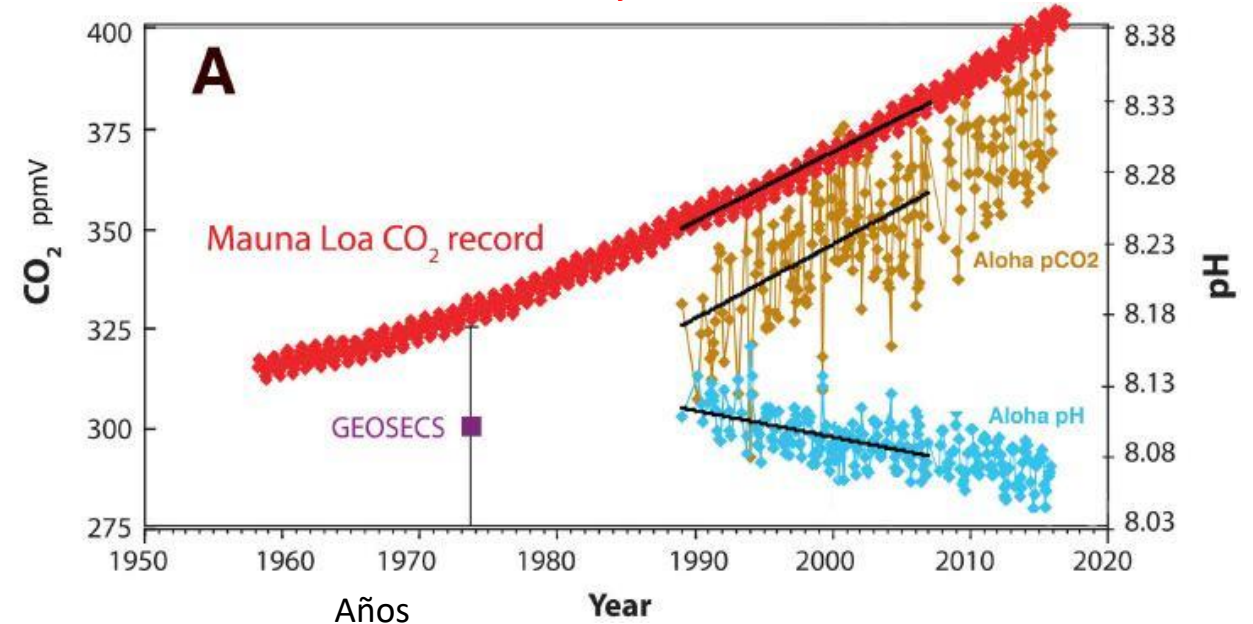
 Moluscos	Supervivencia	-34%
	Calcificación	-40%
	Crecimiento	-17%
	Desarrollo	-25%
	Abundancia	



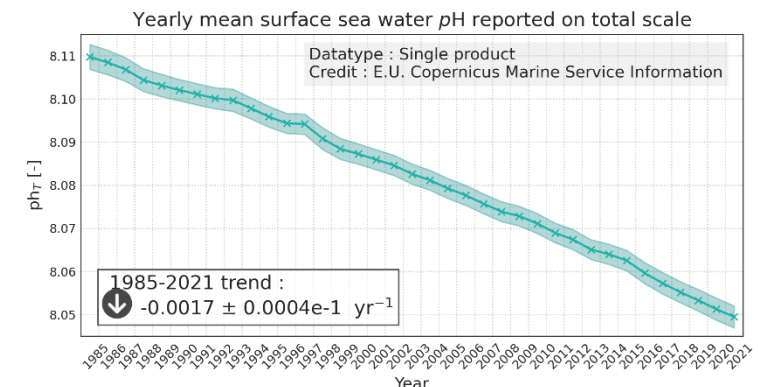
Fotos: David Littschwager, National Geographic Image Collection

Degradación del exoesqueleto

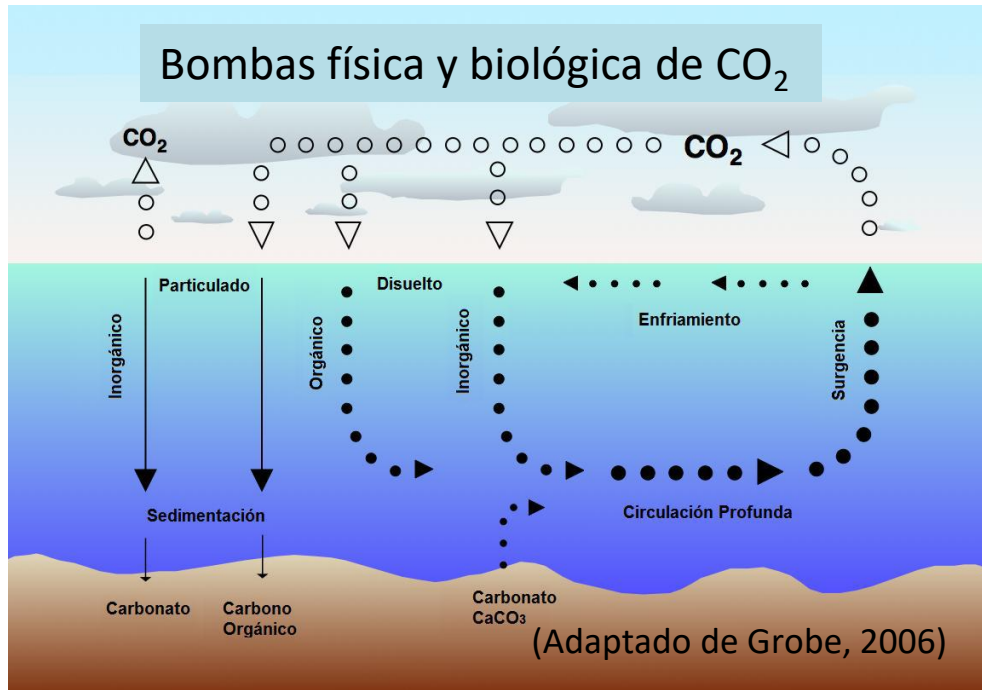
La AO es un hecho, esta ocurriendo!



Disminución en el pH del mar



Motivación: procesos que afectan al CO₂



Bomba de física (o de solubilidad):

- Temperatura: $\downarrow T \rightarrow \uparrow$ solubilidad
- Circulación
- Surgencia/hundimiento

Bomba biológica:

- Fotosíntesis/respiración
- Degradación de materia orgánica



Dinámica de los mares marginales

¿Qué hacemos? ¿Cómo estudiamos el carbono en el océano?



Campañas ARGAU y GEF



Laboratoire de Biogéochimie et Chimie Marines
Université Paris 11, Paris - France
<http://www.lbcm.jussieu.fr>



Instituto Antártico Argentino
Buenos Aires - Argentina
<http://www.iaa.gov.ar>



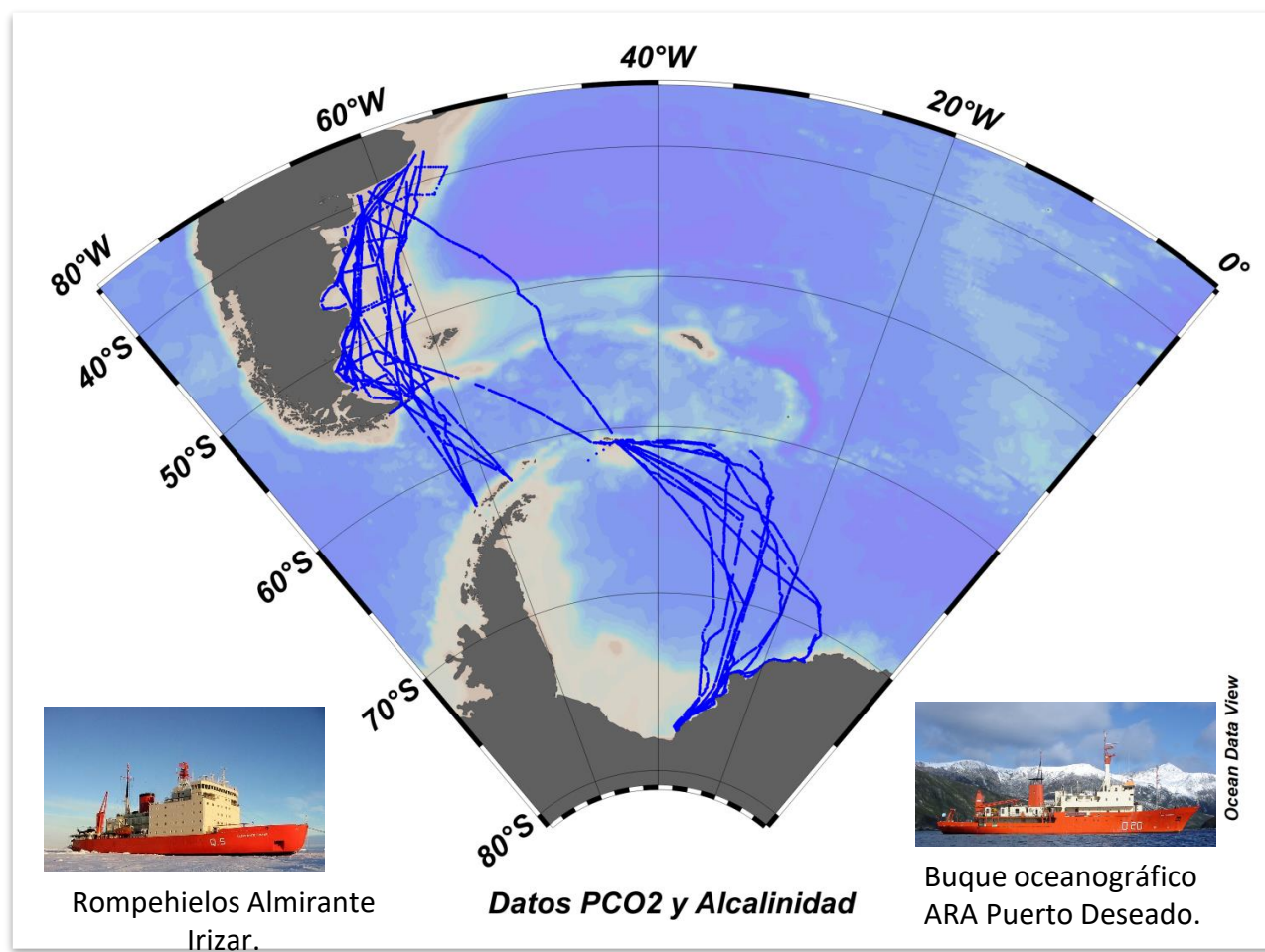
Servicio de Hidrografía Naval
Buenos Aires - Argentina
<http://www.hidro.gov.ar>



Proyecto ARGAU: (Proyecto Cooperación Franco –Argentino)

Rol de los procesos
físicos y biológicos en el
Atlántico Sur y Mar de
Weddell.

7 campañas
interdisciplinarias entre
2000-2005



Proyecto PATAGONIA-GEF (Global Environmental Facility) “Condiciones Ambientales en el Mar de Patagonia”

3 campañas
interdisciplinarias
2005-2006

Datos:
~2600 AT y CID
superficiales
~300 AT y CID en
estaciones CTD
10700 pCO₂ superficie

Sistemas de medición

Equipamientos creados y donados al SHN por el LBCM (Francia)
actualmente LOCEAN



Sistema de medición en continuo de $p\text{CO}_2$ del mar y del aire con analizador IR.

Sistema semi-automatizado de titulación potenciométrica en Celda Cerrada para la determinación de AT y DIC.

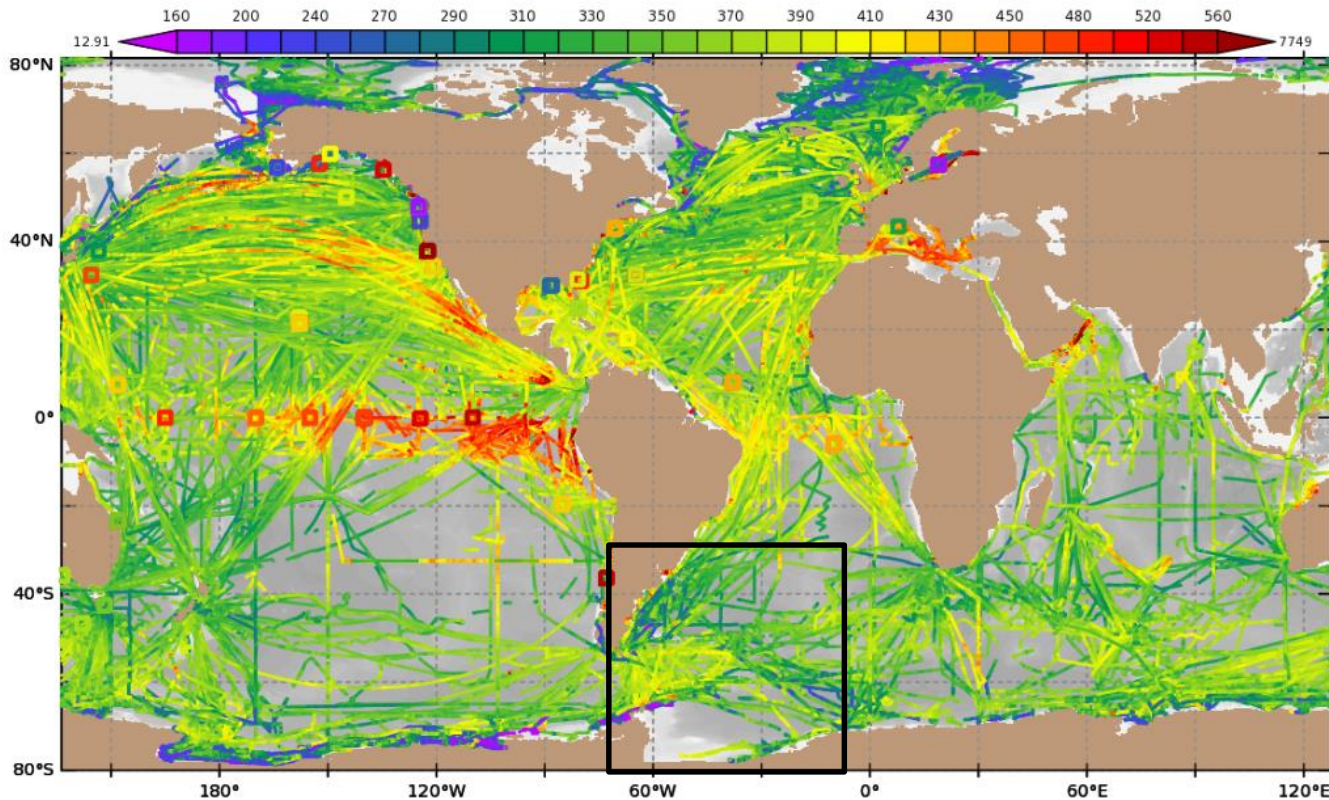


Bases de datos globales de CO₂

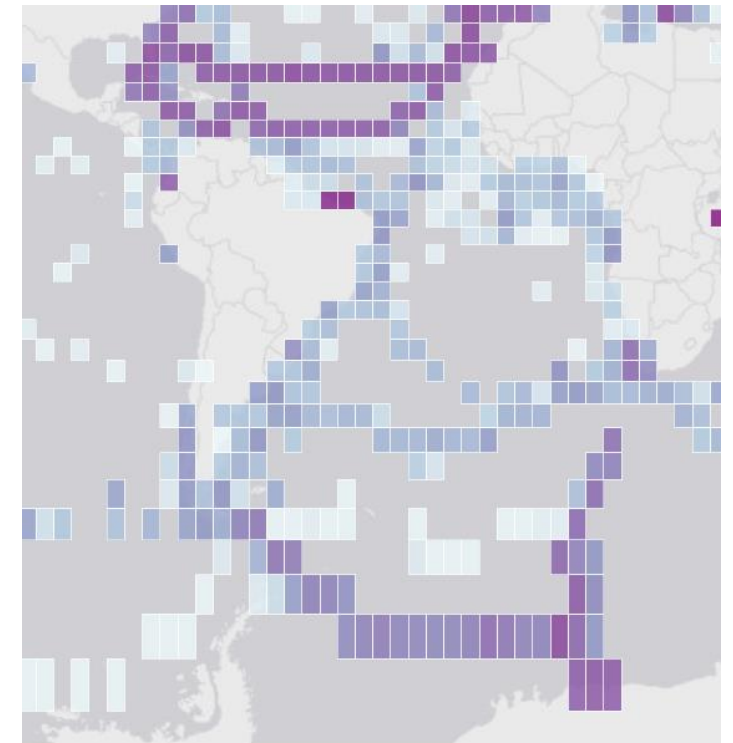
Datos de pCO₂ disponibles desde 2016 en SOCAT



Aporte al Indicador de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 14.3.1:
467 registros de AT y DIC enviados



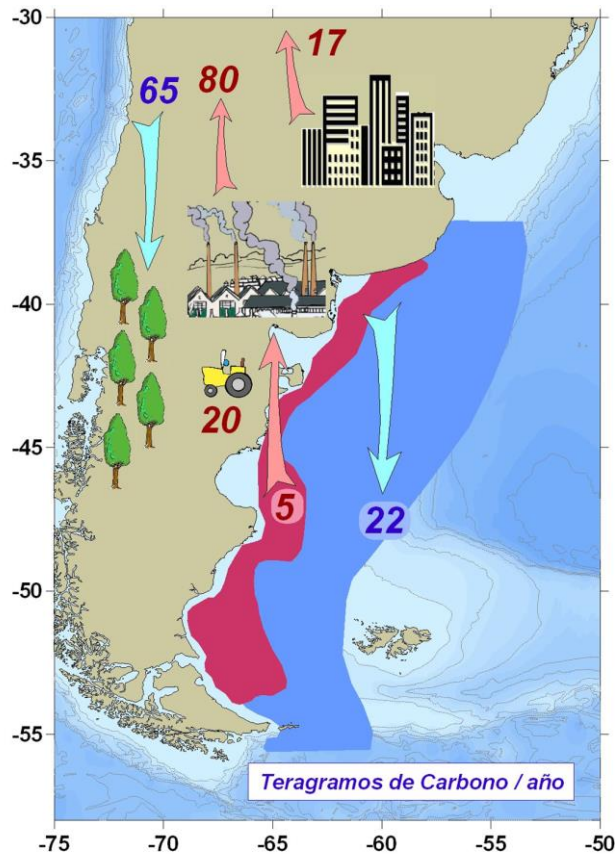
<https://www.socat.info/>



SDG 14.3.1 data portal

<https://oa.iode.org/>

Algunos resultados

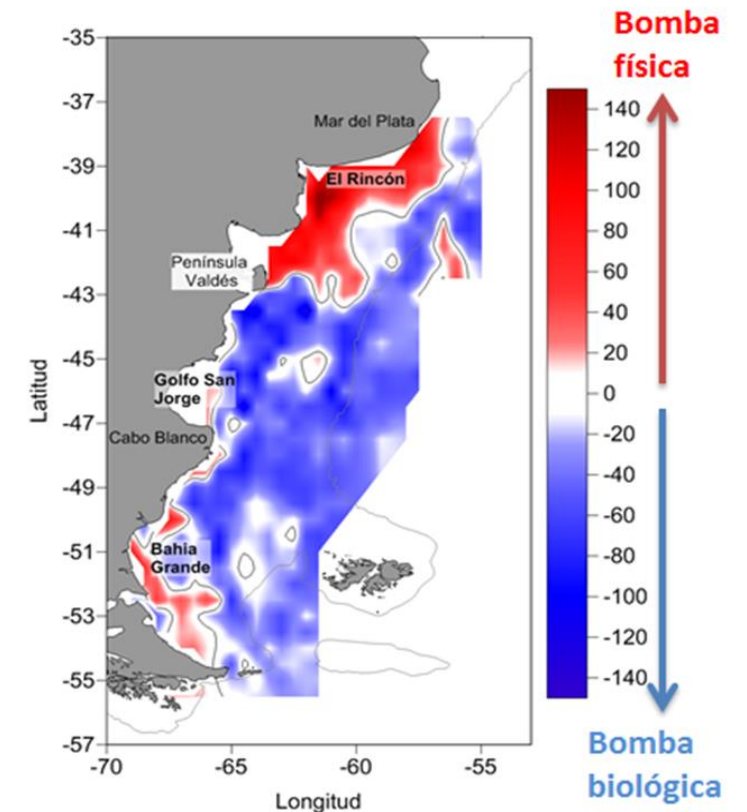


Flujos de CO₂: El mar Argentino es uno de los más fuertes sumideros de CO₂ del Océano Global.

Marcada estacionalidad y fuertes gradientes en las zonas frontales.

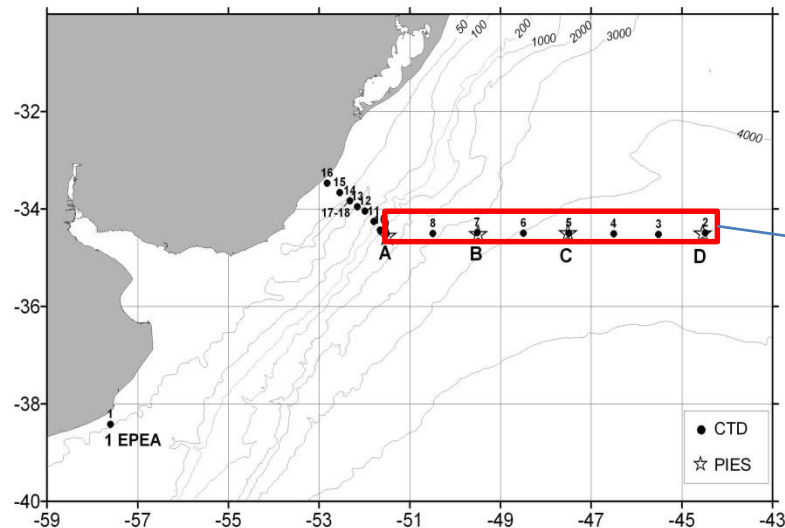
La alta captura de CO₂ en el Mar Argentino podría inducir cambios significativos en la química marina de la región, provocando un efecto de AO.

La bomba biológica juega un papel crucial en la regulación de estos flujos y en el equilibrio del sistema de carbonatos del Mar Patagónico.

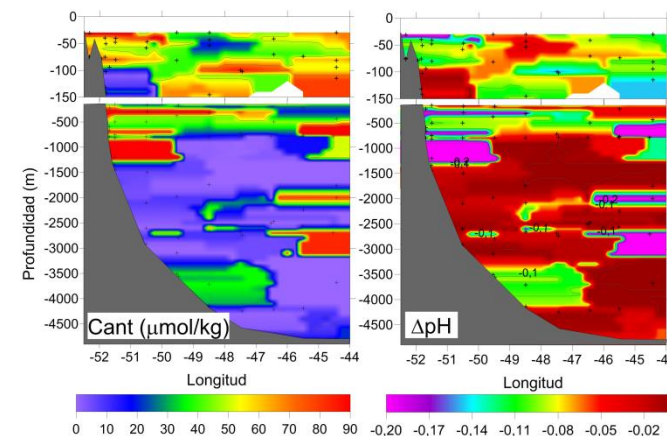


Campañas SAMOC y STSF

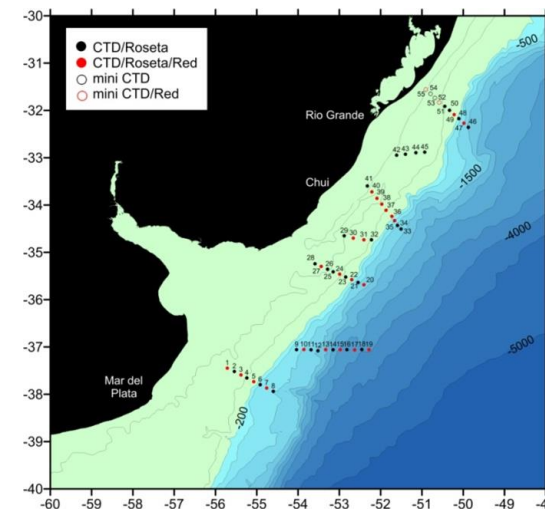
Campañas SAMOC (desde 2009 - actualidad).



El proyecto SAMOC es liderado por investigadores de NOAA, el SHN y las Universidades de Sao Paulo (USP) y Federal de Rio Grande do Sul (FURG).

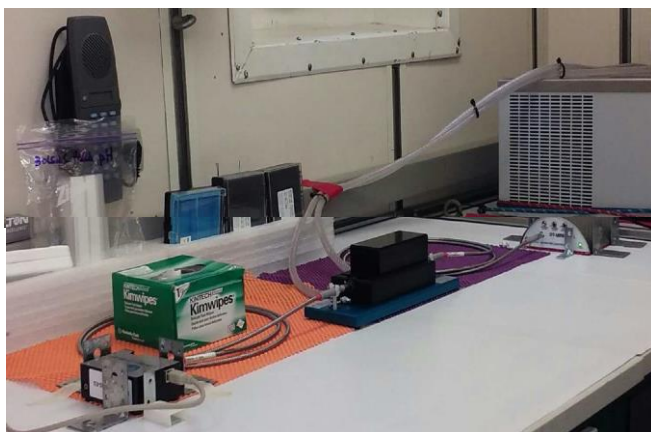


Campaña STSF 2013 del proyecto *Export of shelf waters along the Subtropical Shelf Front: A one way ticket?*, financiado por el Instituto Inter-Americano para la Investigación del Cambio Global (IAI).



Nueva generación: pH y pCO₂

PIDDEF 47/11: adquisición de espectrofotómetro “Ocean Optics” para la determinación de pH.



Espectrofotómetro de campo marca “Ocean Optics”, modelo USB 2000+ UV-VIS con fuente de luz DH-2000 e indicador de sulfonftaleína púrpura de meta-cresol (marca Aldrich).

PIDDEF 12/2014: adquisición de un sistema de monitoreo de pCO₂ modelo PRO-OCEANUS CO₂-Pro CV™.

pCO₂ Sensor Applications

- Ocean acidification
- Long-term ocean pCO₂ monitoring
- Deep ocean studies
- Shipboard flow-through pCO₂ measurements
- Coastal zone CO₂ fluxes

pressure and humidity provide accuracy unparalleled by small submersible pCO₂ instrument.

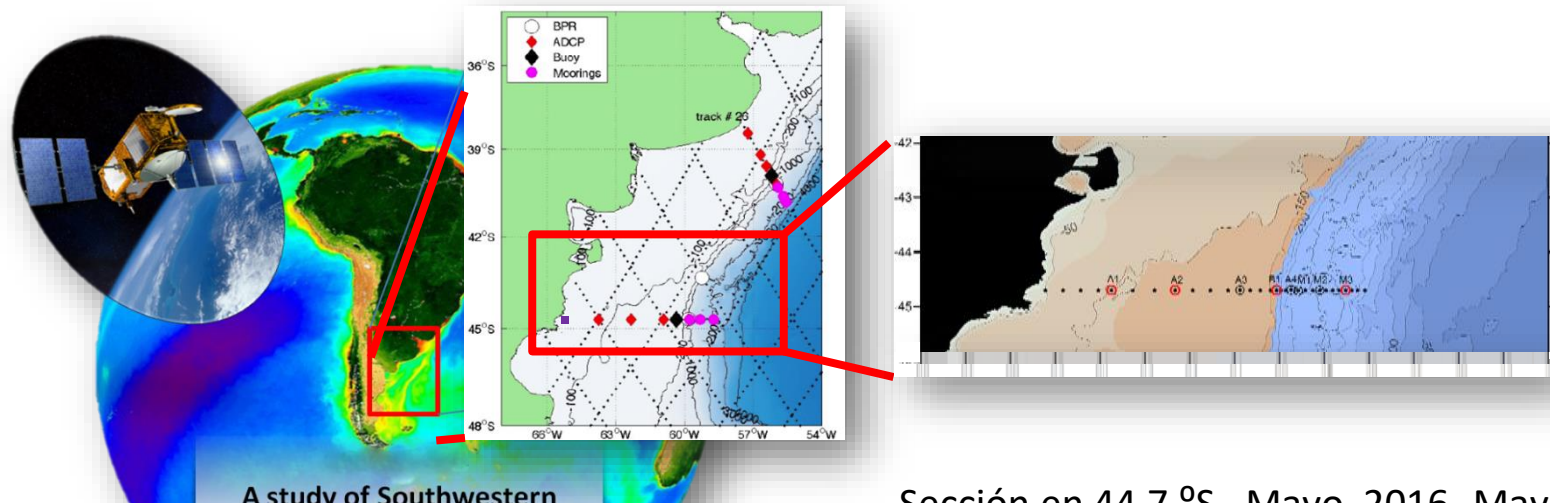
PRO OCEANUS
Stability in a sea of change.



Será utilizado a fin de obtener una serie de tiempo de pCO₂ en el marco del proyecto conjunto con investigadores del IADO (Smartport Net-Zero Challenge 2022)

Campañas CASSIS-Malvinas

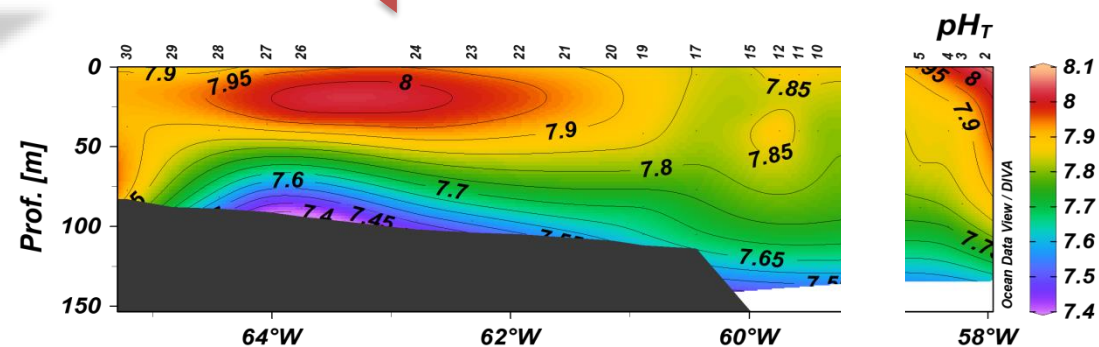
Proyecto CASSIS: iniciativa del instituto franco-argentino [UMI-IFAECI](#). El objetivo es comprender, simular y predecir la variabilidad climática y sus cambios, así como sus impactos en el sur de América del Sur y océanos circundantes.



A study of Southwestern
Proyecto CASSIS
(Corrientes del Atlántico
Sudoccidental **Satélite In-Situ**)

Sección en 44,7 °S , Mayo 2016- Mayo 2017.

AT, DIC y pH



Publicaciones



JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 114, C03018, doi:10.1029/2008JC004854, 2009

Annual balance and seasonal variability of sea-air CO₂ fluxes in the Patagonia Sea: Their relationship with fronts and chlorophyll distribution

Alejandro A. Bianchi,^{1,2} Diana Ruiz Pino,³ Hernán G. Isbert Perlender,² Ana P. Osíroff,¹ Valeria Segura,⁴ Vivian Lutz,^{4,5} Moira Luz Clara,² Carlos F. Balestrini,¹ and Alberto R. Piola^{1,2,5}

Received 7 April 2008; revised 22 October 2008; accepted 13 January 2009; published 25 March 2009.

[1] Sea-air differences of CO₂ partial pressures ($\Delta p\text{CO}_2$) and surface chlorophyll *a* (chl-*a*) concentration have been determined during 22 cruises in various seasons for 2000–2006 over the Patagonia Sea and shelf break. From spring to autumn, the nearshore waters act as a source of atmospheric CO₂, while the midshelf and slope are a CO₂ sink, leading to highly negative areal means of sea-air CO₂ flux and $\Delta p\text{CO}_2$. The $\Delta p\text{CO}_2$ and CO₂ flux in spring reach values of $-67 \mu\text{atm}$ and $-7 \times 10^{-3} \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, respectively, and are close to equilibrium in winter. Sea-air $\Delta p\text{CO}_2$ and chl-*a* over the shelf are negatively correlated, suggesting that photosynthesis is one of the main processes responsible for the large

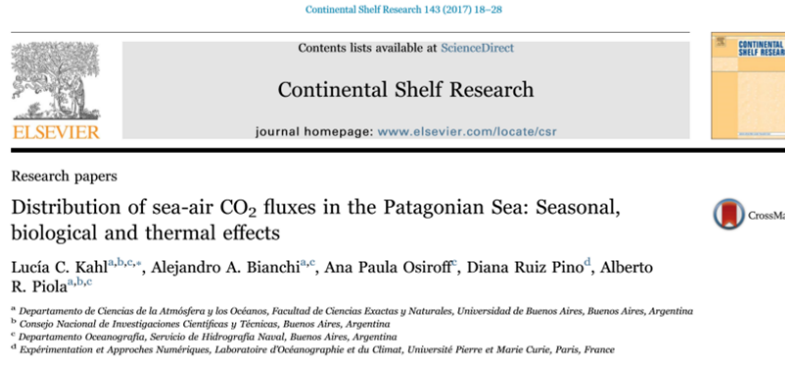
JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 110, C07003, doi:10.1029/2004JC002488, 2005

Vertical stratification and air-sea CO₂ fluxes in the Patagonian shelf

Alejandro A. Bianchi,^{1,2} Laura Bianucci,² Alberto R. Piola,^{1,2} Diana Ruiz Pino,³ Irene Schloss,^{4,5} Alain Poisson,³ and Carlos F. Balestrini¹

Received 14 May 2004; revised 9 March 2005; accepted 24 March 2005; published 7 July 2005.

[1] The thermohaline structure across the tidal fronts of the continental shelf off Patagonia is analyzed using historical and recent summer hydrographic sections. The near-summer tidal front location is determined on the basis of the magnitude of vertical stratification of the water column as measured by the Simpson parameter. Sea surface and air CO₂ partial pressures based on data from eleven transects collected in summer and fall from 2000 to 2004 are used to estimate CO₂ fluxes over the shelf. The near-shore waters are a source of CO₂ to the atmosphere while the midshelf region is a CO₂ sink. The transition between source and sink regions closely follows the location of tidal fronts, suggesting a link between vertical stratification of the water column and the regional CO₂



Research papers

Distribution of sea-air CO₂ fluxes in the Patagonian Sea: Seasonal, biological and thermal effects

Lucía C. Kahl^{1,b,c,*}, Alejandro A. Bianchi^{2,b,c}, Ana Paula Osíroff^c, Diana Ruiz Pino^d, Alberto R. Piola^{2,b,c}

^a Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina
^b Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
^c Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Argentina
^d Expérimentation et Approches Numériques, Laboratoire d'Océanographie et du Climat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France



Progress in Oceanography 223 (2024) 103246

Contents lists available at ScienceDirect

Progress in Oceanography

journal homepage: www.elsevier.com/locate/pocean

CO₂ sink and source zones delimited by marine fronts in the Drake Passage

Lisandro A. Arbilla^{a,b,c,*}, Laura A. Ruiz-Etcheverry^{a,b,d,e}, Celeste López-Abbate^{b,c}, Lucía C. Kahl^f

^a Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Buenos Aires, Argentina
^b Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
^c Instituto Argentino de Oceanografía (IADO, CONICET-UNS), Bahía Blanca, Argentina
^d CONICET – Universidad de Buenos Aires, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Buenos Aires, Argentina
^e CNRS – IRD – CONICET – UBA, Institut Franco-Argentin pour l'Etude du Climat et ses Impacts (IRL 3351 IPACI), Buenos Aires, Argentina
^f Servicio de Hidrografía Naval (SHN), Buenos Aires, Argentina

ARTICLE INFO

Keywords:
Sea-air CO₂ fluxes
Drake Passage
Thermal and nonthermal effects

ABSTRACT

Net sea-air CO₂ fluxes (FCO₂) in the Drake Passage (DP) were studied at a climatological scale (1999–2019) using observations from the Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT) database. Based on the monthly climatological position of the main circumpolar fronts of the DP (the Subantarctic Front (SAF), the Polar Front (PF) and the Southern Antarctic Circumpolar Current Front (SACCF)) and the thermal and nonthermal contributions to FCO₂, we

■ Dossier: Especies marítimas

La acidificación de los océanos, el otro problema al aumento del CO₂: perspectivas para la comprensión de sus efectos sobre los ecosistemas marinos en Argentina

Betina J. Lemovsky*, Ana Paula Osíroff **, María Soledad Yusseppone* y Lucía Carolina Kahl**

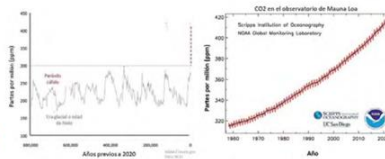


FIGURA 1. a) Registro histórico de la concentración de CO₂ atmosférico en partes por millón (ppm) desde 1800 hasta 2020. b) Curva de Keeling con mediciones tomadas a partir de 1958 por el científico estadounidense Charles Keeling en el Observatorio Mauna Loa, Hawái. Fuente: extraído y adaptado de <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>.

oano y sus
sistemas

ido asociado
lentamiento
acumulación
nadero en la
do de carbono
bien existen
aumento del
las produci-

absorbido por los océanos se disuelve transformándose en CO₂ acuoso, que al reaccionar con el agua produ-

denominado como acidificación del océano (AO). Esta produce importantes consecuencias para los ecosistemas marinos.

ficiales ricas en materia orgánica disuelta. Parte de ella se incorpora a los sedimentos.

La AO representa un desafío en la adaptación de los organismos marinos, pudiendo influir en el crecimiento, sobrevivencia, tasas netas de calcificación, descalcificación y tasas de fotosíntesis, tanto en organismos calcificadores (utilizan los carbonatos para la construcción de valvas y otras estructuras duras, ej.: almejas, vieiras, mejillones, crustáceos, erizos, corales, etc.), como en aquellos no calcificadores, al influir en procesos metabólicos a nivel celular (peces, etc.). También la reproducción, los primeros estadios larvales y el reclutamiento de organismos en distintos niveles tróficos podrían estar afectados.

términos generales, es importante conocer si el efecto es positivo o negativo para la especie en cuestión. Esta es capaz de sobrevivir a condiciones y los costos que conlleva, es decir, las consecuencias en los organismos y sus poblaciones. Si el efecto es negativo, ese ambiental podemos verlo como un factor de estrés, que podría implicar un gasto adicional de energía para recuperar y mantener el equilibrio energético. En cómo los estresores relacionados con el aumento de CO₂ actúan a nivel molecular, y de los tejidos y cómo esos son trasladados a nivel individual (crecimiento somático, fecundación, etc.) de las especies marinas, implicancias directas sobre los ecosistemas marinos.

JOURNAL OF PLANKTON RESEARCH | VOLUME 32 | NUMBER 2 | PAGES 181–195 | 2010

Primary production in the Argentine Sea during spring estimated by field and satellite models

VIVIAN A. LUTZ^{1,2,*}, VALERIA SEGURA¹, ANA I. DOGLIOTTI^{1,2,3,4}, DOMINGO A. GAGLIARDINI^{1,2,3,4}, ALEJANDRO A. BIANCHI¹ AND CARLOS F. BALESTRINI¹

¹ INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO, PUERTO VICTORIA OCAMPO NO 1, MAR DEL PLATA 760024, ARGENTINA, ² CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET), ARGENTINA, ³ INSTITUTO DE ASTRONOMÍA Y FÍSICA DEL ESPACIO (IAFE-CONICET), PARLAMENTO ARGENTINO, BUENOS AIRES, ARGENTINA, ⁴ INSTITUTO DE ASTRONOMÍA Y FÍSICA DEL ESPACIO (IAFE-CONICET), PARLAMENTO ARGENTINO, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Publicaciones

Tesis de licenciatura

- Bianucci, Laura (2004). "*Climatología de los frentes de marea y su relación con los flujos mar atmósfera de CO₂ en la plataforma Patagónica*". **Universidad de Buenos Aires**
- Luz Clara, Moira (2008) "*Estimación de los flujos mar-atmósfera de CO₂ y la variabilidad de la clorofila-a en el Mar Argentino*". **Universidad de Buenos Aires**
- Kahl, Lucía C. (2013) "*Balance y variabilidad del CO₂ en el Mar Patagónico*". **Universidad de Buenos Aires**
- Gomez Saez, Ludmila (2019) "*Evaluación de la variabilidad en los flujos de CO₂ aire- mar en una transecta perpendicular a la batimetría a 44°S en el Mar Argentino*". **Universidad de Buenos Aires.**

Tesis de doctorado

- Bianchi, Alejandro (2012). "*Sea-Air CO₂ Fluxes in the Patagonia Sea*", **Universidad "Pierre et Marie Curie", París**
- Isbert, Hernán (2017). "*El Mar de Weddell: intercambio mar-atmósfera del CO₂ y su relación con las variables físicas y biogeoquímicas*". **Universidad de Buenos Aires**
- Kahl, Lucía Carolina (2018). "*Dinámica del CO₂ en el Océano Atlántico Sudoccidental*". **Universidad de Buenos Aires.**
- Arbilla, Lisandro Ariel (finalizando). "*Dinámica del CO₂ en el Pasaje de Drake*". **Universidad de Buenos Aires.**

Capacitación y Participación en redes



GOA-ON: Red Global de Observaciones de la Acidificación Oceánica.

LAOCA (Latin American Ocean Acidification Network): Red Latinoamericana de Acidificación Oceánica.



REMARCO: Red de Investigación de Estresores Marinos – Costeros en Latinoamérica y el Caribe



Training Course on a Suite of Biogeochemical Sensors
June 10-19, 2019
Sven Lovén Center for Marine Sciences, Kristineberg, Sweden



- Participación en talleres
- Capacitación
- Colaboración entre instituciones nacionales e internacionales

GRACIAS!!