



Universidad de Concepción



# ***“Un Océano en Cambio: Impactos y Desafíos para Chile y el Mundo”***

Osvaldo Ulloa, Ph.D.

Departamento de Oceanografía  
& Instituto Milenio de Oceanografía  
Universidad de Concepcion  
Concepción, Chile

[oulloa@udec.cl](mailto:oulloa@udec.cl)



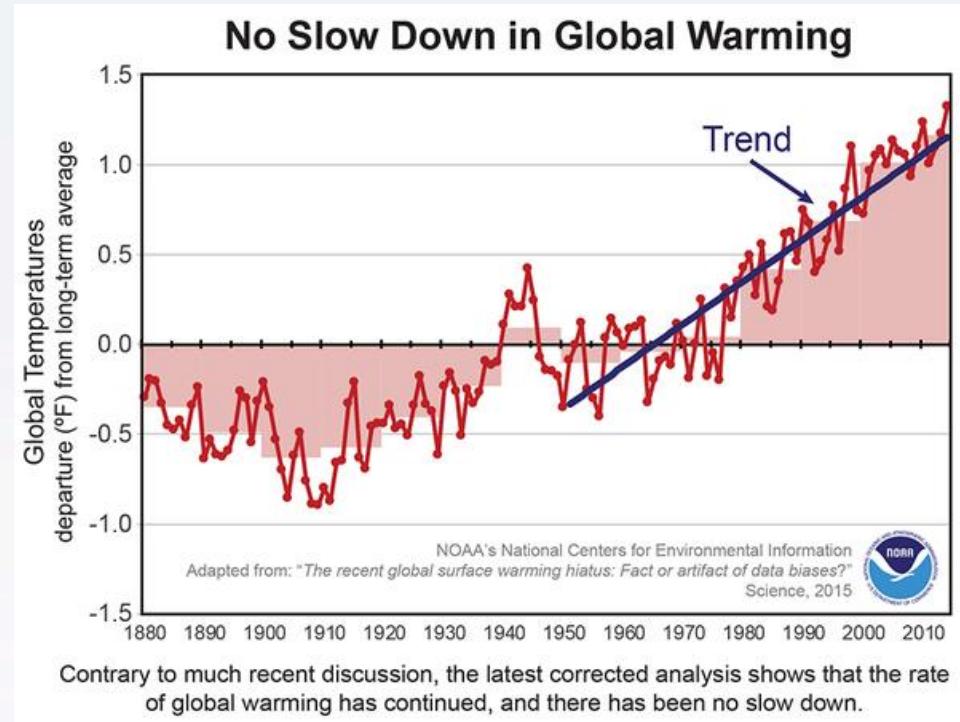
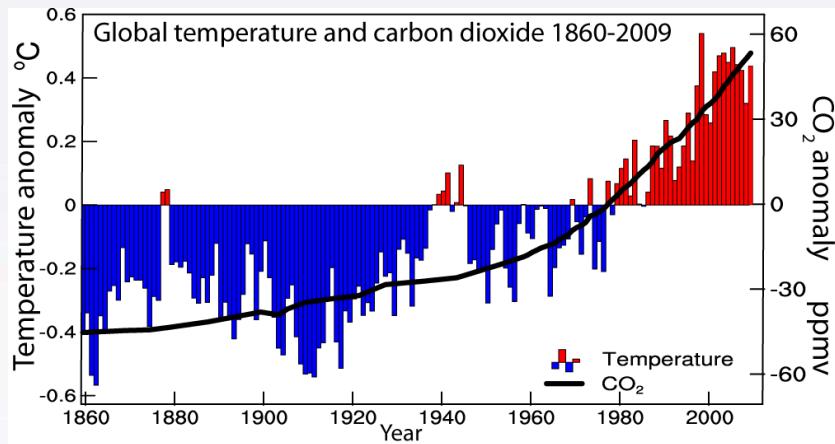
**imo**  
Instituto Milenio de Oceanografía

# Principales cambios que están ocurriendo en el océano a raíz del incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico

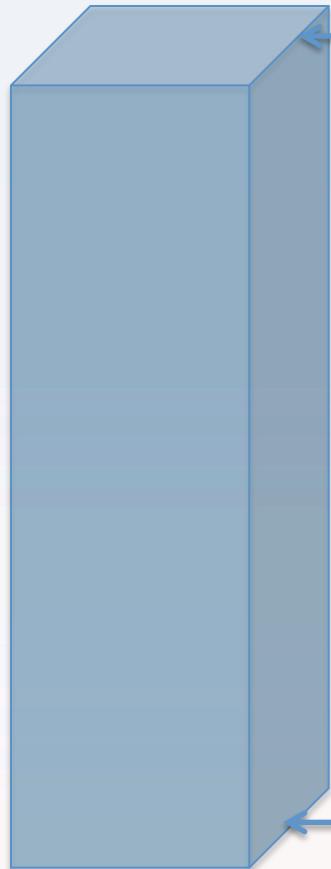
1. *Calentamiento del océano*
2. *Desertificación de los giros centrales*
3. *Desoxigenación de las aguas intermedias*
4. *Acidificación de las aguas*



# Calentamiento del océano superficial



# Contenido Calórico del Océano

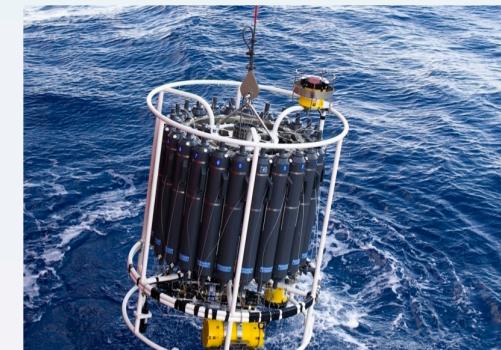
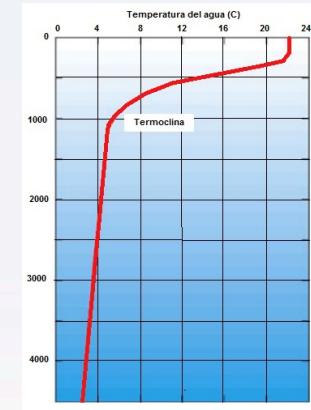


$$H = \rho c_p \int_{h2}^{h1} T(z) dz$$

$\rho$  = densidad del agua de mar

$c_p$  = capacidad calórica específica del agua

$T(z)$  = perfil de temperatura

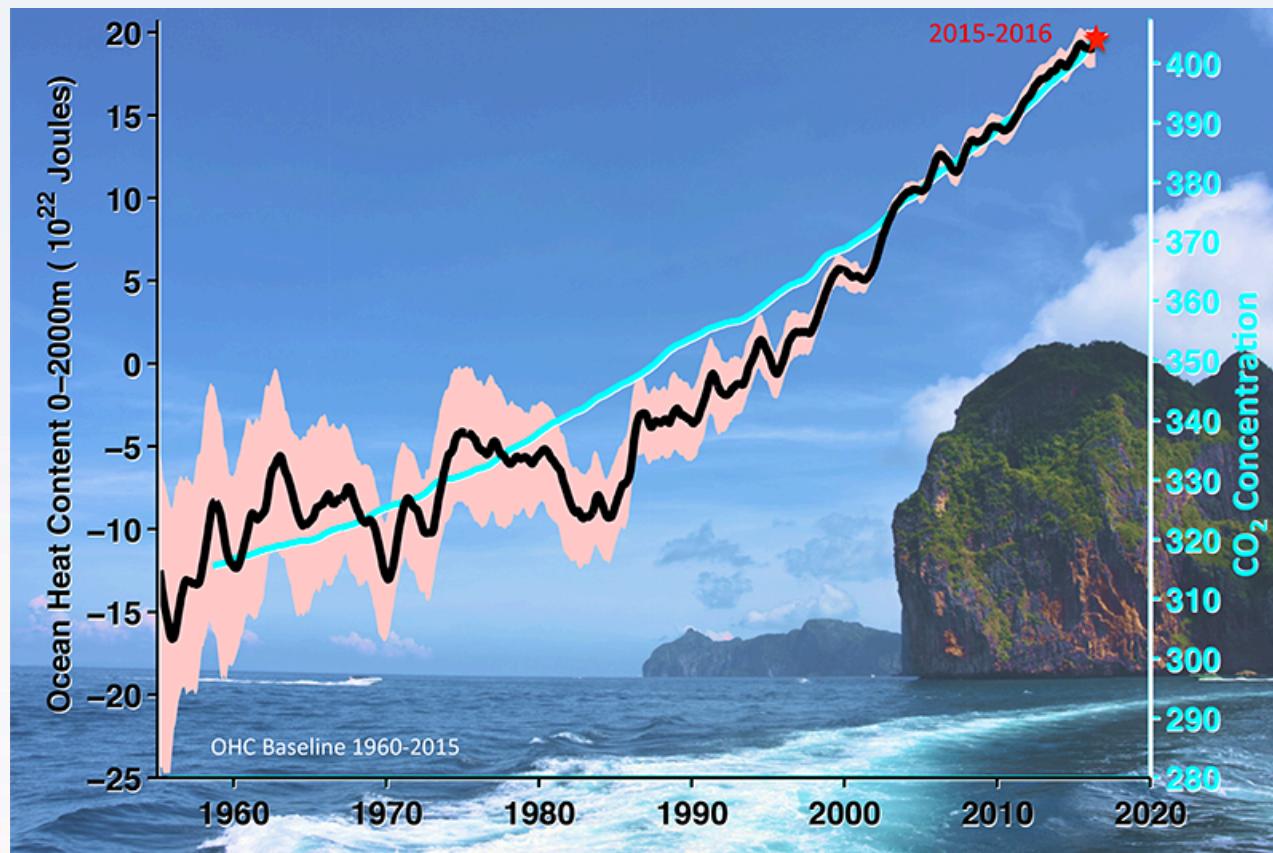


Roseta con CTD



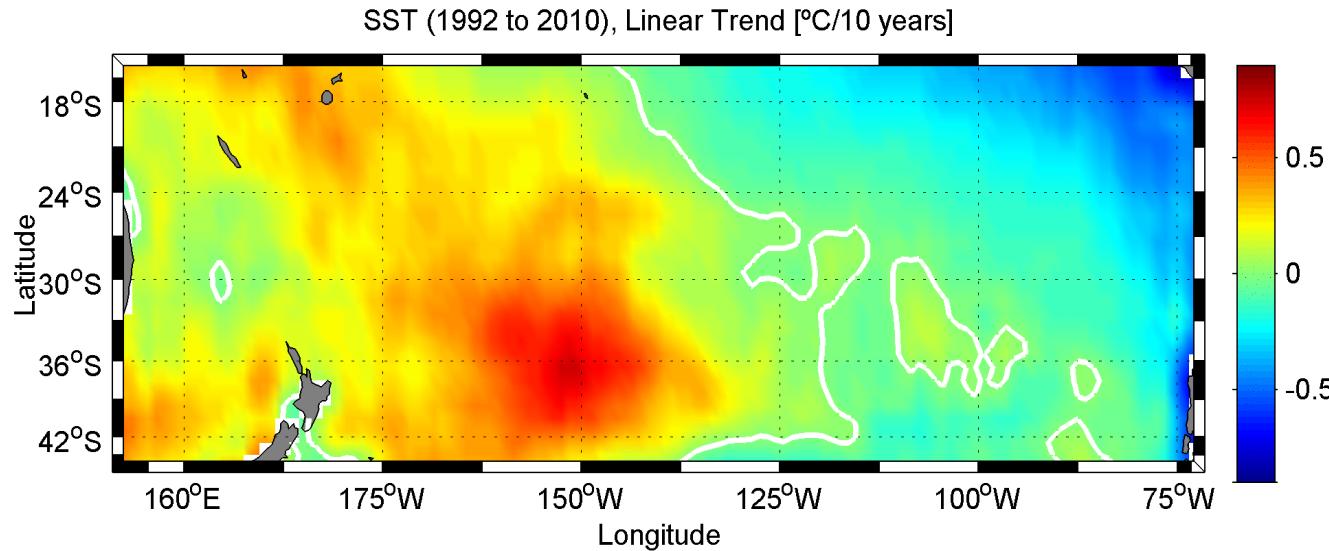
Perfilador ARGO

# Aumento del Contenido Calórico del Océano



Cheng et al. *Science* (2017)

# ...pero un enfriamiento del Pacífico Sudoriental

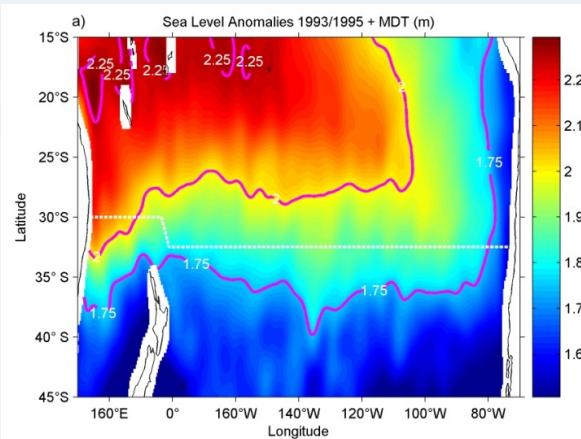


Intensificación del gradiente de la temperatura superficial del mar a través de la cuenca del Pacífico Sur ( $\sim 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  en diez años)

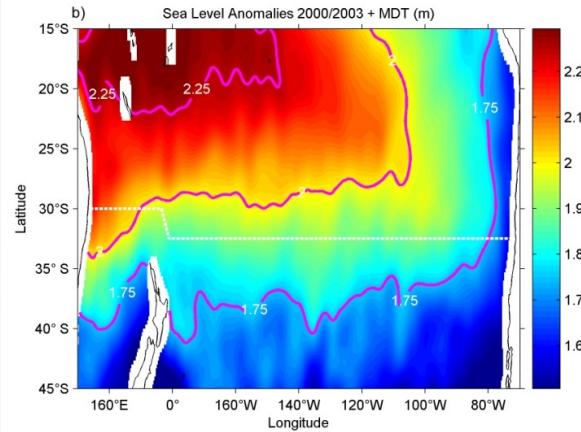
Aguas costeras de Chile se han enfriado en las últimas décadas (serie de tiempo de  $T^{\circ}$  del agua de mar 2012-2016)

# Cambios en la circulación oceánica del Pacífico Sur

Nivel del Mar 1993



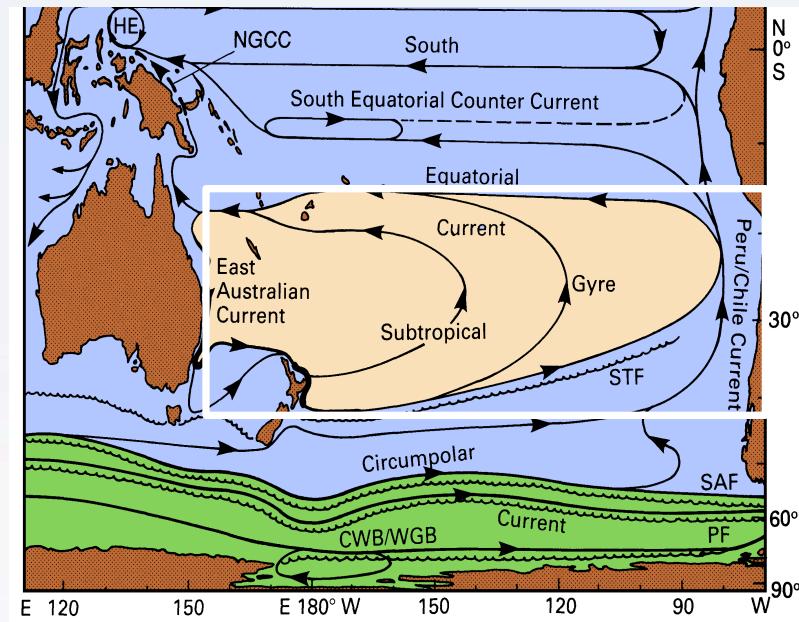
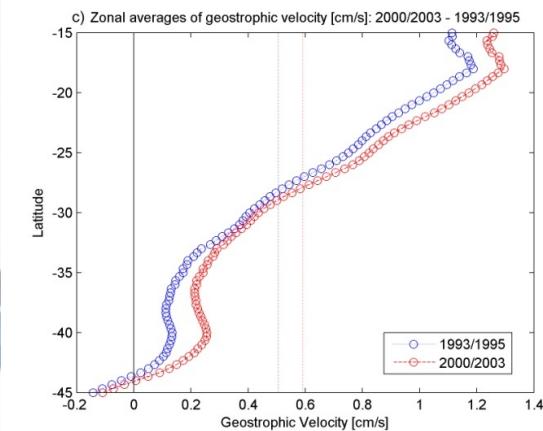
Nivel del Mar 2003



Zonal Mean of  
Velocidad  
Superficial S-N

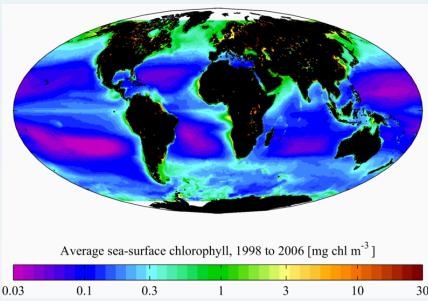
1993

2003

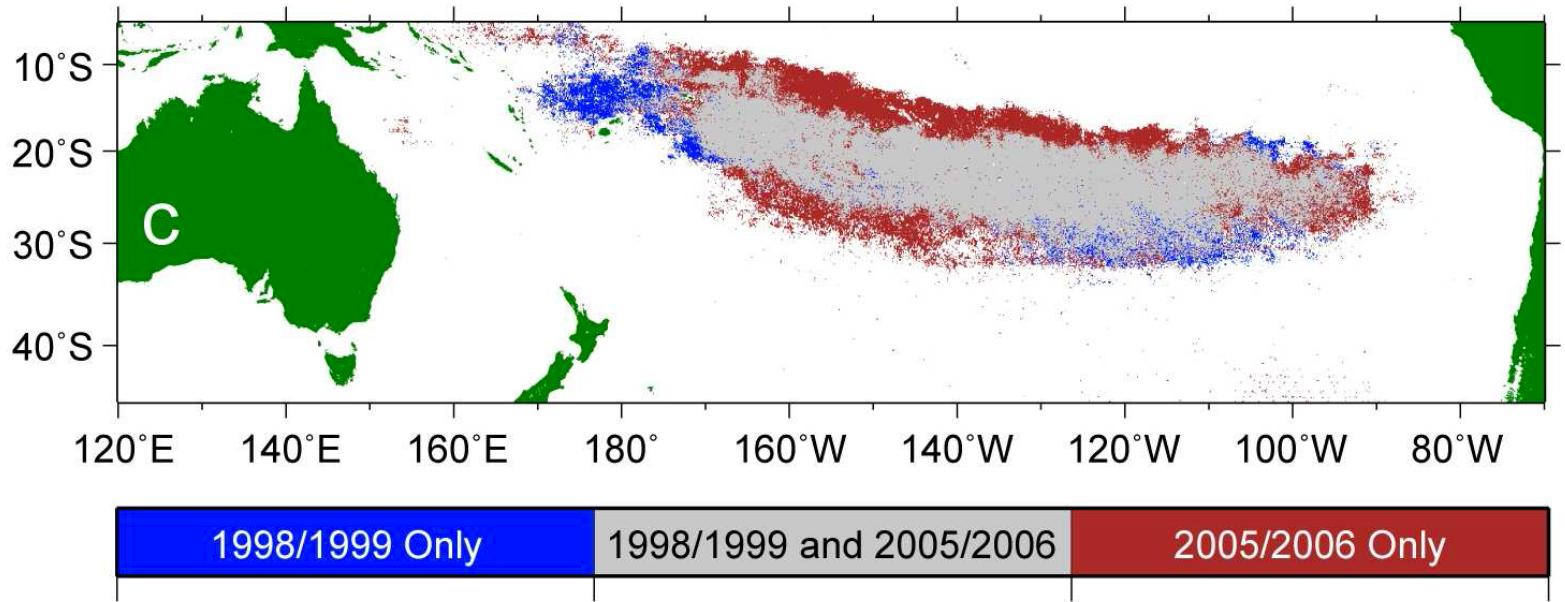


- Calentamiento y Aumento del Nivel del Mar
- Expansión del Giro Subtropical
- Intensificación de la Circulación Superficial

Schneider et al. (2007)



# Desertificación

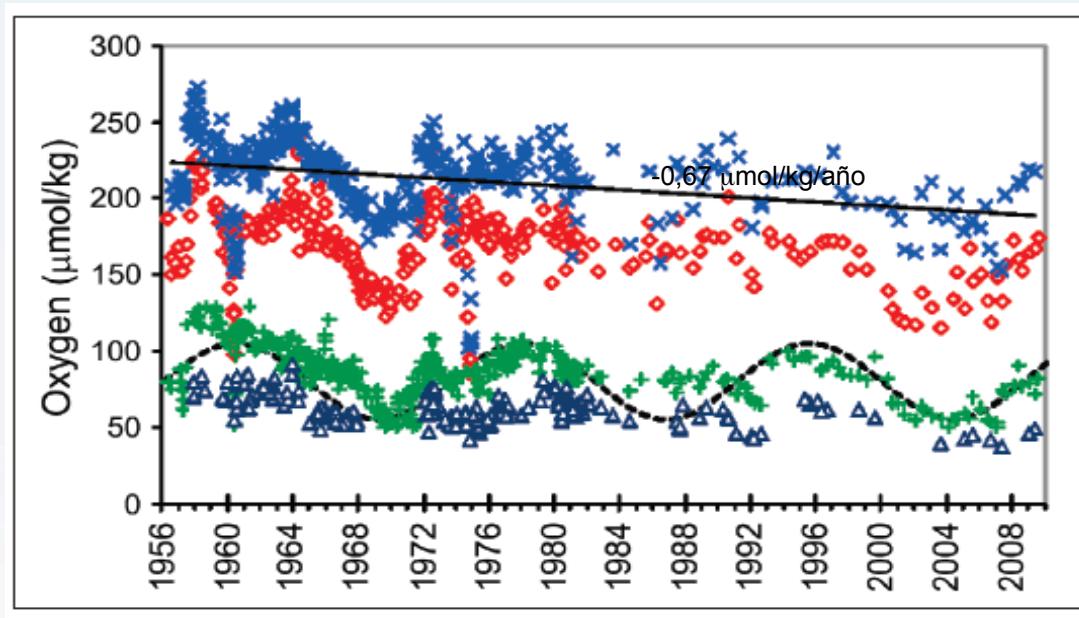


(Polovina et al. 2008)

Las áreas de baja clorofila/productividad se están expandiendo a una tasa promedio de 2.9% al año

(aguas más transparentes/pobres del mundo al oeste de Isla de Pascua)

# Disminución del O<sub>2</sub> (desoxigenación)

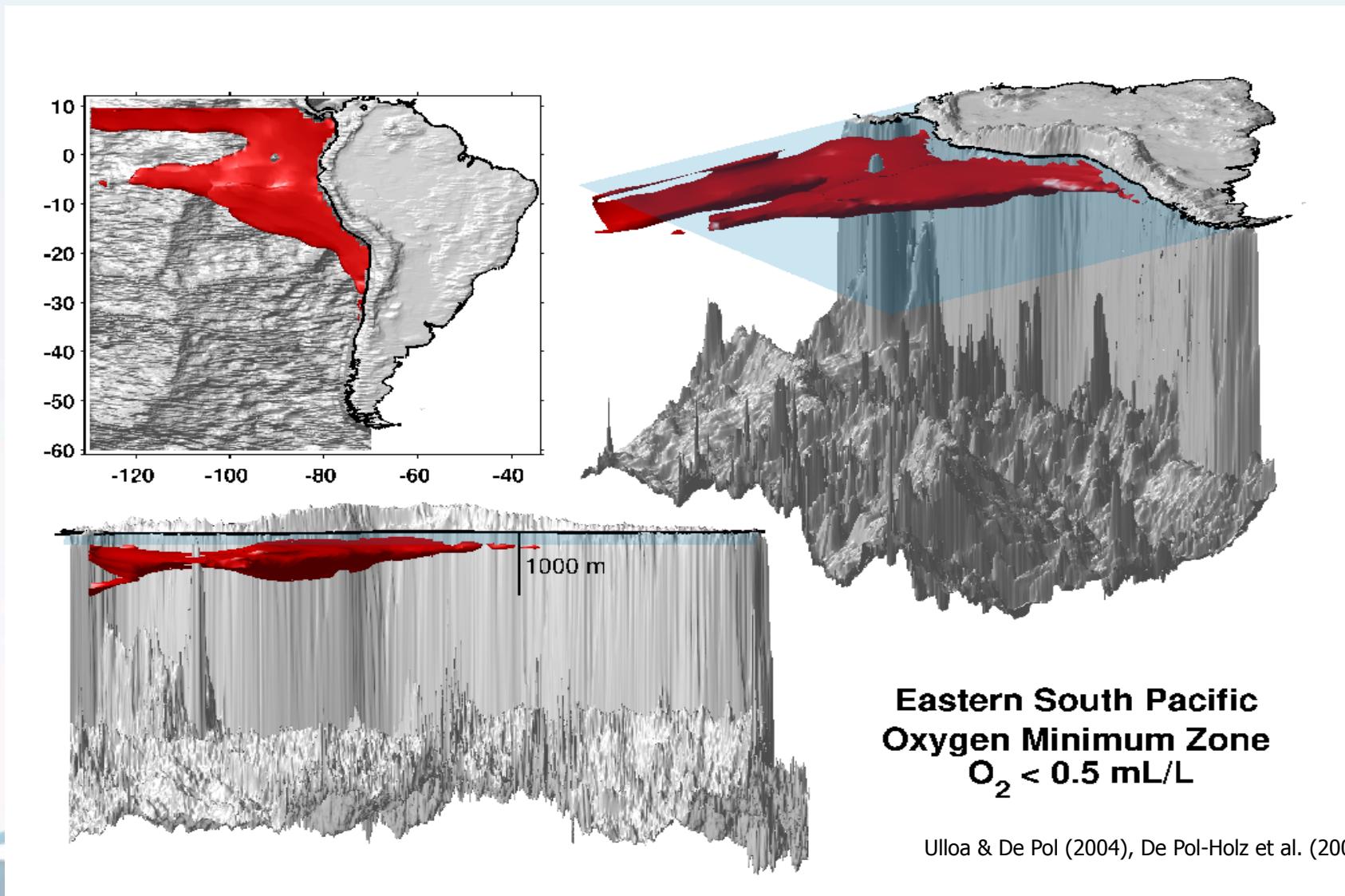


Fluctuaciones  
decadales y  
tendencias en la  
concentración de  
oxígeno a distintas  
profundidades en el  
Pacífico Nororiental  
(50 °N, 150 °W)

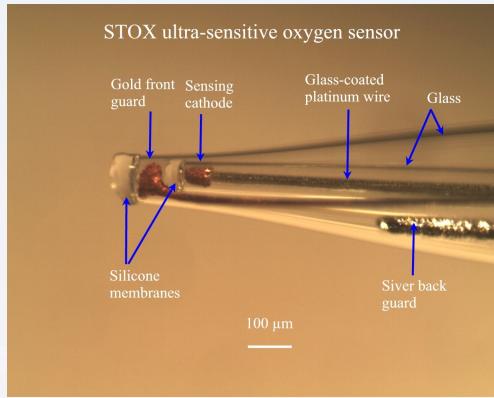
Falkowski et al. (2011)

Desoxigenación del océano debido a la disminución de la solubilidad de los gases por una mayor temperatura y al aumento de la estrafigación (gradiente vertical de la densidad)

# El Pacífico Sudoriental contiene una de las mayores Zonas de Mínimo de Oxígeno del planeta



# Nuevas técnicas analíticas para medir concentraciones de oxígeno ultra bajas



Límite de detección del Sensor STOX: ~1-10 nM

$$(1 \text{ nM} = 10^{-9} \text{ mol L}^{-1})$$



Niels Peter Revsbech  
Microbiólogo danés  
Universidad de Aarhus, Dinamarca

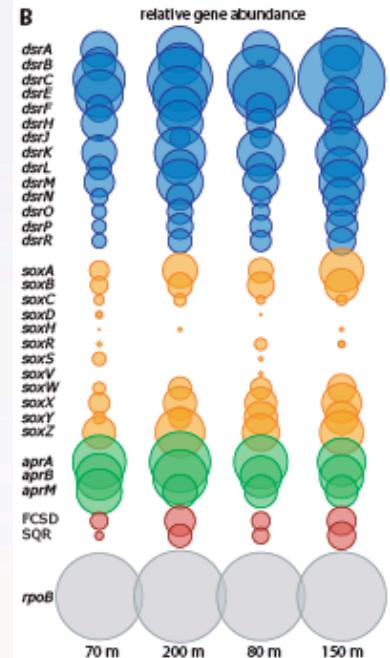
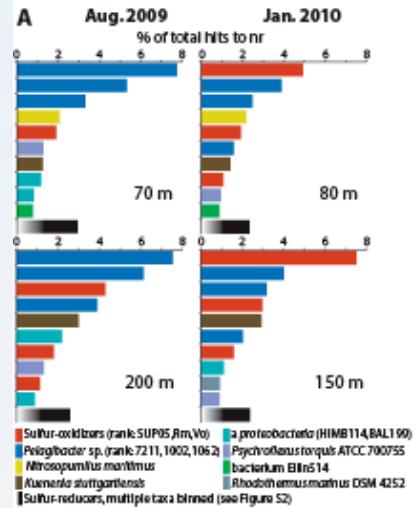
Revsbech et al. *Limnol. Oceanogr. Methods* (2009).



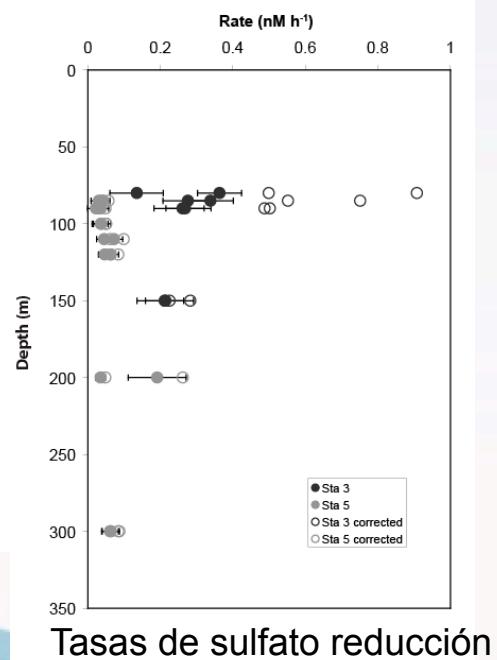
Expedición Galathea 3

En el Pacífico Sudoriental NO se pudo detectar oxígeno utilizando el STOX:  
¡las aguas son anóxicas!

# Un ciclo del azufre críptico



AGOR Vidal Gormaz



La sulfato reducción (que produce  $H_2S$ ) y la oxidación de los sulfuros contribuyen al flujo de energía y el ciclaje de los elementos en la zona marina anóxica frente al norte de Chile.

## A Cryptic Sulfur Cycle in Oxygen-Minimum-Zone Waters off the Chilean Coast

Don E. Canfield,<sup>1,\*</sup> Frank J. Stewart,<sup>2</sup> Bo Thamdrup,<sup>1</sup> Loreto De Brabandere,<sup>1</sup> Tage Dalsgaard,<sup>3</sup> Edward F. DeLong,<sup>2</sup> Niels Peter Revsbech,<sup>4</sup> Osvaldo Ulloa<sup>5</sup>

Science (2010)

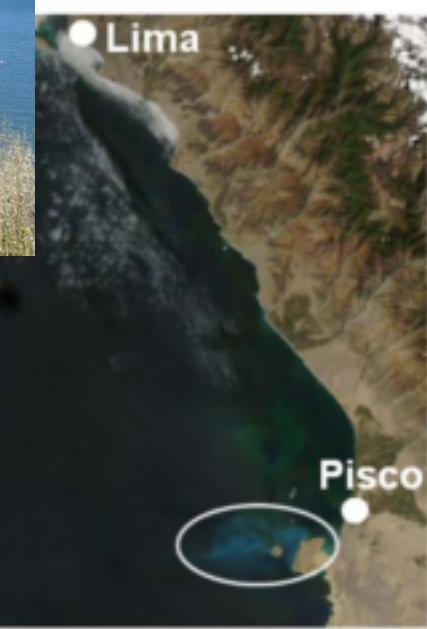
Metagenómica

**imo**  
Instituto Milenio de Oceanografía

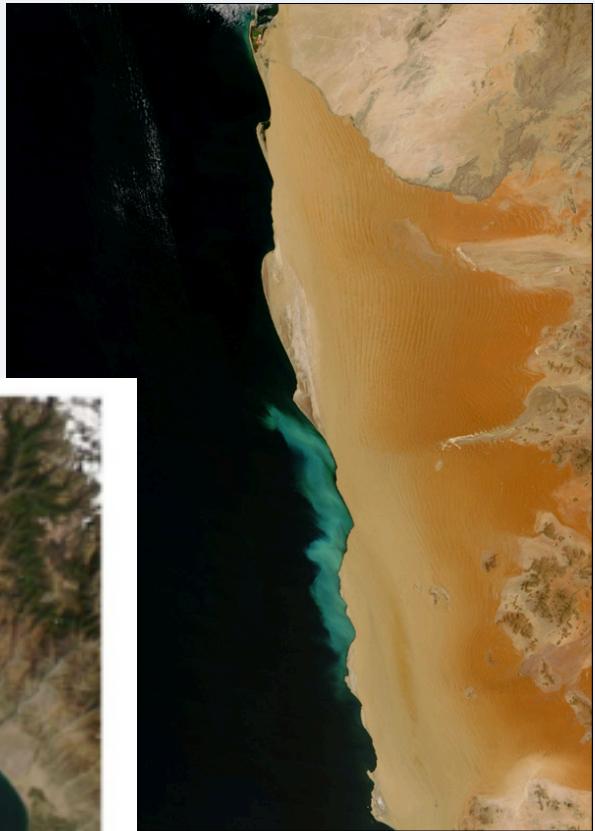
# Aguas decoloradas por presencia de $\text{H}_2\text{S}$



Bahía de Concepción



Perú



Namibia

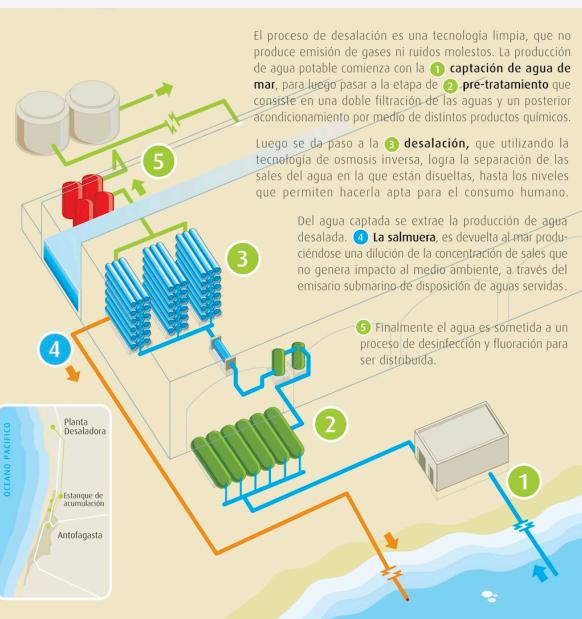
# Impacto sobre las plantas desaladoras de agua

## Antofagasta, Chile the First Latin American City Supplied 100 Percent Using Desalination

18 Sep 2012 - 00:00 by OOSKAnews Correspondent

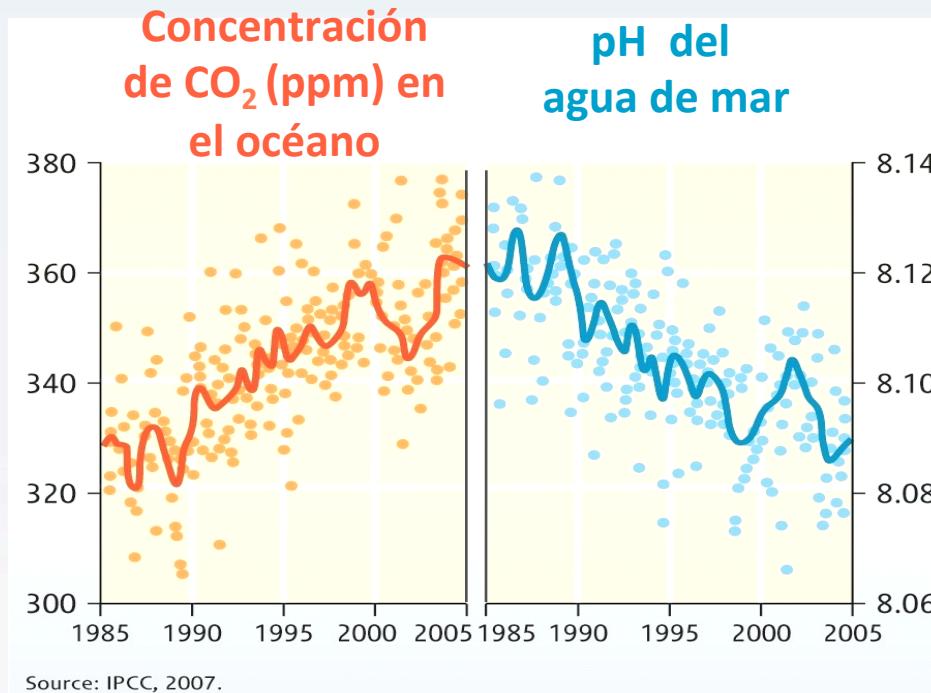
CHILE, ANTOFAGASTA

On September 12th the Chilean Environment Ministry's Evaluation Service recommended approval for construction of a new desalination plant to supply drinking water in the Antofagasta region.



$H_2S$  afecta negativamente los filtros.  
Se debe parar la operación de las plantas.

# Disminución del pH (acidificación)

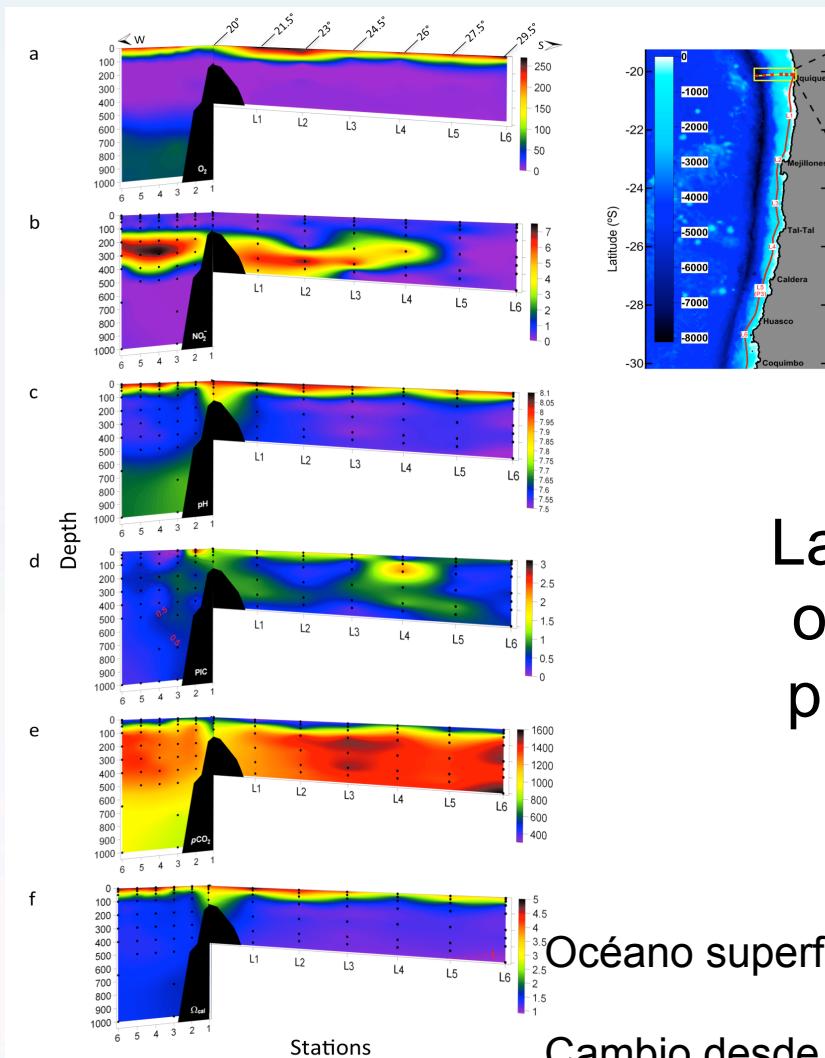


El pH del agua de mar ha disminuido en ~0.1 unidades (30% de incremento en acidez) desde la revolución industrial; la acidez del océano se duplicará para el año 2100.

# Aguas deficientes en oxígeno tienen bajo pH



Crucero Lowphox 2015

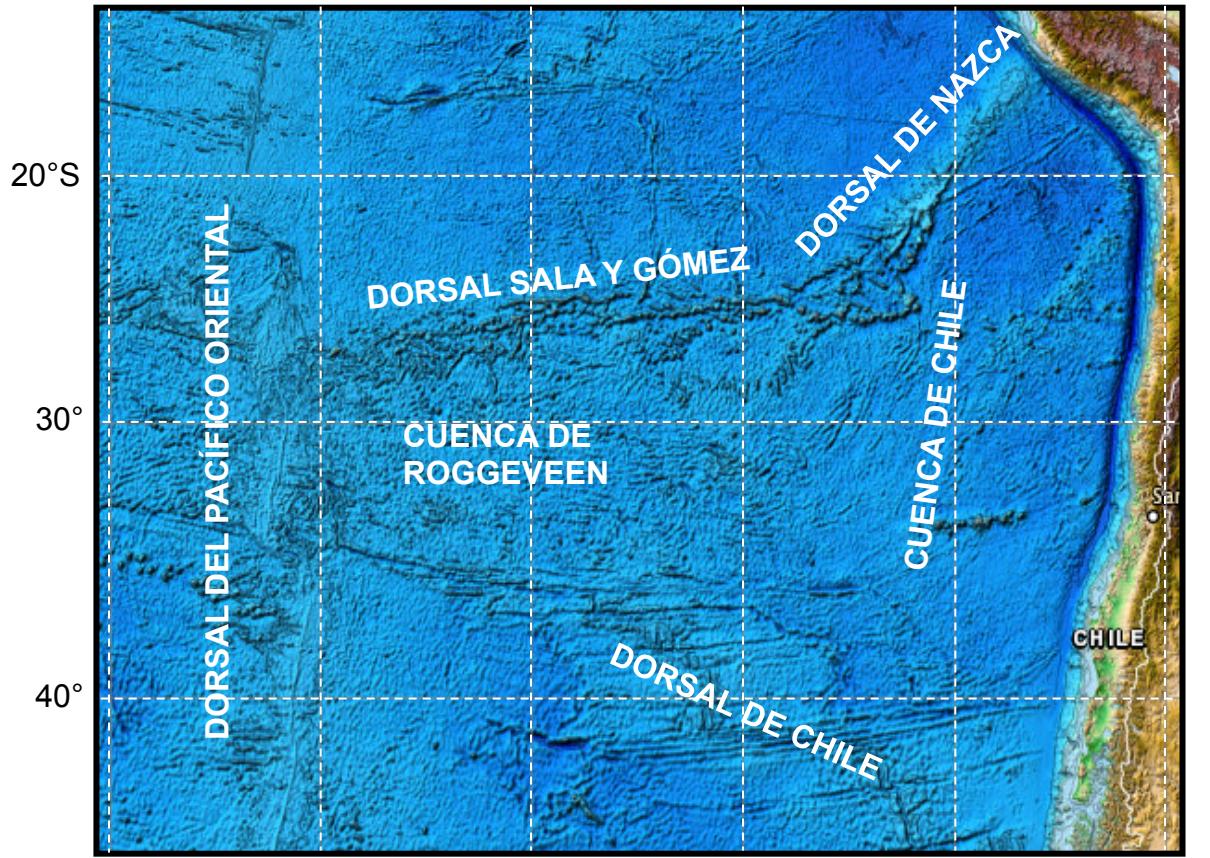


Las aguas con menor oxígeno son las que presentan menor pH  
( $\text{pH} < 7.55$ )

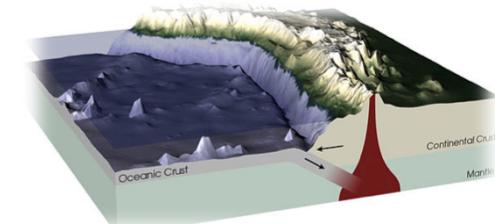
Océano superficial actual  $\text{pH} = 8.1$

Cambio desde la revolución industrial  $-0.075$

# *La Fosa de Atacama*



- Extensión 5900 km (más extensa)
- Producidas por el proceso de subducción (una placa tectónica se unda bajo otra) generando gran actividad sísmica y volcánica
- Bajo la Corriente de Humboldt (sistema altamente productivo)
- Profundidad máxima ~8000 m frente a Antofagasta



## MONTE EVEREST

~8.800 m  
de altura

## NEVADOS CHILLÁN

~3.200 m  
de altura

## FOSA DE LAS MARIANAS

~11.000 m  
de profundidad

## FOSA DE ATACAMA

~8.000 m  
de profundidad

## COSTANERA CENTER

~300 m  
de altura

# Atacamex

Expedición Nacional para  
la Exploración de la Fosa de Atacama

IMO, Universidad de Concepción, P.  
Universidad Católica de Chile,  
Universidad de Antofagasta

Zarpe: 26 de enero 2018 - Valparaíso  
Arribo: 2 febrero de 2018 - Iquique

21 Investigadores de Chile  
3 Ingenieros de EE.UU.



---

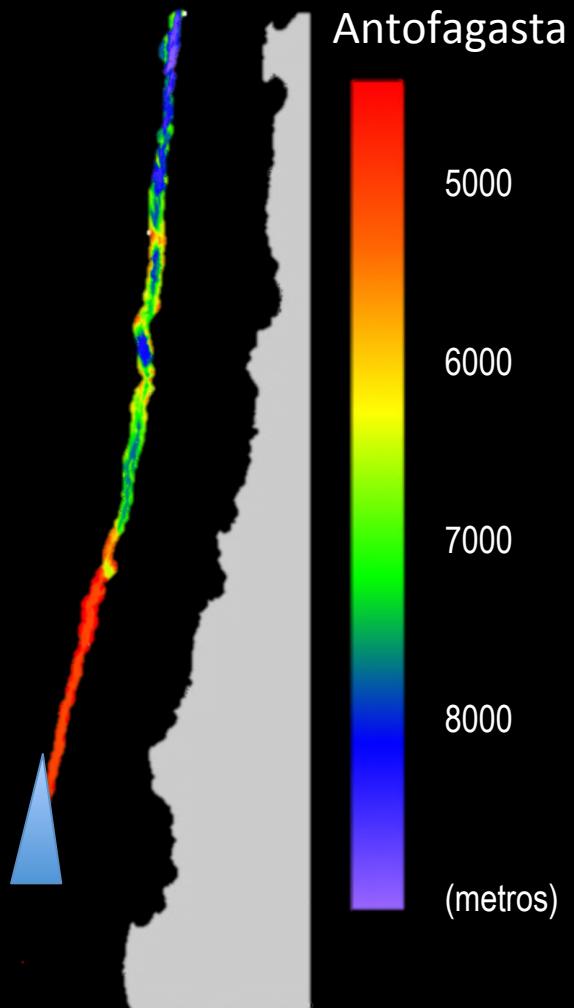
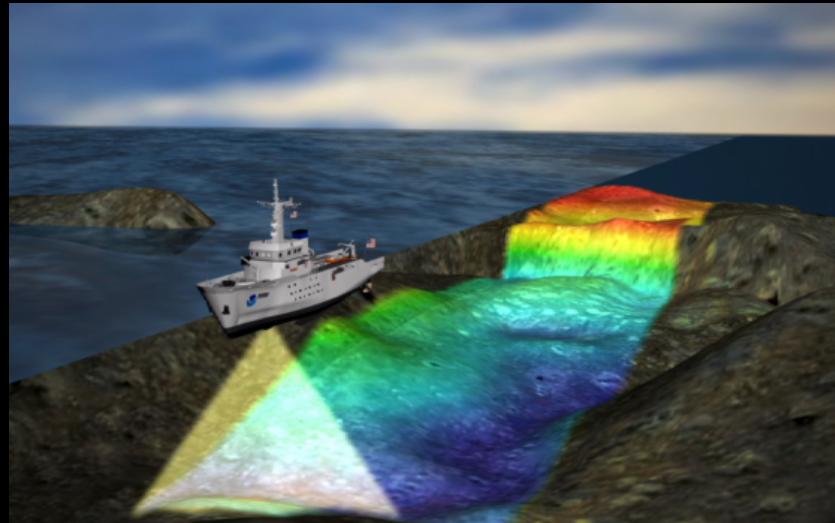
#### AGS-61 Cabo de Hornos

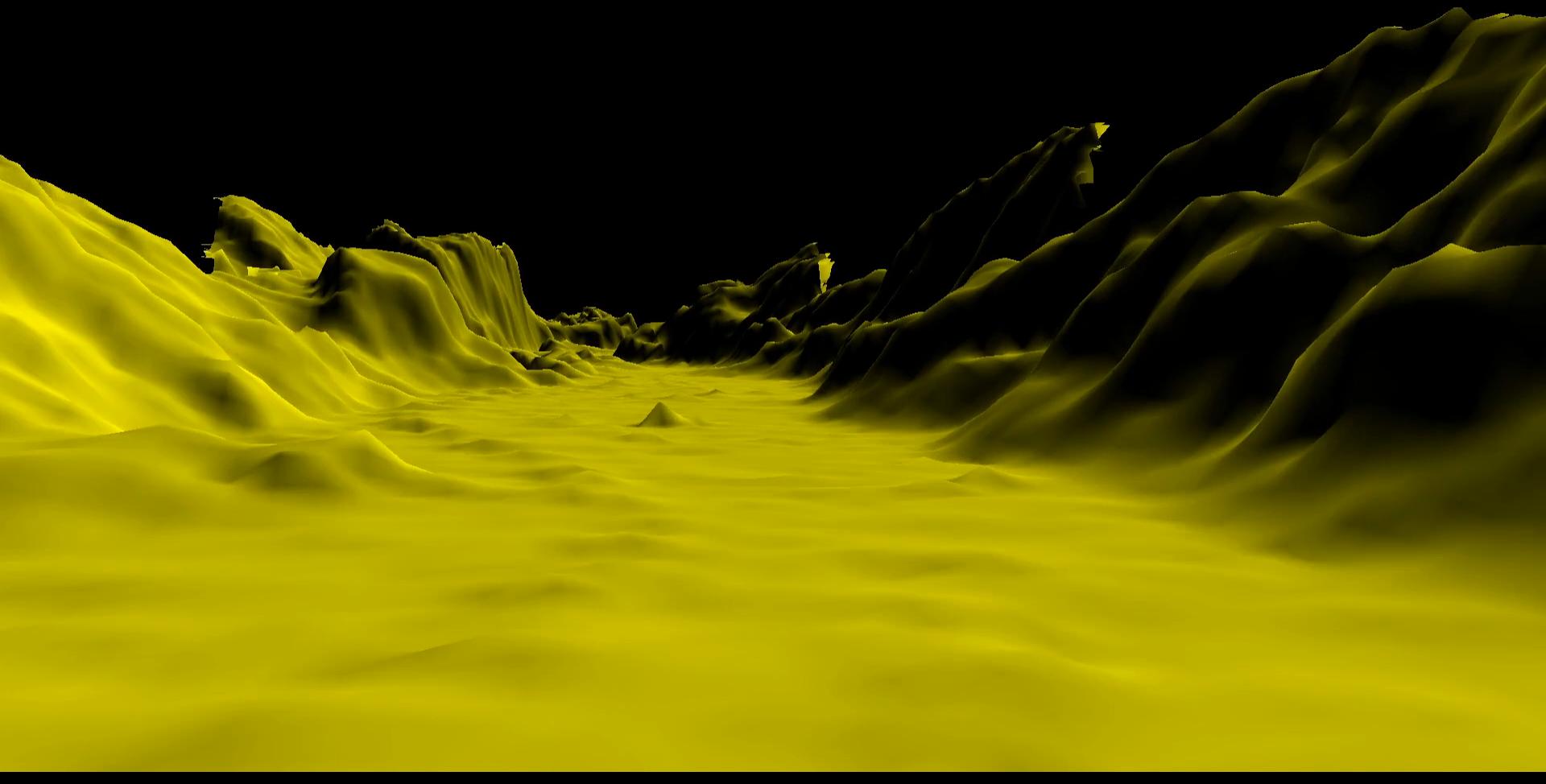
---

Año de construcción	2013
Dueño	Armada de Chile
Desplazamiento	3000 toneladas
Potencia de maquinaria	Tres motores diesel-eléctrico de 1.500 hp c/u
Velocidad máxima	14,5 nudos
Eslora	74,1 m
Manga	15,6 m
Calado	5,8 m
Tripulación	50
Científicos	25
Comandante	Capitan de Fragata Claudio Muñoz Cabrera

---

# Atacamex





Gentileza Ramiro Riquelme (UdeC)

6000

7000

8000 metros

# *Vehículo de Océano Profundo (lander “Audacia”)*

- Profundidad máxima 10.500 m
- Estructura de polímero
- Lastre y liberador acústico
- Velocidad de descenso y ascenso ~1 m/s
- Dos esferas Vitrovex de 17"
- Sonda para medidas continuas de Salinidad, Temperatura, O<sub>2</sub> y Presión (CTD)
- Sensor de profundidad secundario (independiente)
- Dos botellas Niskin de 30 L para colectar muestras de agua
- Cámara de video y luces LED
- Brazo retráctil con trampa con carnada



*(Se trabajó con la compañía Global Ocean Design que diseñó los landers para el director James Cameron, cuando éste bajó a la Fosa de las Marianas)*





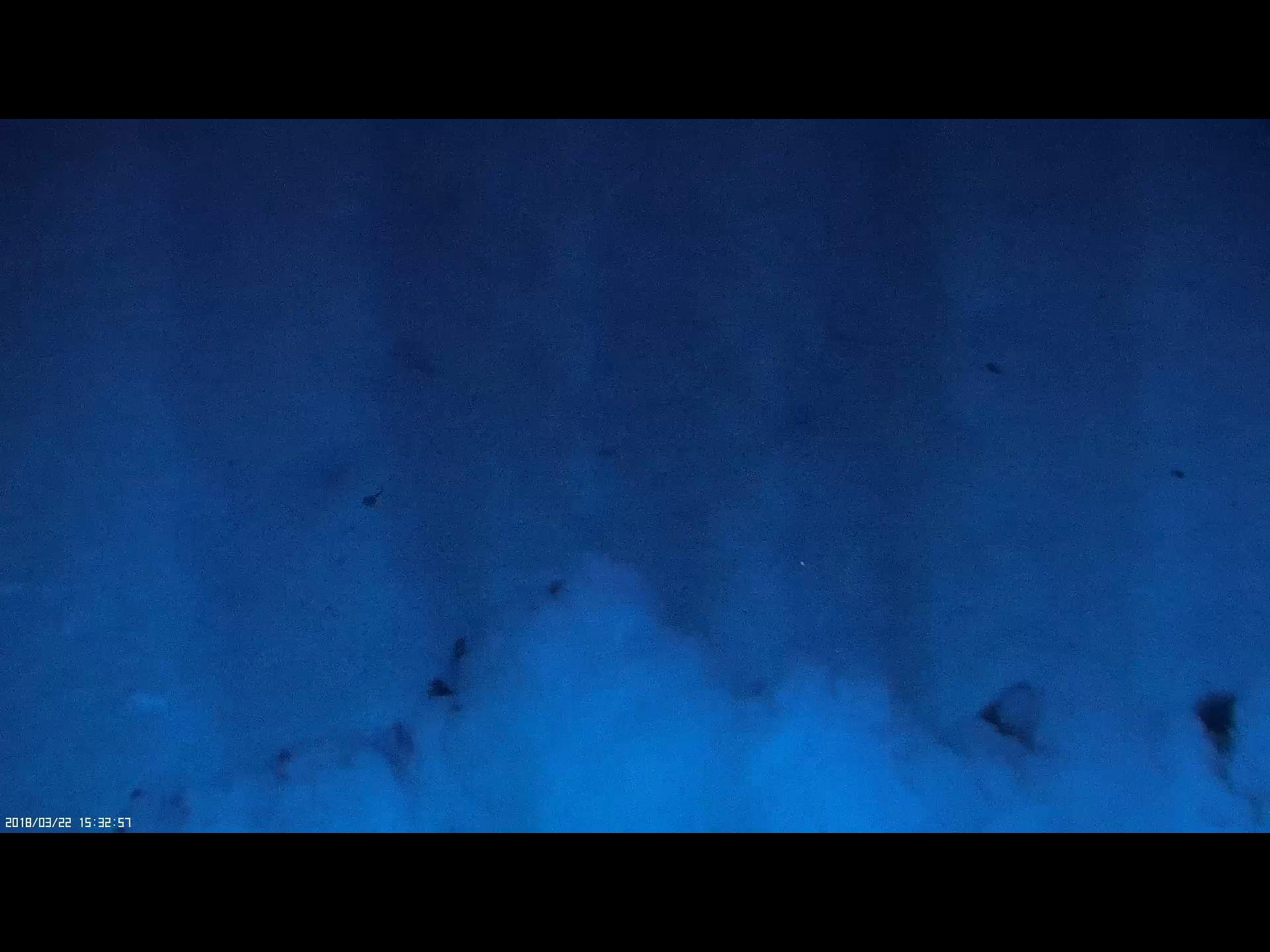


• CONICYT/Fondecyt

• Iniciativa Científica Milenio (ICM, Chile)

• The Agouron Institute (California, USA)

Máxima profundidad alcanzada **¡¡ 8081 metros !!**



2018/03/22 15:32:57

# Algunos desafíos

*Como sociedad debemos entender que el océano está sufriendo cambios significativos a grandes escalas, cambios que nos impactarán cada día más ...*

*...pero, existen particularidades regionales de impacto planetario que debemos investigar y entender.*

CONICYT/Fondecyt

*La exploración y estudio del océano profundo frente a Chile requiere de un esfuerzo mayor, inter-institucional, público-privado, multidisciplinario,...*

The Agouron Institute (California, USA)

The Gordon and Betty Moore Foundation (California, USA)

*...debiera ir acompañado de desarrollo tecnológico e innovación: las oportunidades hoy están.*



¡GRACIAS!

• The Gordon and Betty Moore Foundation (California, USA)

