



# **OCEANOGRAFÍA QUÍMICA**

## **Muestreo y Determinación de las Propiedades físico-químicas**

**Dr. Ernesto Brugnoli**  
**Oceanografía y Ecología Marina**  
**Facultad de Ciencias**  
**Abril 2021**

The image is a vertical split-screen. The left half shows the surface of the ocean with small, choppy waves under a bright sky. The right half shows an underwater scene, likely a hydrothermal vent, with a dark blue background and a lighter, mineral-rich plume rising from the seafloor. A white rectangular box is centered horizontally across the middle of the image, containing the text 'Agua/Sedimentos' in a bold, black, sans-serif font.

# Agua/Sedimentos

## **Muestreo y Determinación de las Propiedades Físico-Químicas (AGUA)**

**1.- Temperatura**

**2.- Salinidad (Clorinidad)**

**3.- pH**

**4.- Turbidez/Penetración de la luz**

**5.- Gases disueltos (Oxígeno, dióxido de Carbono)**

**6.- Nutrientes inorgánicos disueltos**

**7.- Pigmentos fotosintéticos (clorofila y feopigmentos)**

## **Muestreo y Determinación de las Propiedades Físico-Químicas (SEDIMENTO)**

**1.- Granulometría**

**2.- Contenido materia orgánica**

**3.- Nutrientes (NT, PT)**

**4.- Fitopigmentos (Clorofila y Feopigmentos)**

# Consideraciones iniciales

- Considerar recipientes para colecta de muestras según el parámetro a determinar
- Considerar la determinación del parámetro se realizará *in situ*, en laboratorio a bordo o laboratorio en tierra
- Preparación de frascos para coleccionar muestras previamente tratados en laboratorio.
- Protocolos de preservación de muestras.
- Revisión de equipo y material antes de salir al campo.
  - Recuerde:
- No es lo mismo determinar Salinidad, pH, Clorofila, Nutrientes, Hidrocarburos, Metales pesados, Otros compuestos disueltos en columna de agua.
- No es lo mismo muestrear **columna de agua** que **sedimentos**. Requiere diferente logística para ambos componentes.
- No necesariamente van en una misma campaña oceanográfica. No necesariamente tienen la misma lógica de diseño de campaña.
  - **CADA UNO TIENE SUS PRECAUCIONES y PROTOCOLO DE MUESTREO**  
(incluso su tipo de botella para coleccionar la muestra)

- 1.- Temperatura
- 2.- Salinidad (Clorinidad)
- 3.- pH
- 4.- Turbidez/Penetración de la luz
- 5.- Gases disueltos (Oxígeno, dióxido de Carbono)
- 6.- Nutrientes inorgánicos disueltos
- 7.- Pigmentos fotosintéticos (clorofila y feopigmentos)

**¿Cómo se realizará la colecta de muestras de agua?**

**Tabla 1. Equipos utilizados para el muestreo de aguas<sup>1</sup>**

Equipo	Aplicación	Material de construcción y de contacto con la muestra	Ventajas	Desventajas
Botella Nansen	Colecta de fitoplancton	Metal/ recubierto con capa de teflón	Se puede usar en serie	Colecta poco volumen de muestra
Botella Kemmerer	Compuestos químicos (*)	PVC	No genera contaminación metálica	Capacidad fija, existen de 0,4 a 15 litros
	Bacteriología	Latón / bronce		Toxicidad debido al metal
	Zooplancton	Acrílico / plástico	No contamina con metales	
Botellas Van Dorn	Compuestos químicos (*)	PVC	No generan contaminación metálica	Capacidad fija, existen de 2 a 30 litros
	Bacteriología Fitoplancton Zooplancton			
Botellas comunes	Compuestos químicos (*) y Bacteriología	Vidrio	Bajo costo	No puede controlarse la profundidad del muestreo
Bombas extractoras	Compuestos químicos (*) Fitoplancton Zooplancton	Acero inoxidable	Puede coleccionar grandes volúmenes en forma continua, muestrea la columna en sentido vertical	Existe la posibilidad de contaminación metálica y puede generar daño a los microorganismos

(\*) Los compuestos contaminantes tipo plaguicidas, tóxicos metálicos y orgánicos prioritarios deben ser colectados con muestreadores que posean materiales de contacto tales como teflón, vidrio u otros que no contaminen la muestra.

- Muestras superficiales → extremar la limpieza del material la botella y procurar procedimientos que eviten la contaminación.
- Puede hacer manualmente introduciendo la botella colectora bajo la superficie, procurando siempre hacerlo a la misma profundidad (c.a. 25 cm)





# Técnicas de muestreo (columna de agua)



## Superficiales

Análisis químico, biológico y bacteriológico, pigmentos fotosintéticos y contaminantes



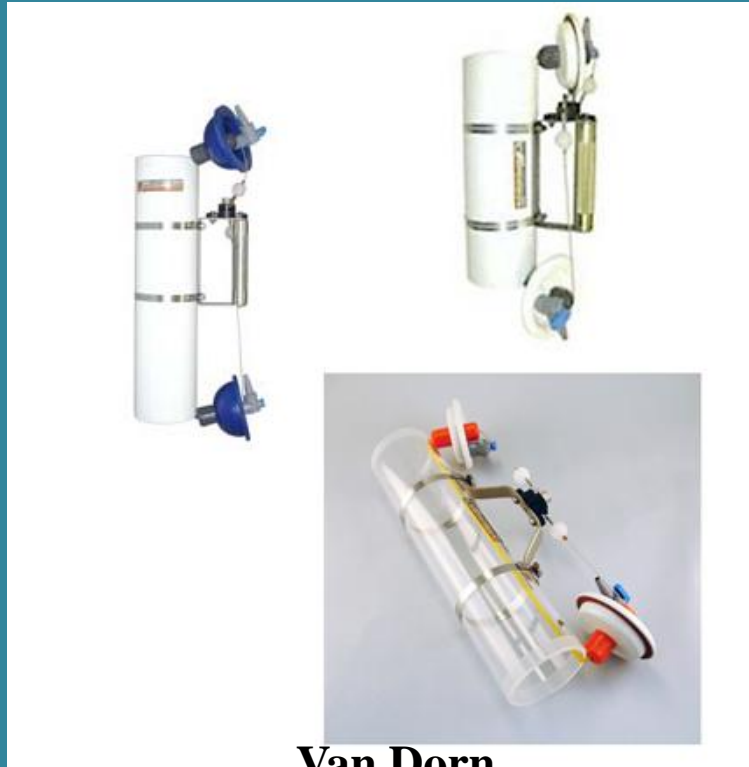
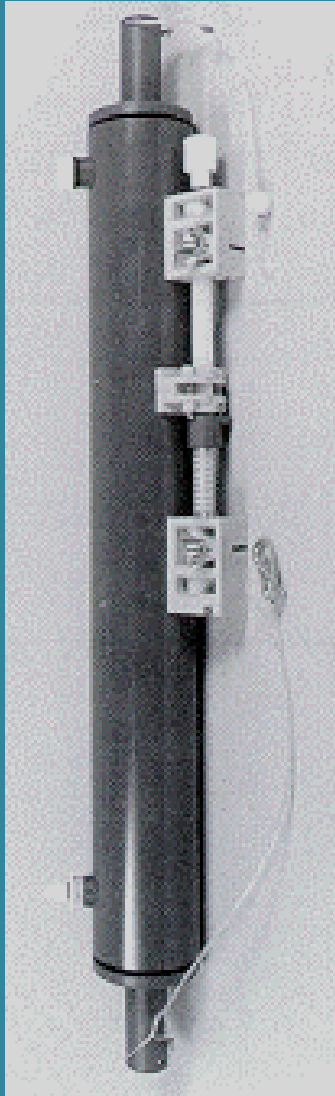
## Botellas muestreadoras:

**Principio (funcionamiento)**

**Volumen**

**Necesidades**

# Técnicas de muestreo (columna de agua)



**Van Dorn**  
(vertical y horizontal)

**Botellas muestreadoras:**  
**Objetivos investigación**  
**Costeros, oceanográficos**  
**(Variación temporal, espacial;**  
**Variación horizontal, vertical)**



**Parámetros físico-químicos:**  
**pH, Salinidad, Oxígeno**  
**dis, Nutrientes**  
**inorgánicos, Pigmentos fotosintéticos**  
**y Contaminantes**





**Colecta de muestras de agua  
(costero y/o oceanográficos)**



Akademik Vavilov 2003



Aldebarán 2003





**Roseta con botellas:**  
(Muestras con diferentes necesidades)  
Salinidad  
pH  
DO  
Nutrientes, Clorofila



<http://salinometry.com/sampling-and-sample-storage/>

## Técnicas de adquisición de datos

- Algunos parámetros pueden ser medidos *in situ* (*en el lugar*), otros pueden ser determinados también en laboratorio y otros (ej.temperatura) deben ser determinados *in situ* debido a que no pueden ser conservadas por mucho tiempo

# Preservación/ Almacenamiento



**Tabla 2. Recomendaciones para la preservación y almacenamiento de muestras líquidas<sup>2</sup>**

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Técnica de preservación	Tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis
Temperatura	P, V	-	De inmediato
Salinidad	V, P sello hermético	De inmediato, o refrigere sello hermético	6 meses
pH	P, V	-	Analice de inmediato
Sólidos	P, V	Refrigerar	7 días
Amonio	P	Congelar -20°C	7 días
Nitrito	P	Congelar -20°C	2 días
Nitrato	P	Congelar -20°C	48 horas
Silicatos	P	Congelar -20°C	28 días
Nitrógeno total	P, V	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2 y refrigerar	7 días
Fosfatos	P, V enjuagado con ácido	Filtrar y congelar	48 horas
Fósforo total	P, V	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2 y refrigerar	28 días
Oxígeno disuelto	V, botellas DBO	Titulación puede ser demorada después de la acidificación	8 horas
Clorofila	P, V	Filtradas, en la oscuridad a - 20°C	28 días
DBO	P, V	Refrigerar	6 horas
DQO	P, V	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2 y refrigerar	7 días
Pesticidas	V, enjuagado con solvente	Refrigerar, adicionar 50 ml de solvente	7 días
Metales	P, enjuagado con ácido	Adicionar HNO <sub>3</sub> a pH 2 y refrigerar	6 meses
Hidrocarburos disueltos dispersos	V, enjuagado con solvente	Refrigerar, adicionar si es posible el solvente de extracción	Realizar la extracción al menor tiempo posible
Aceites y grasas	V de boca ancha, enjuagado con ácido	Adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH 2 y refrigerar	28 días

P= Plástico, V =Vidrio

<sup>2</sup> Adaptada del *Standard Methods*. 20<sup>th</sup> Edition, y de la Norma NTC ISO-5667/3



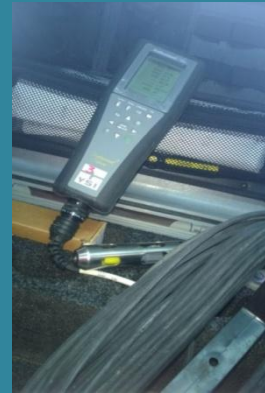
# Técnicas de adquisición de datos (muestras)

- **Salinómetro (Conductímetro)/ pHmetro**

Laboratorio



Equipo pHmetro WTW. Utilizado para medir el pH en laboratorio y en campo



# Técnicas de adquisición de datos (muestras)

- **Salinómetro (Conductímetro)/ pHmetro**

Laboratorio

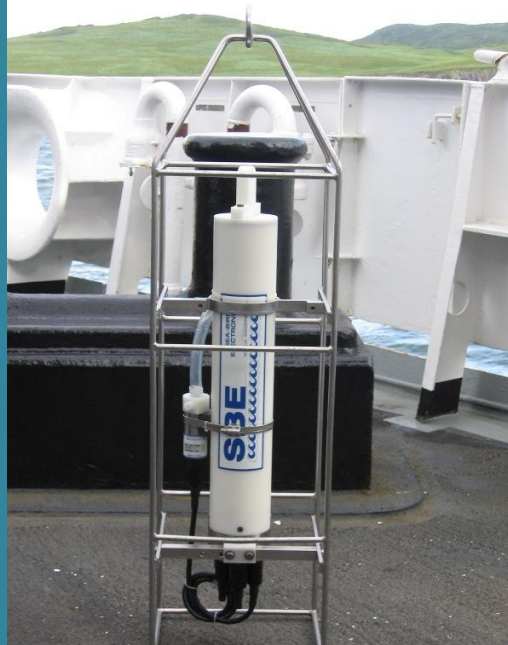


Salinómetros-  
pHmetros



Equipo pHmetro WTW. Utilizado para medir el pH en laboratorio y en campo





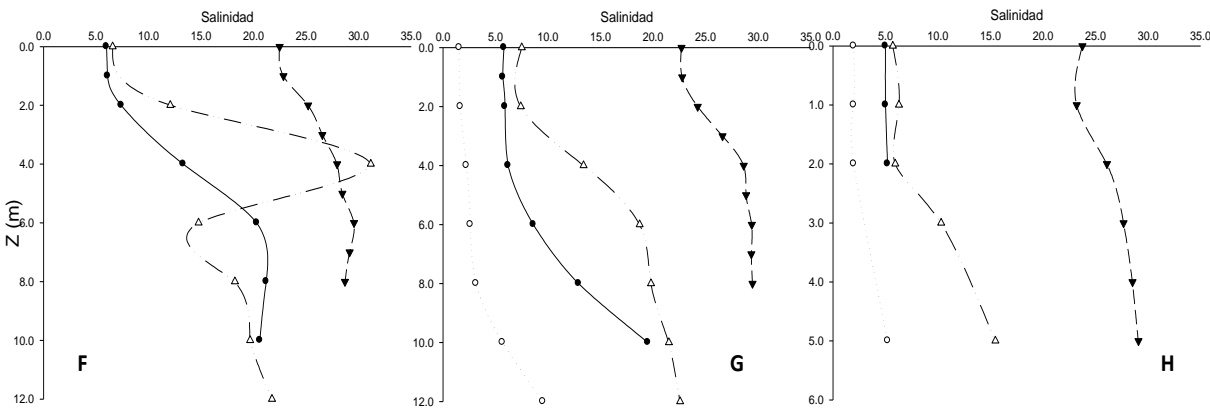
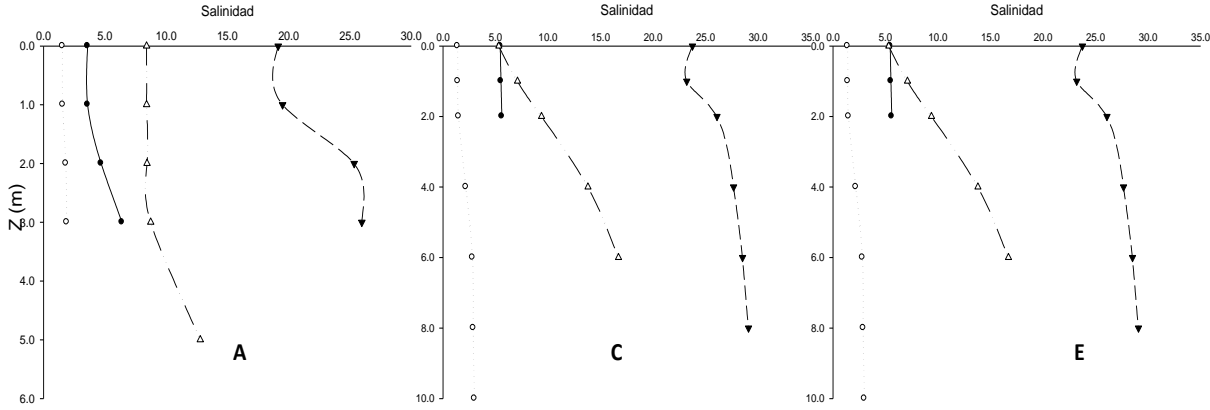
**Costero-Oceanográfico**  
CTD (Conductividad,  
Temperatura, Profundidad)

# Técnicas de adquisición de datos (muestras)

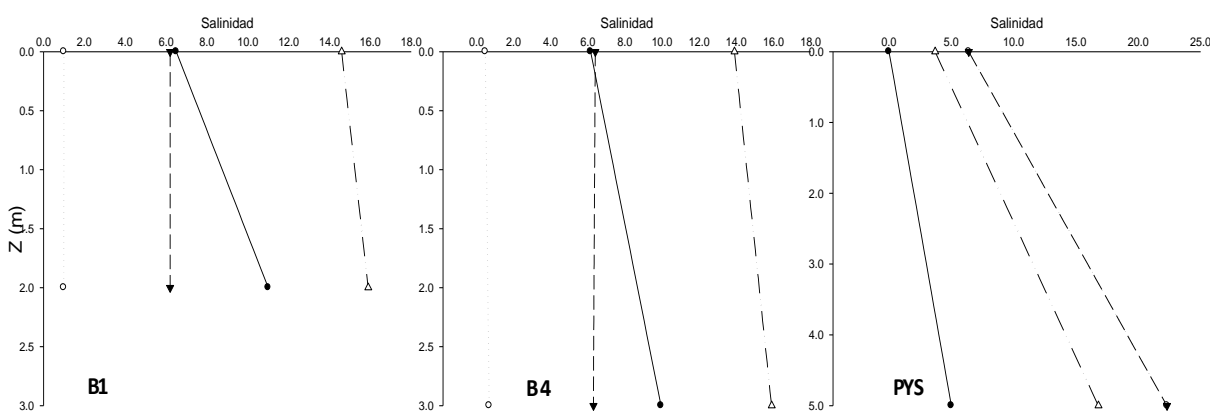
*In situ*

Boyas (sensores automáticos)



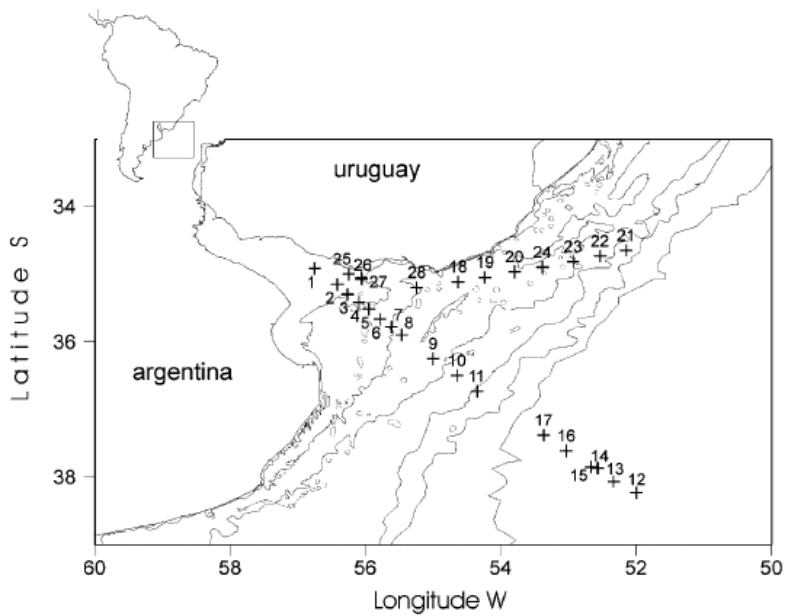


**Puerto de Montevideo  
(2010-2011)  
Zona media del Río de la Plata  
(10-25)  
Utilizando salinómetro (30 m)**

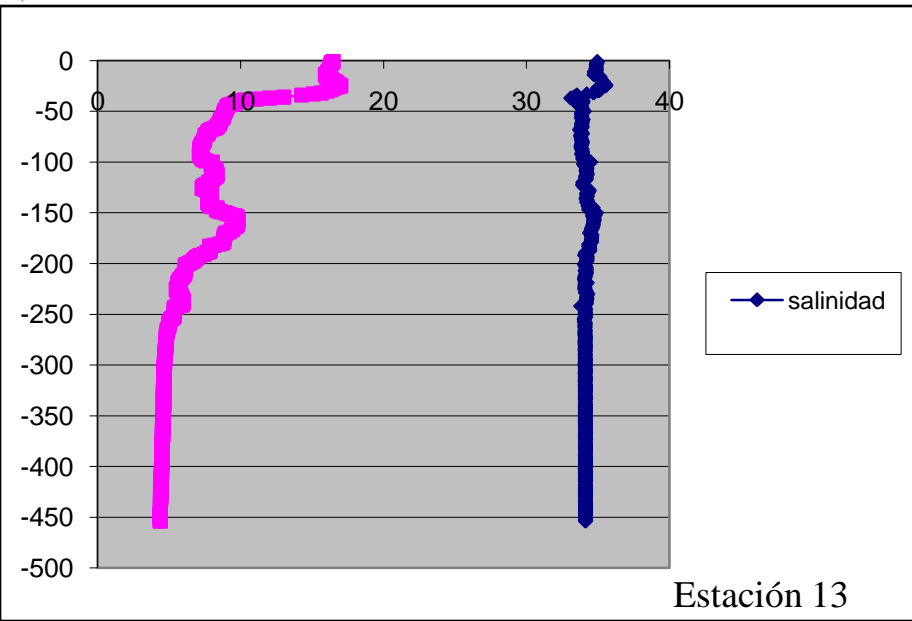
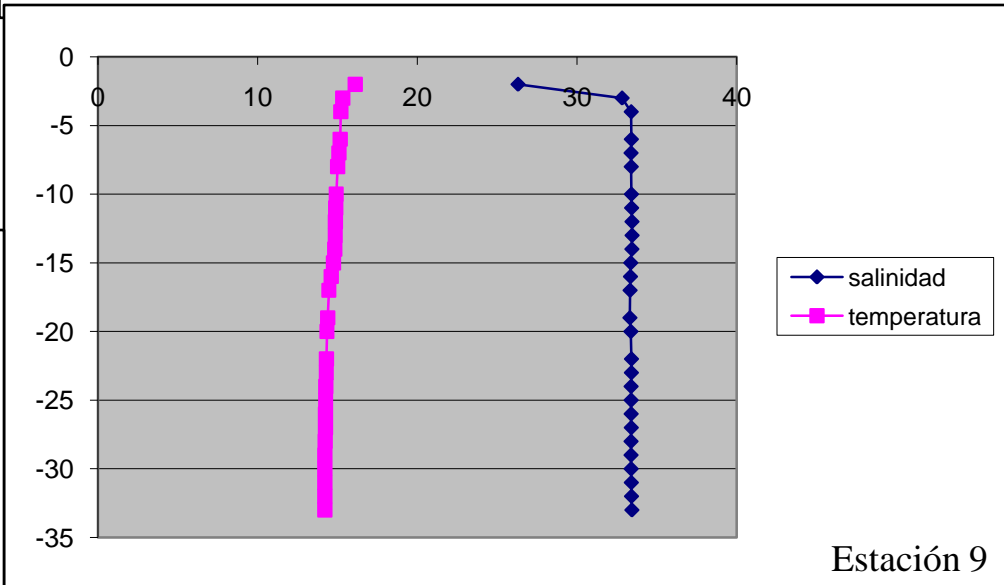
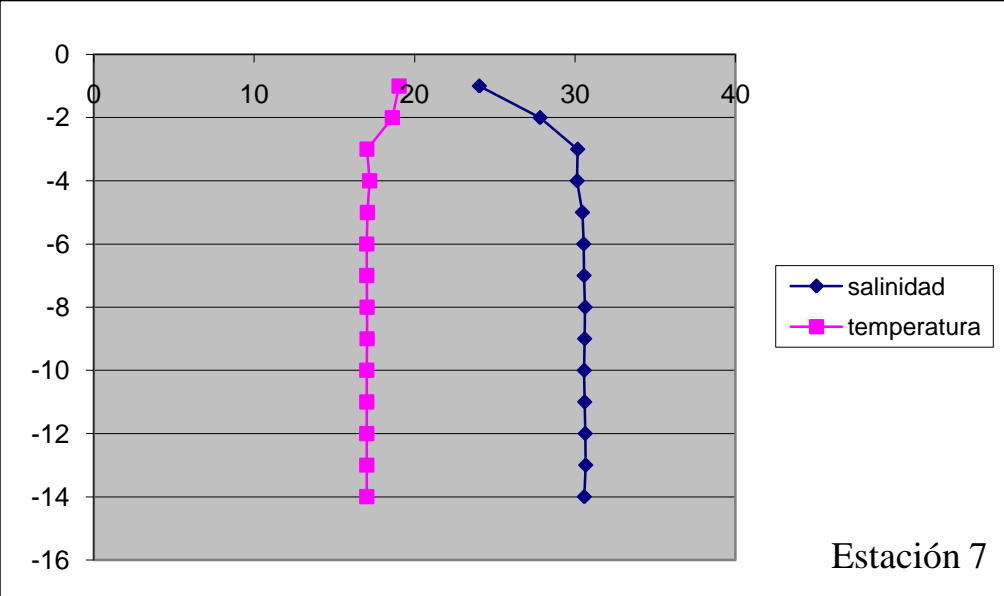


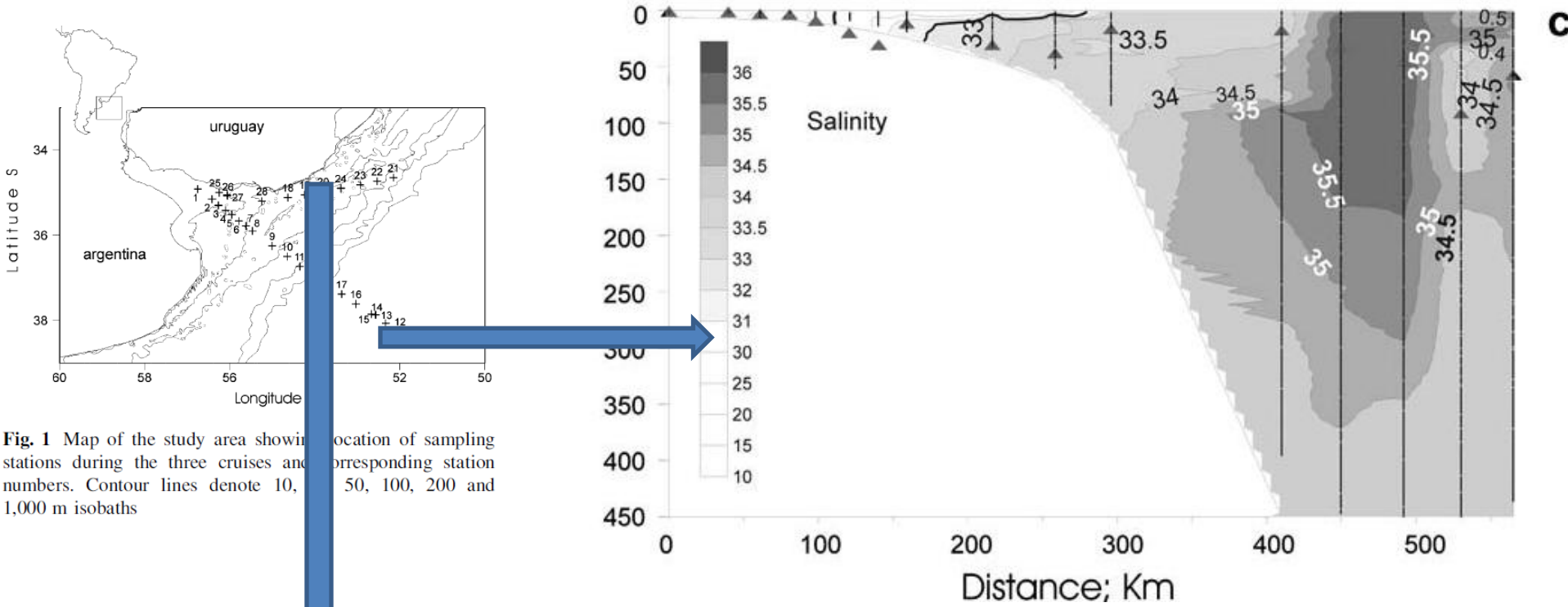
Junio 2011  
Octubre 2011  
Febrero 2012  
Marzo 2012





**Fig. 1** Map of the study area showing location of sampling stations during the three cruises and corresponding station numbers. Contour lines denote 10, 20, 50, 100, 200 and 1,000 m isobaths





**Fig. 1** Map of the study area showing location of sampling stations during the three cruises and corresponding station numbers. Contour lines denote 10, 50, 100, 200 and 1,000 m isobaths

Río de la Plata y  
Zona marino-  
Costera Adyacente

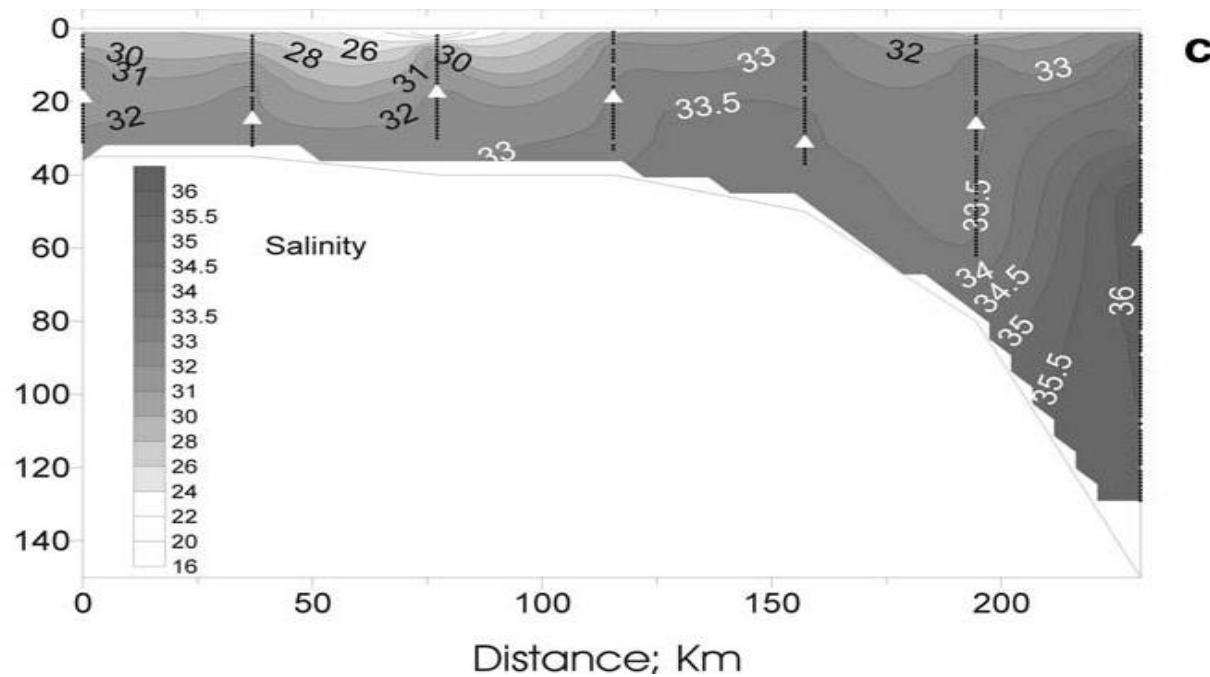
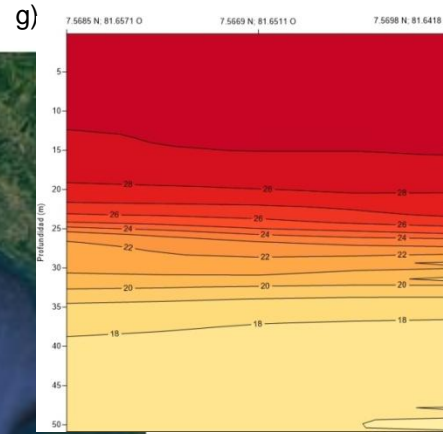


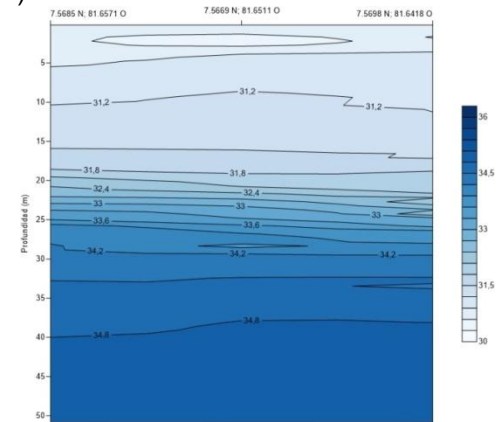


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo durante época lluviosa (amarillo) y seca PNC 2019-2020.

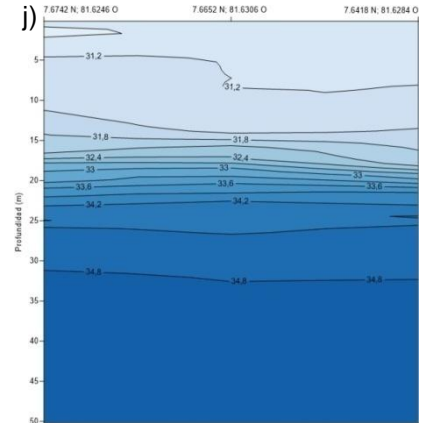
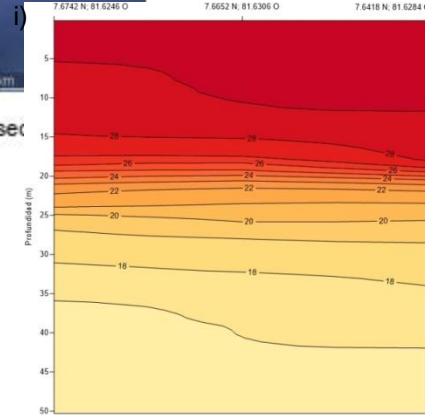
Océanica



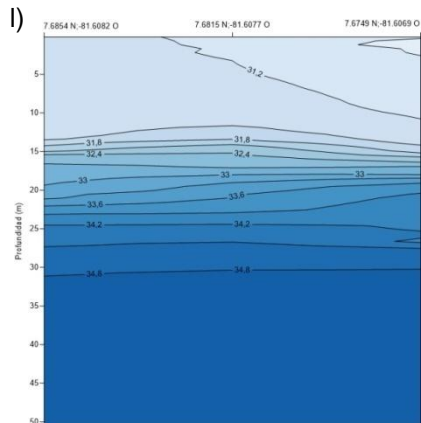
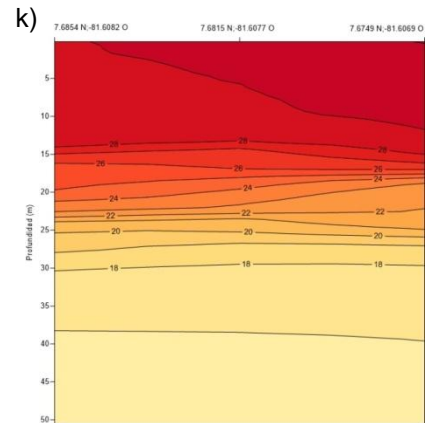
h)



Canales externos



Wahoo Rock





# Penetración de luz, Transparencia, Turbidez

- **Disco Secchi:** El observador mide la profundidad a la cual el Disco Secchi ya no es visible. Los resultados se miden en pies o metros.

Zeu=2,4 zDS



- **Radiómetro Li-Cor:** Mide la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) (400-700 nm: visible) ( $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) en superficie o en la columna de agua. Determinación del coeficiente de extinción de la luz (zona eufótica, 1% penetración de luz).



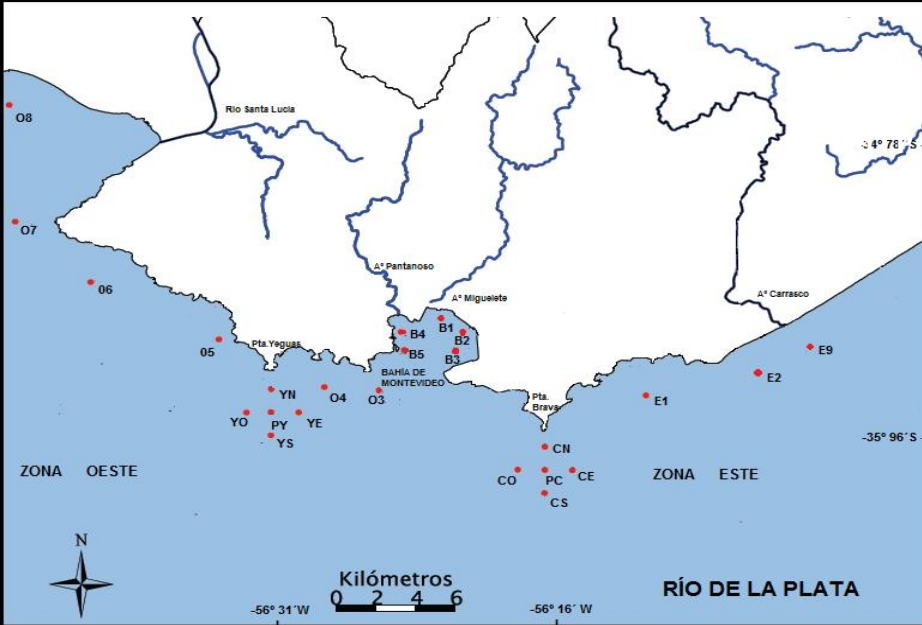
- **Medidor de turbidez:** Mide la cantidad de luz que es dispersada cuando se dirige a una muestra de agua. Las unidades utilizadas son las unidades de turbidez nefelométricas (NTUs).





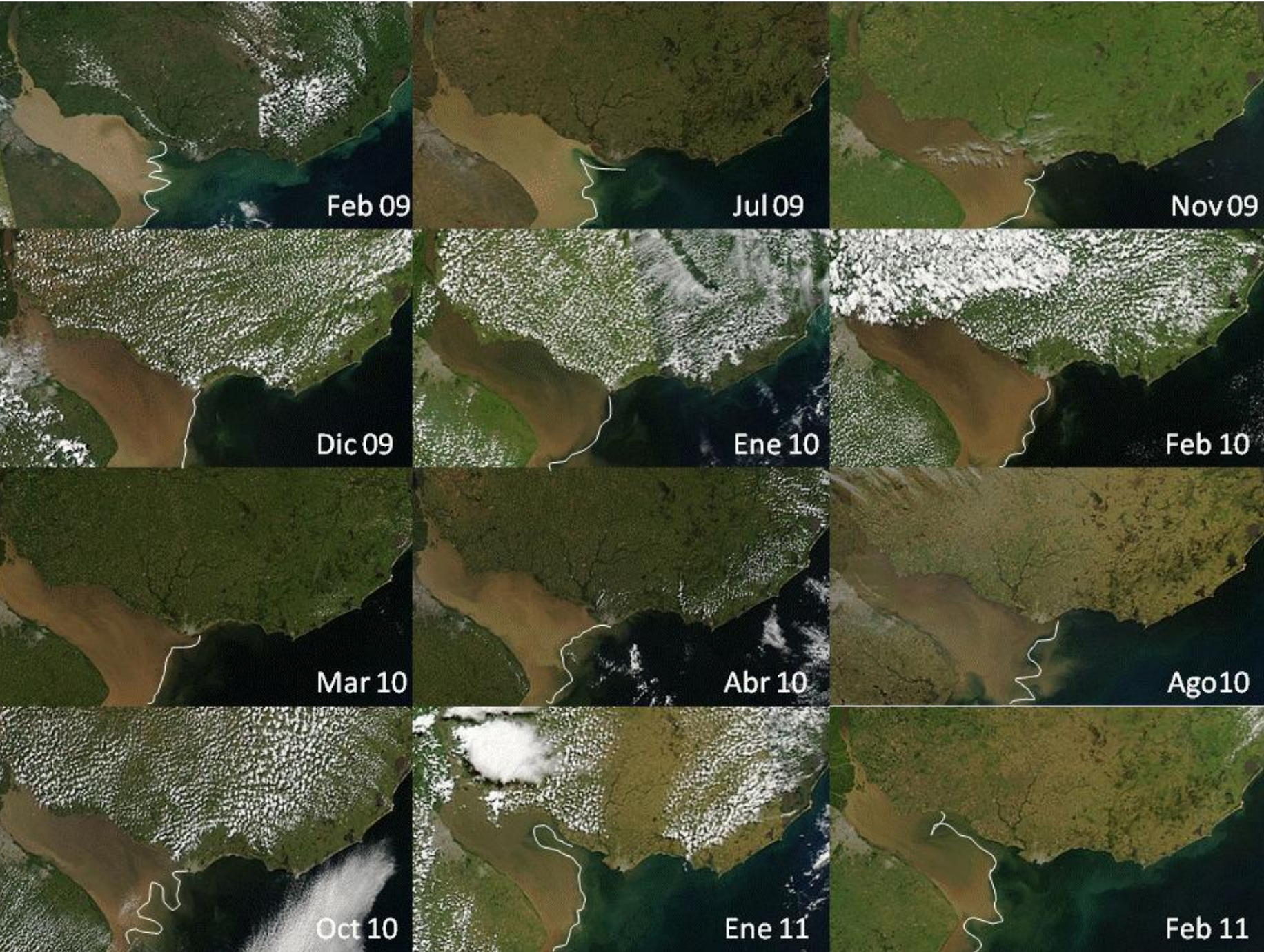
Akademik Vavilov 2003





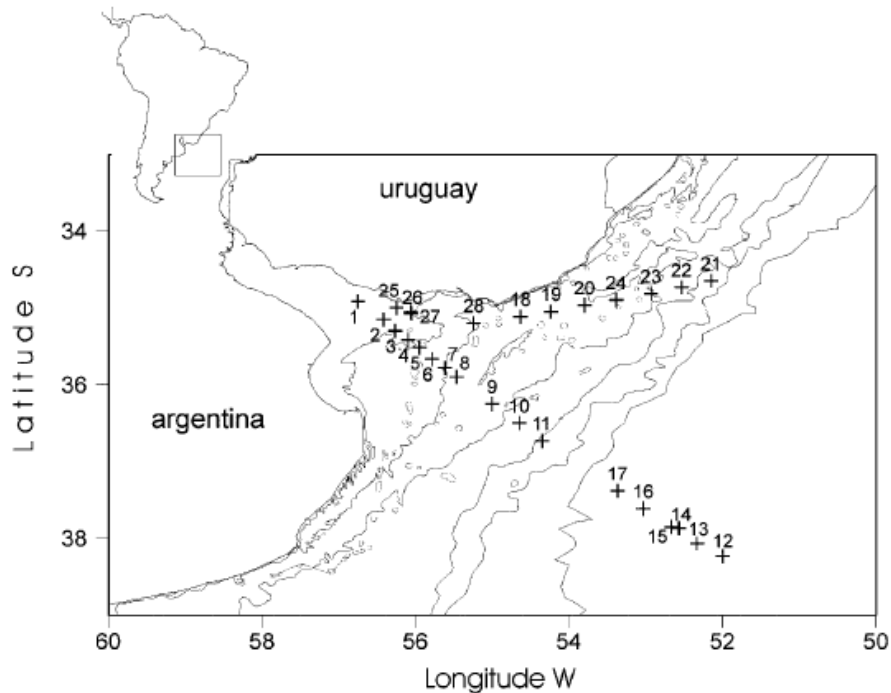
### Disco de Secchi (cm)

	$x \pm sd$	Rango
nov-09	52±32	15-110
<b>dic-09</b>	<b>27±14</b>	<b>15-70</b>
ene-10	52±25	25-90
feb-10	19±17	10—80
mar-10	40±11	15-60
abr-10	50±18	25-80
set-10	49±22	20-90
<b>dic-10</b>	<b>100±24</b>	<b>60-150</b>
ene-11	127±59	30-250
feb-11	97±36	30-140
jun-11	51±20	10 - 80

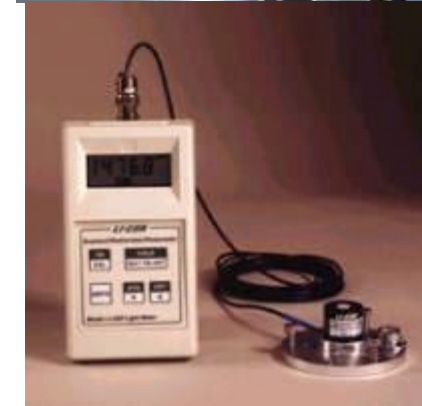
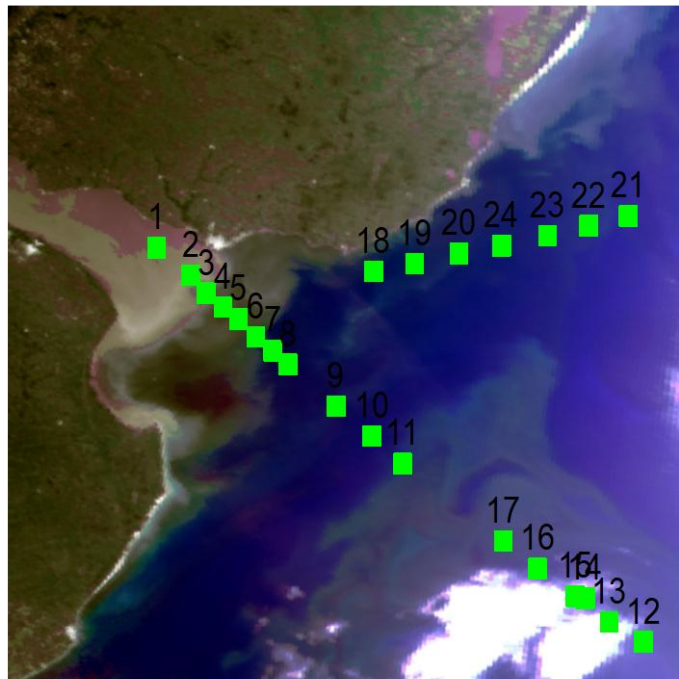


# Phytoplankton distribution and production along a wide environmental gradient in the South-West Atlantic off Uruguay

Danilo Calliari · Ernesto Brugnoli ·  
Graciela Ferrari · Denise Vizziano

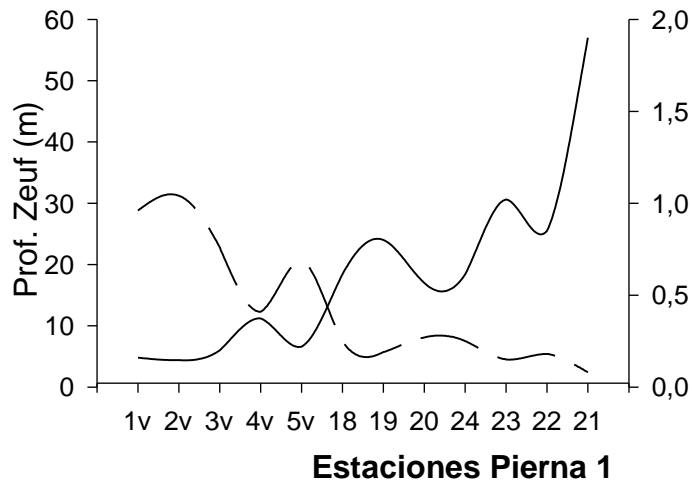


**Fig. 1** Map of the study area showing location of sampling stations during the three cruises and corresponding station numbers. Contour lines denote 10, 20, 50, 100, 200 and 1,000 m isobaths

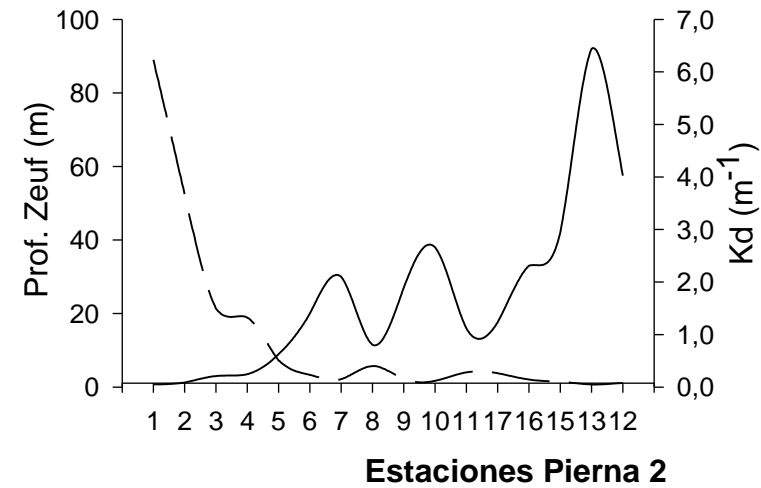


Radiómetro LiCor

Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo del crucero del B/I Aldebarán, sobre una imagen SeaWiFS del 17/12/03.



Zona Eufótica —  
 $K_d$  - - - -



## Light attenuation (or extinction)

- decreases as a fixed proportion of light remaining at each depth

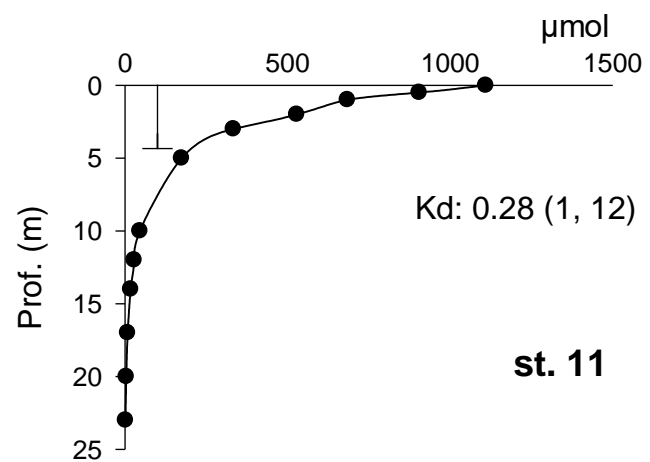
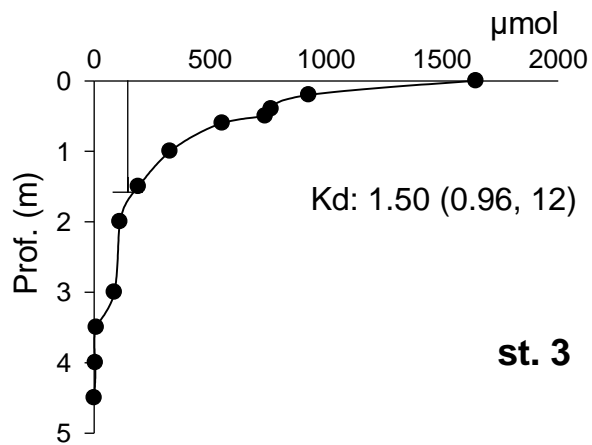
$I$  = Irradiance

$$I_z = I_0 e^{-kz}$$

attenuation coefficient (k) =  $\frac{\ln(\text{light at surface}) - \ln(\text{light at depth } z)}{\text{depth } z}$

- large k indicates that light is absorbed rapidly

Prof.		Prof. d.Z max.		Prof.		Prof. Z max.			
Pierna 1		Secchi (m)		Pierna 2		d. (m)			
Z euf. (m)	Kd (m <sup>-1</sup> )	(m)	(m)	Z euf. (m)	Kd (m <sup>-1</sup> )	Secchi	(m)		
1v	4,8	0,96	2	ND	1	0,74	6,23	0.15	4,2
2v	4,4	1,04	1.6	ND	2	1,25	3,67	0.7	5
3v	6	0,76	2	ND	3	3	1,5	1	7,5
4v	11,2	0,41	3.8	ND	4	3,5	1,32	1.2	6,2
5v	6,6	0,69	1.7	ND	5	9	0,51	4.2	ND
18	18,4	0,25	4	35,5	6	20	0,23	9	14
19	24	0,19	ND	35	7	30	0,15	8.5	18,4
20	17	0,27	4.5	33,2	8	11,5	0,4	ND	23,5
24	18,4	0,25	ND	36,9	9	27	0,15	10	38,3
23	30,6	0,15	6	ND	10	38	0,12	ND	56
22	25,5	0,18	ND	68	11	16	0,28	4	100
21	57	0,08	5	ND	17	17,6	0,26	ND	2834
					16	33	0,14	ND	3458
					15	42	0,1	14	4150
					13	92	0,05	ND	4470
					12	57,5	0,08	ND	4471





# Técnicas de adquisición de muestras

Oxígeno disuelto



Botella DBO  
(300 mL)



# Oxímetros (medidores de oxígeno disuelto)



**Tipo de sensores**  
Precauciones  
Forma de reportar dato

Sensores con diferentes tipos de membrana y funcionamiento



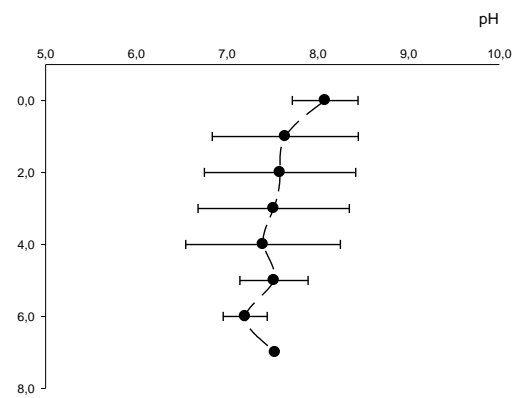
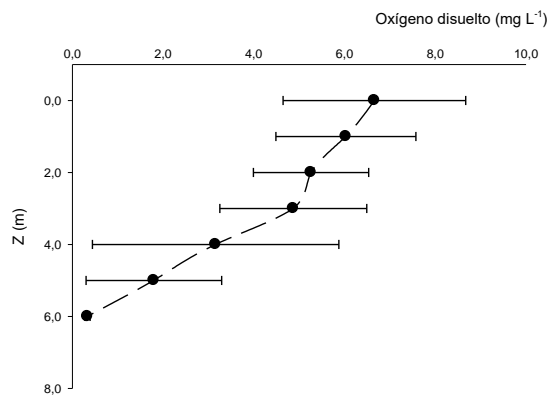
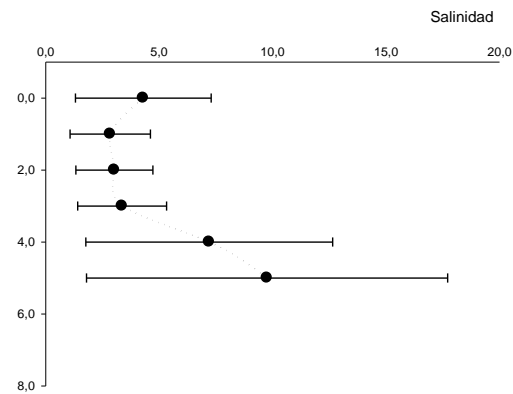
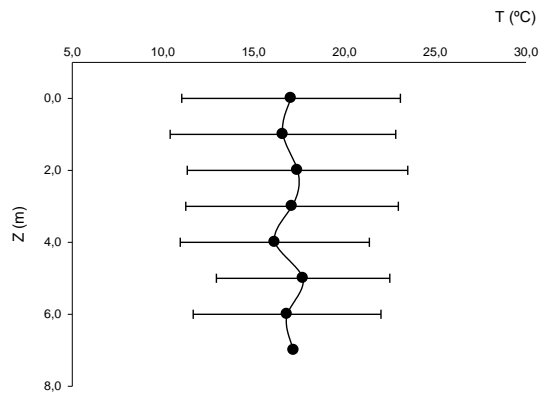
# OXÍMETROS

(MEDIDORES DE OXÍGENO DISUELTO)



Laboratorio método winkler





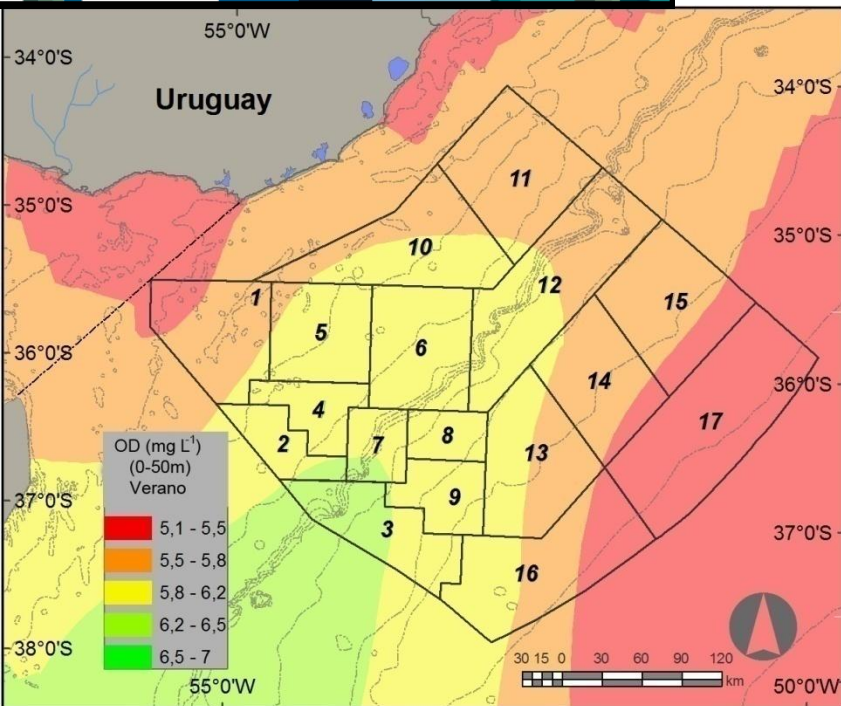


# URUGUAY

MARGEN CONTINENTAL

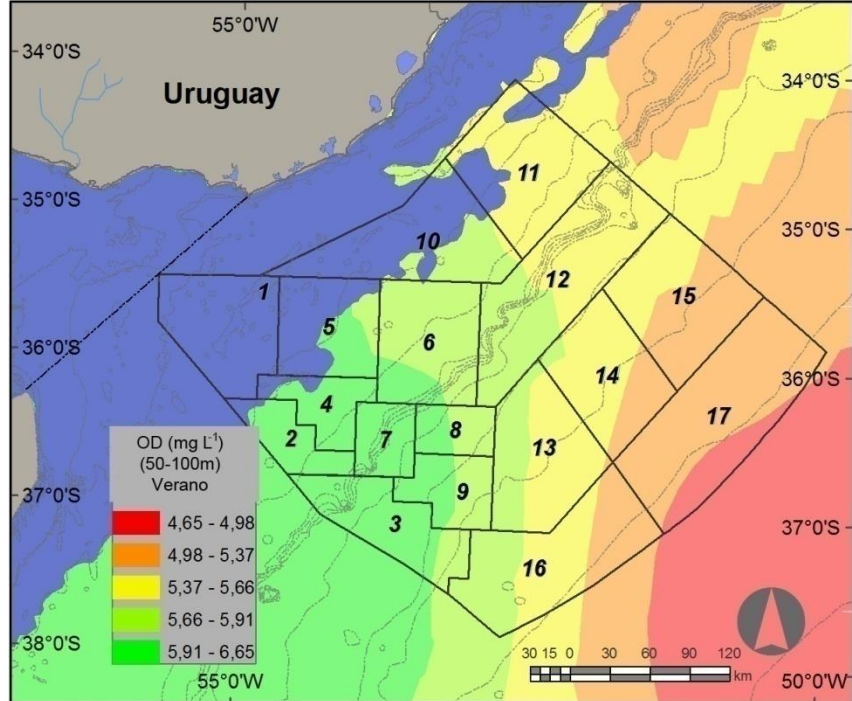
Programa oceanográfico de caracterización del margen continental uruguayo

ZONA ECONOMICA EXCLUSIVA

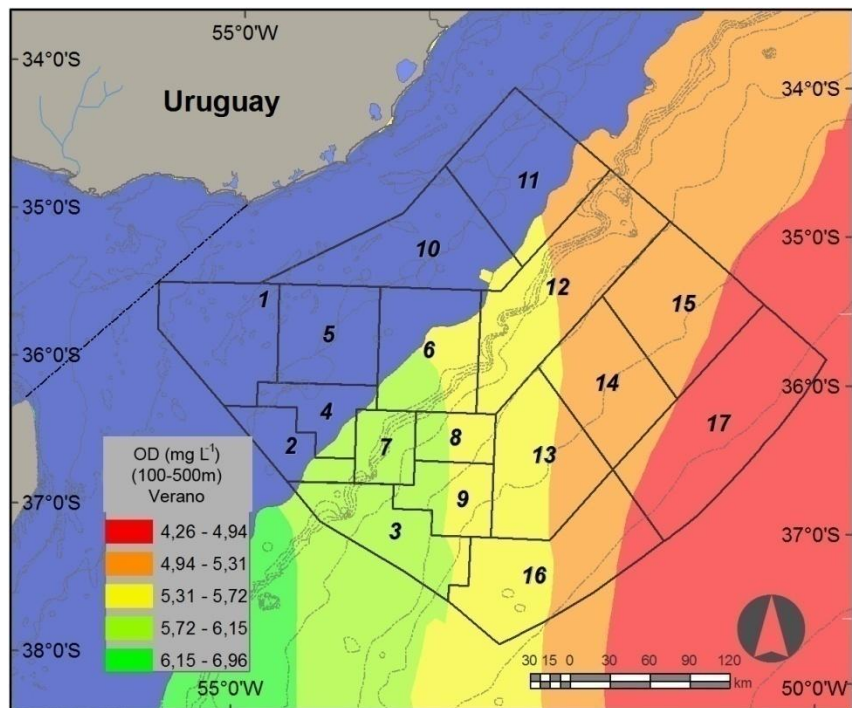


Tudurí et al. 2014

50 -100 m

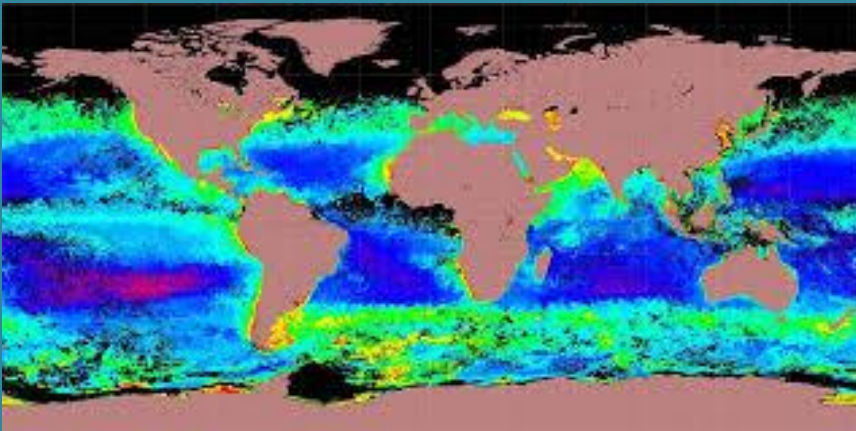


100-500 m



# Determinación de Clo $a$ y Nutrientes

- Clorofila  $a$ :
- Determinación mediante imágenes satelitales (satélites, sensores y colecta *in situ* para validar algoritmos).
- Determinación mediante colecta de muestras *in situ*.
- **Campo**
  - **Colecta** de muestras en el campo (botellas de volumen conocido)
  - Se **filtra** la muestra (volumen conocido)





Filtración en laboratorio  
(filtro tamaño de poro, GFC o GFF,  
Vol. Conocido). Cuánto filtrar??  
Se trabaja con lo **retenido en el filtro**

Refrigerar  
y en  
oscuridad



Determinación en espectrofotómetro  
(longitud de onda)



Extracción con solvente (acetona 90%)  
Durante 24 hs (refrigerada)

## Agua

Strickland y Parsons (1972)

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = \frac{26,7 (A665_o - A750_o) - (A665_a - A750_a) \times v}{V \times E}$$

$$\text{Feopigmentos (mg/m}^3\text{)} = \frac{26,7 [ (1,7 \times (A665_a - A750_a)) - (A665_o - A750_o) ] \times v}{V \times E}$$

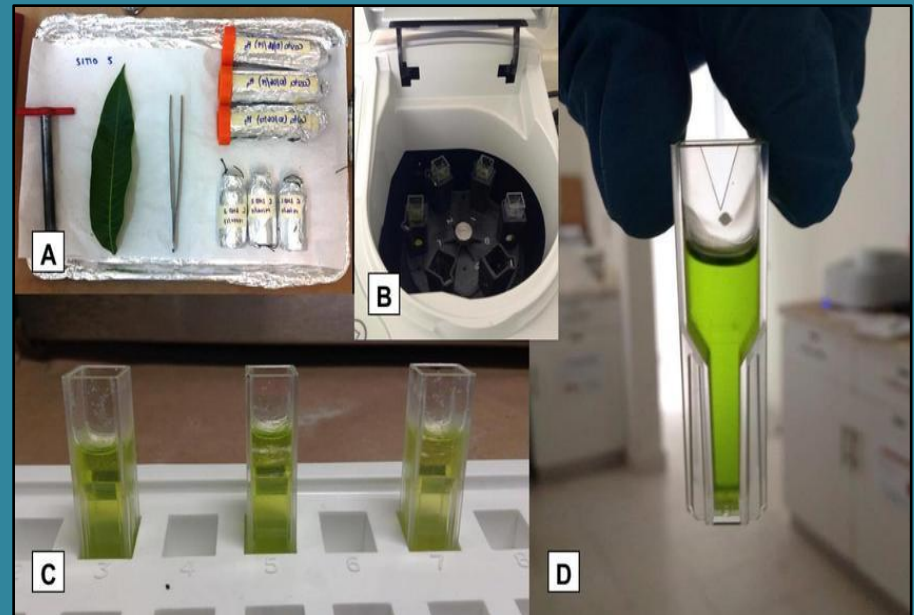
## Sedimentos

$$\text{Clorofila } a \text{ (}\mu\text{g/gsh)} = \frac{28,917 (A665_o - A665_a) \times v}{P \text{ Clo } a}$$

$$\text{Clorofila } a \text{ (}\mu\text{g/gss)} = \frac{\text{Clorofila } a \text{ (}\mu\text{g/gsh)}}{(\% \text{ P Seco} / 100)}$$

$$\text{Feopigmentos (}\mu\text{g/gsh)} = \frac{28,917 (1,7 (A665_a) - A665_o) \times v}{P \text{ Clo } a}$$

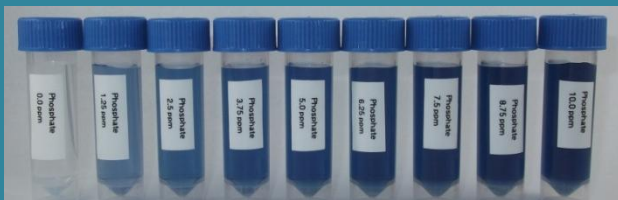
$$\text{Feopigmentos (}\mu\text{g/gss)} = \frac{\text{Feopigmentos (}\mu\text{g/gsh)}}{(\% \text{ P Seco} / 100)}$$





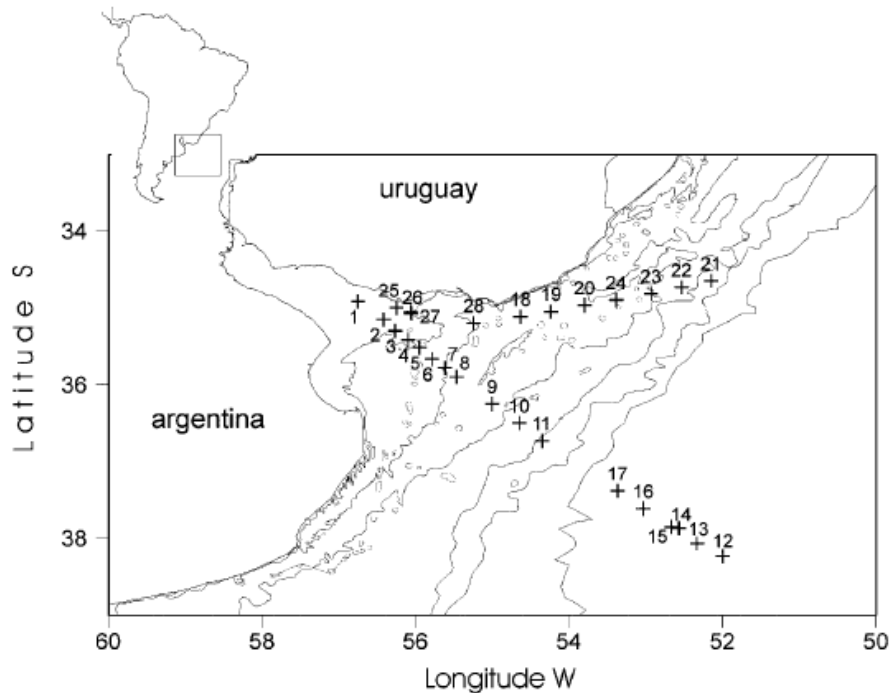
- **Nutrientes (Pt y Nt)**

- Se realiza una digestión previa para pasar todas las formas fosforadas a  $\text{PO}_4$  y las nitrogenadas a  $\text{NO}_3$
- Determinación utilizando métodos colorimétricos:  
Se basan en el desarrollo de un compuesto coloreado cuya intensidad es proporcional a la concentración del nutriente
  - Nitratos (Nt) – método de salicilato de sodio – compuesto color amarillo
  - Fosfatos (Pt) - método de azul de molibdeno – compuesto color azul

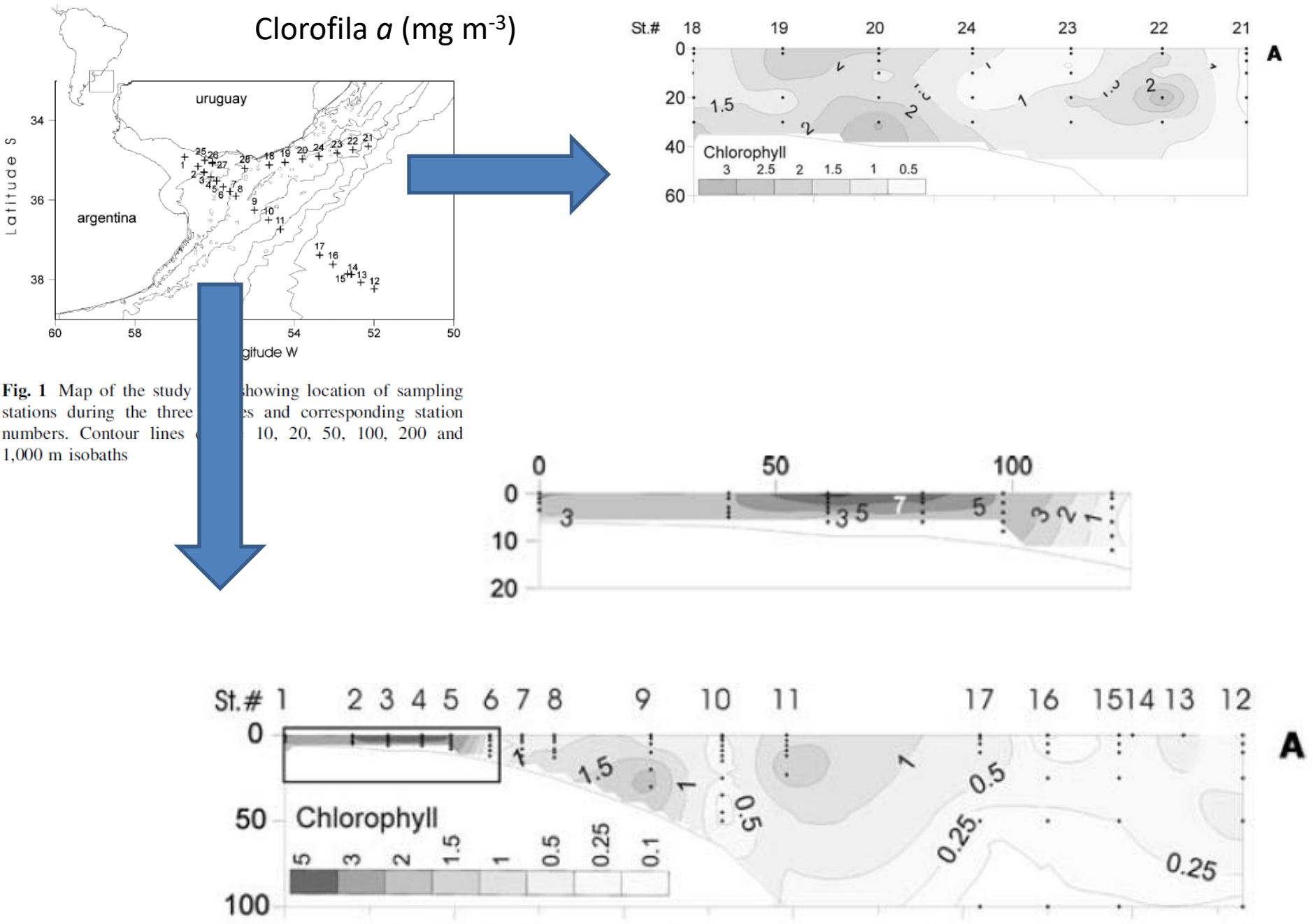


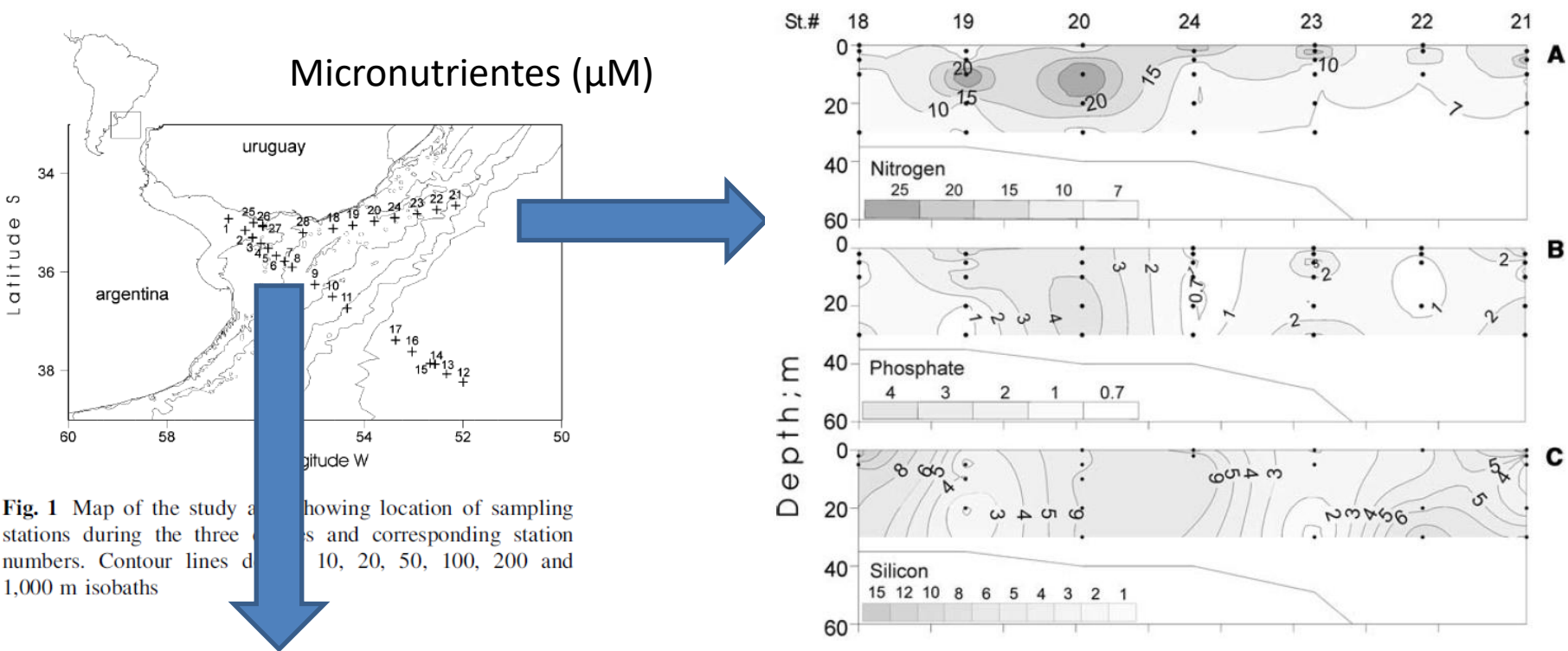
# Phytoplankton distribution and production along a wide environmental gradient in the South-West Atlantic off Uruguay

Danilo Calliari · Ernesto Brugnoli ·  
Graciela Ferrari · Denise Vizziano

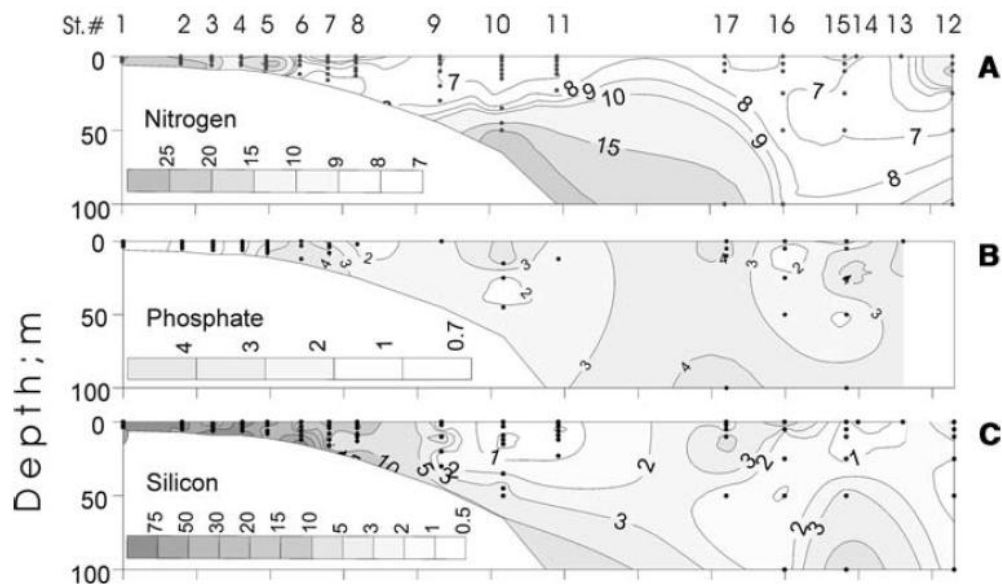


**Fig. 1** Map of the study area showing location of sampling stations during the three cruises and corresponding station numbers. Contour lines denote 10, 20, 50, 100, 200 and 1,000 m isobaths





**Fig. 1** Map of the study area showing location of sampling stations during the three cruises and corresponding station numbers. Contour lines denote 10, 20, 50, 100, 200 and 1,000 m isobaths





# URUGUAY

MARGEN CONTINENTAL

Programa oceanográfico de caracterización del margen continental uruguayo

ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA



FACULTAD DE CIENCIAS

## 1.2 OCEANOGRAFÍA QUÍMICA

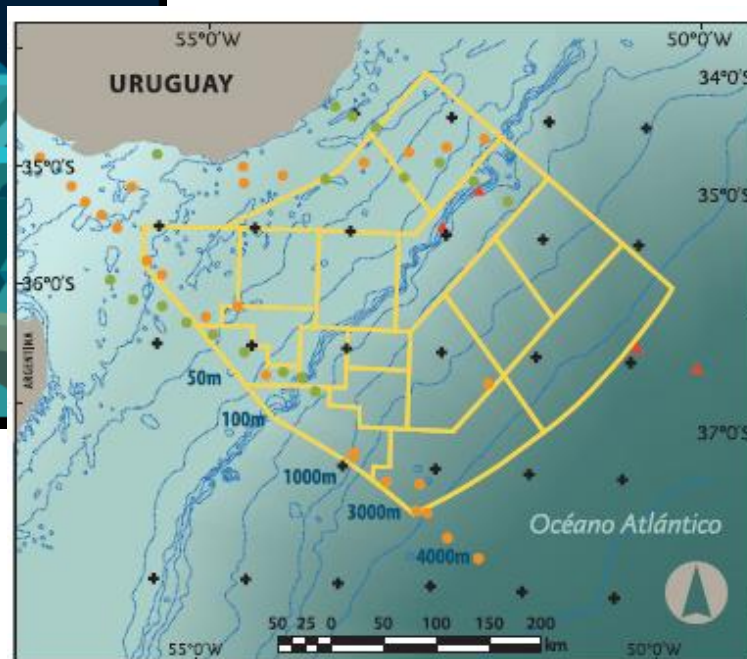
AUTORES

Adriana Tudurí

Lucía Delbene

Noe Espinosa

Ernesto Brugnoli



Tuduri et al. 2014

Figura 1.2.2 Fuentes de información y ubicación de los puntos considerados para el desarrollo de mapas de concentraciones de variables químicas.

### 1.2.4 CONSIDERACIONES FINALES

Para el área y temática del presente estudio, la información identificada es muy heterogénea no siendo el centro del estudio la Zona Económica Exclusiva. Se identificaron un total de 29 artículos comprendiendo un intervalo de 30 años (1980-2010); se detectan 11 trabajos que consideran al menos una estación dentro de la zona económica exclusiva, ocho en la zona norte (posición <34°S) y cuatro en la zona sur (posición >38°S).

La mayoría de los estudios estuvieron centrados en nutrientes inorgánicos disueltos (29 trabajos), seguido por gases disueltos (cinco trabajos) y contaminantes orgánicos e inorgánicos (dos trabajos).

Corresponden en su mayoría a análisis realizados durante una campaña oceanográfica en primavera o verano, existiendo solamente un trabajo con enfoque temporal en invierno y verano. Mayormente consideran la zona eufótica y como profundidades máximas de estudio los 100m, existiendo importantes vacíos de información a profundidades mayores a 500m para los diferentes parámetros considerados en el presente estudio.

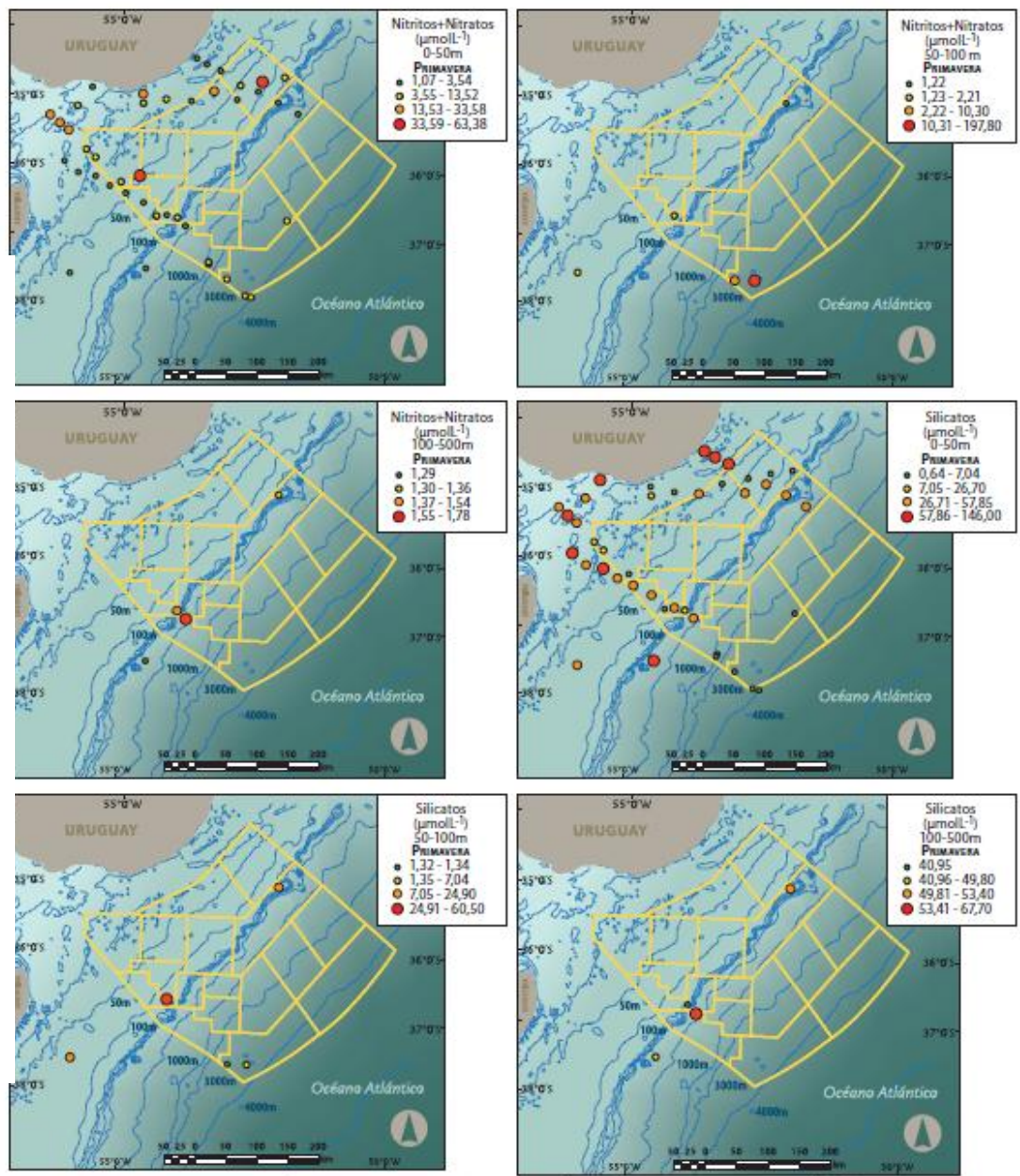


Figura 1.2.3 Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos (a-c: nitratos+nitritos;d-f: silicatos) en diferentes profundidades. Tomado de SOHMA (2001), Calliari et al., (2008) y PANGAEA.

<https://www.youtube.com/watch?v=Gjz kf1xiQ-8>

Cruise Cruise Baby

## **Muestreo y Determinación de las Propiedades Físico-Químicas (SEDIMENTO)**

**1.- Granulometría**

**2.- Contenido materia orgánica**

**3.- Nutrientes (NT, PT)**

**4.- Fitopigmentos (Clorofila y Feopigmentos)**

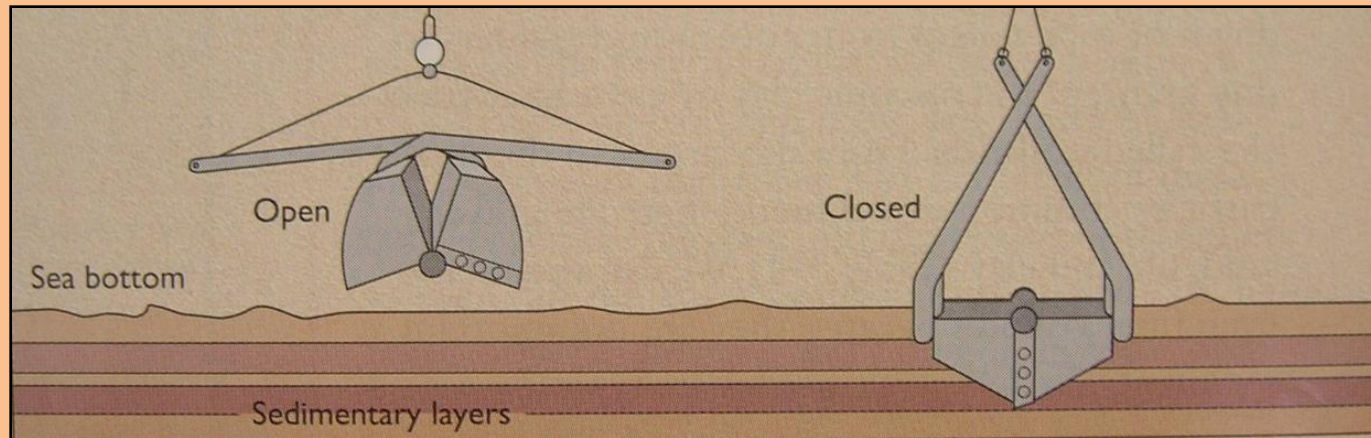
**5.- Metales pesados/Contaminantes**



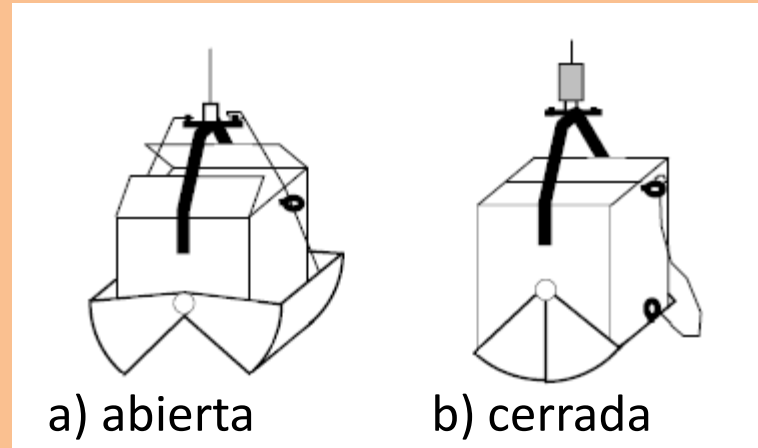
# Dragas: cuantitativas, submareal, sustrato blando

Palas articuladas que se introducen en el sedimento, se cierran y levantan el sedimento.

Diversos tipos, mas o menos eficaces según el tipo de ambiente, tipo de embarcación, profundidad, granulometría, etc.



# Draga Ekman



- Para sedimentos de arena y fango
- Caja de acero inoxidable o bronce
- Dos medias tapas arriba y dos tapas móviles abajo (las que se cierran)
- Opera en lugares someros
- Línea y mensajero

# Draga van Veen



No requiere mensajero, se deja caer abierta y cdo. toca el fondo se libera y al levantarla se cierra sola.



- ideal para fangos y arenas finas
- fácil manejo
- hasta aprox. 50 m de Z
- buenas condiciones del mar



# Draga McIntyre



- eficiente en casi todo tipo de sustrato blando
- grandes profundidades
- manejo mas complejo
- requiere línea, guinche y embarcación mayor
- colecta aprox. 0,1 m<sup>2</sup>

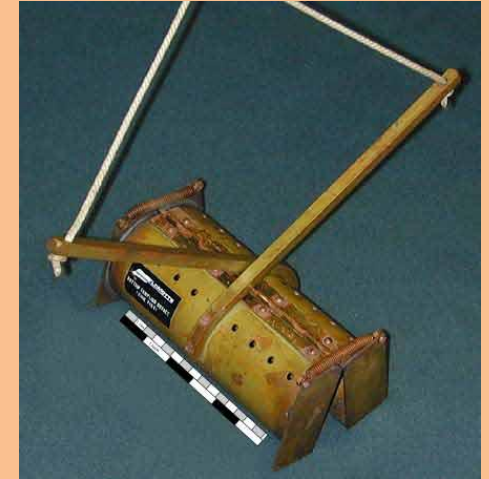
Ponar



Petersen



Petersen modificada para fangos



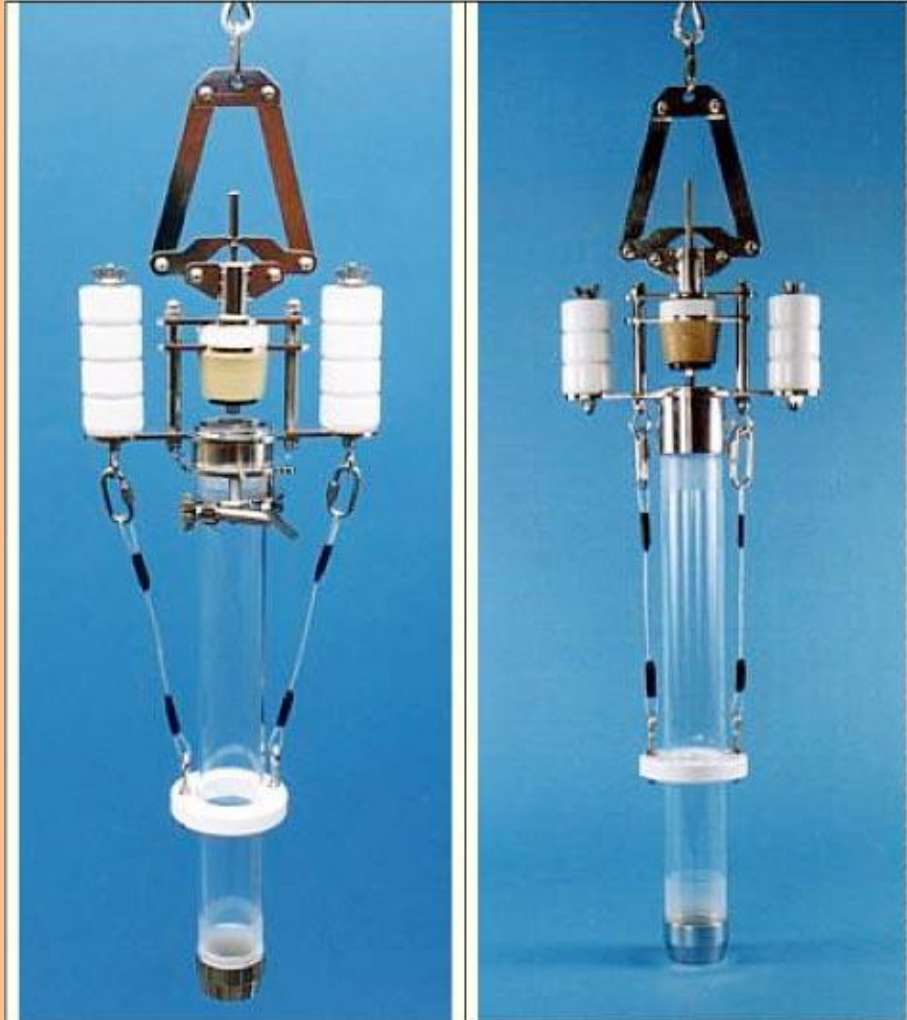
### **Ventajas:**

- muestras cuanti (réplicas)
- estudios cuanti de parámetros comunitarios
- organismos de la macrofauna

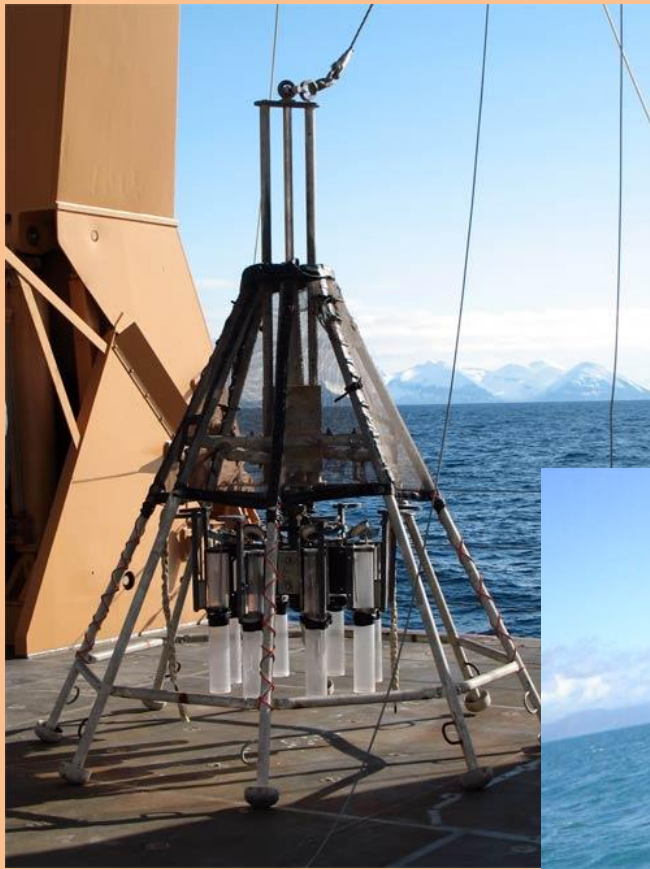
### **Desventajas:**

- no capturan especies móviles
- perturbación de la muestra
- lavado durante la subida (depende del sedimento y de la Z

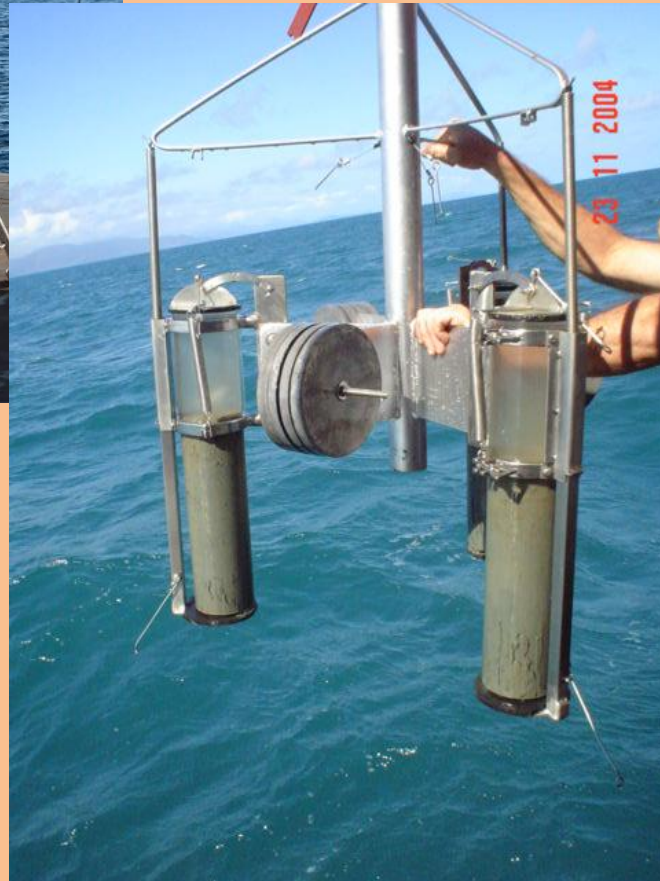
# Corers



- gran variedad
- cuantitativa
- mas profunda en el sedimento
- menos perturbada
- muestras menores
- mayoría sin mensajeros
- pocos organismos grandes



- varias muestras a la vez
- navío y guinche
- útil en grandes profundidades
- bueno en casi todo tipo de sedimento
- no perturbadas







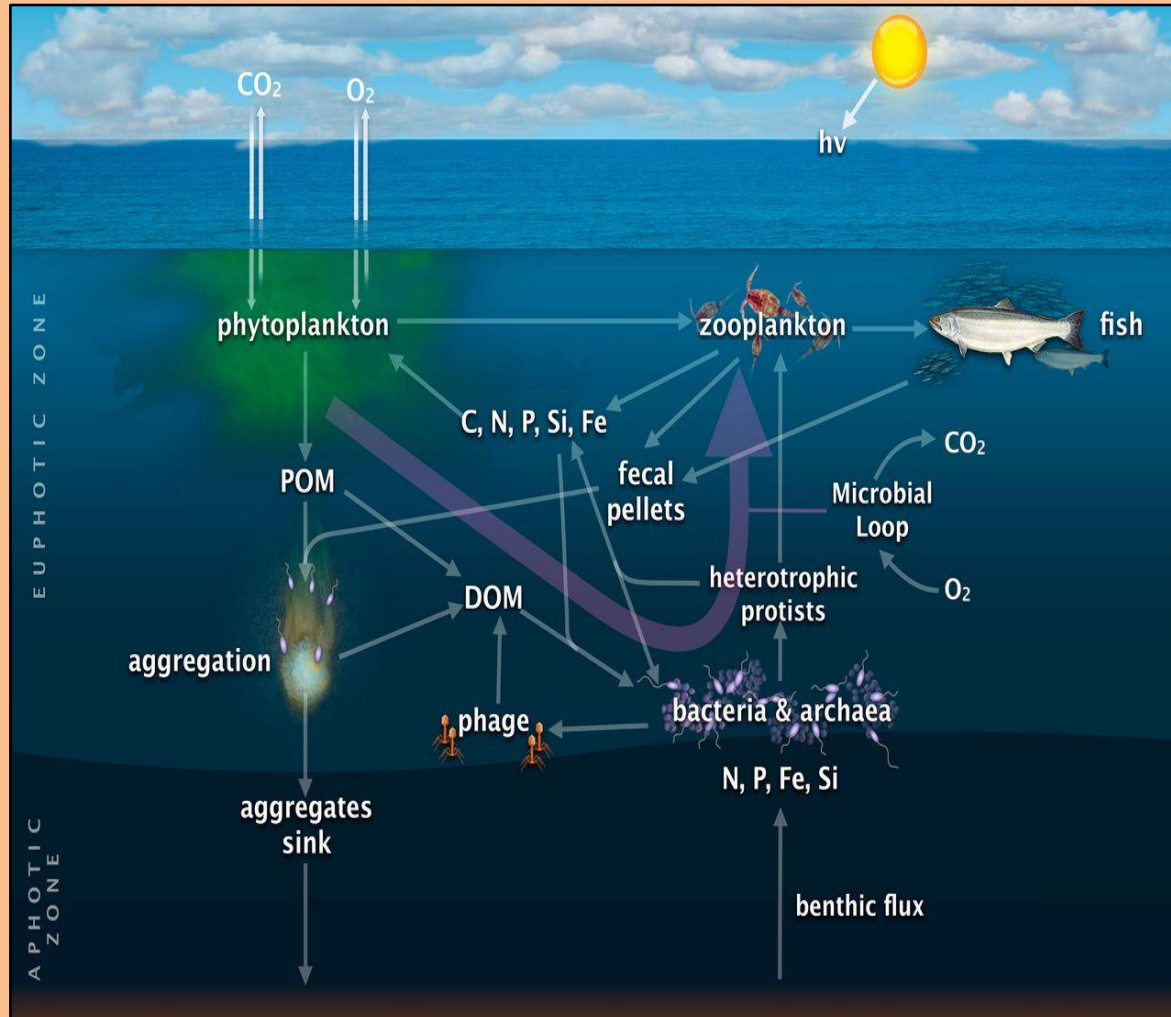
# Granulometría – Tamaño de grano



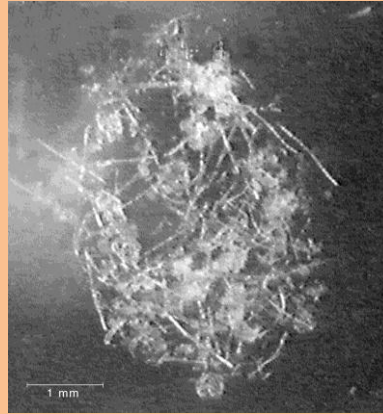
**Escala granulométrica**

Partícula	Tamaño
Arcillas	< 0,002 mm
Limos	0,002-0,06 mm
Arenas	0,06-2 mm
Gravas	2-60 mm
Cantos rodados	60-250 mm
Bloques	>250 mm

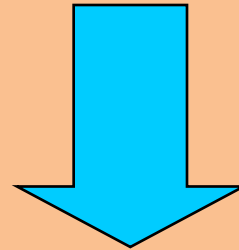
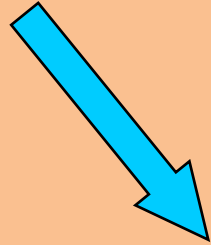
# Materia Orgánica



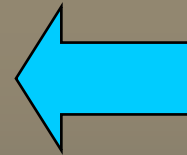
# Llegada de detritos provenientes da producción pelágica (Producción alóctona)



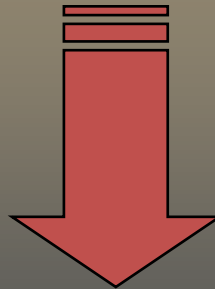
Input Continental



Matéria Orgânica

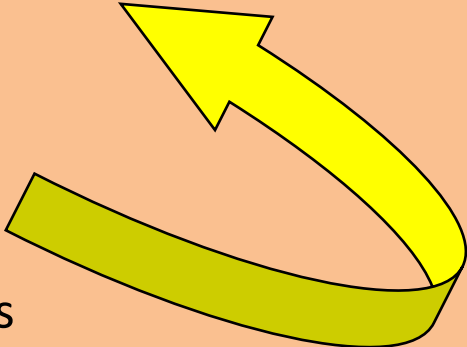


Microalgas bêmicas  
Producción autóctona



Fauna Bêmica

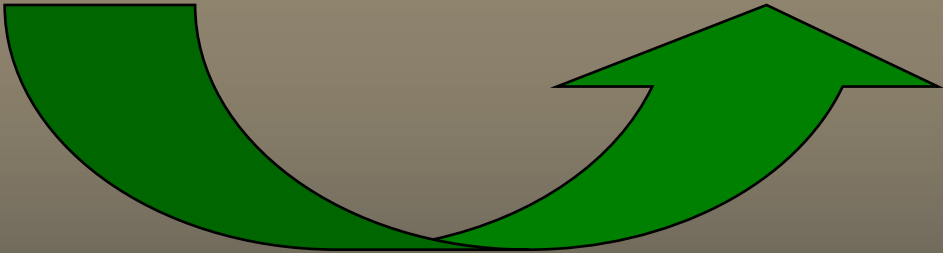
Disponibilización de nutrientes para la producción nueva de la columna de agua



Processos advectivos

Matéria Orgânica

Nutrientes (Fosfato e Nitrato)



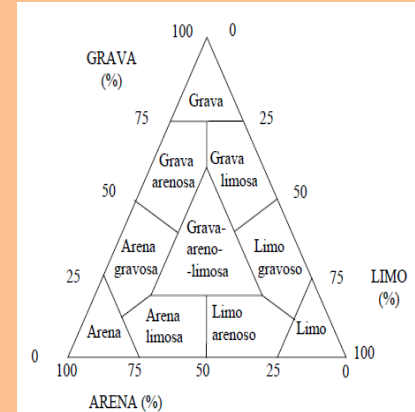
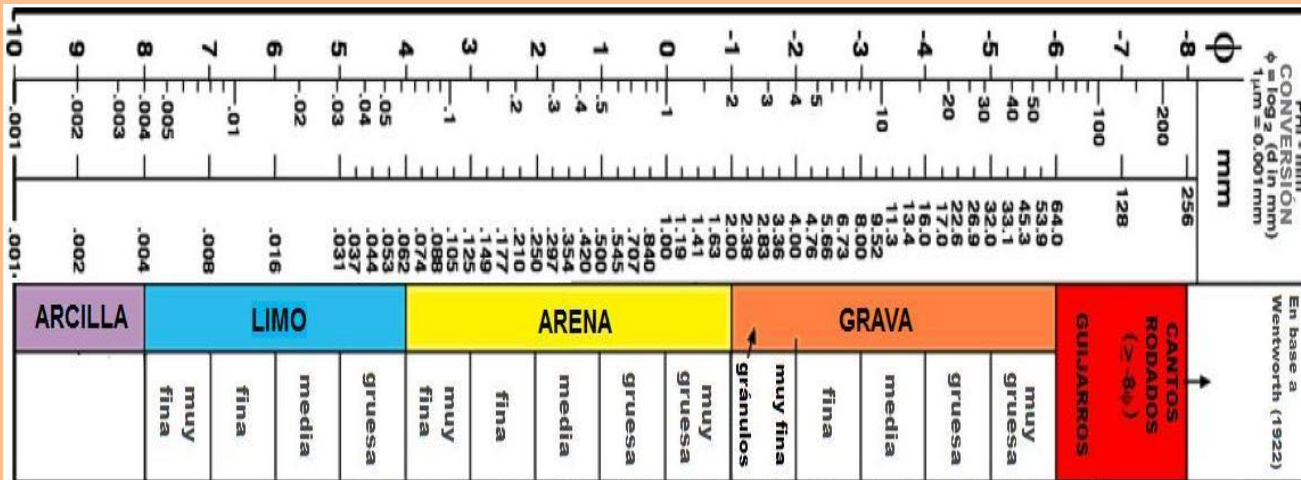
Remineralização



Seqüestro de Carbono

# Granulometría

En el laboratorio



# Materia Orgánica

En el laboratorio – Pérdida por ignición

Mufla  
500 °C – 3 hs



Entre 1 y 2 g  
de sedimento  
húmedo



Estufa  
60 °C – 45 hs



Si la temperatura de combustión supera los  
500 °C puede haber error en los resultados  
debido a la pérdida de carbonatos

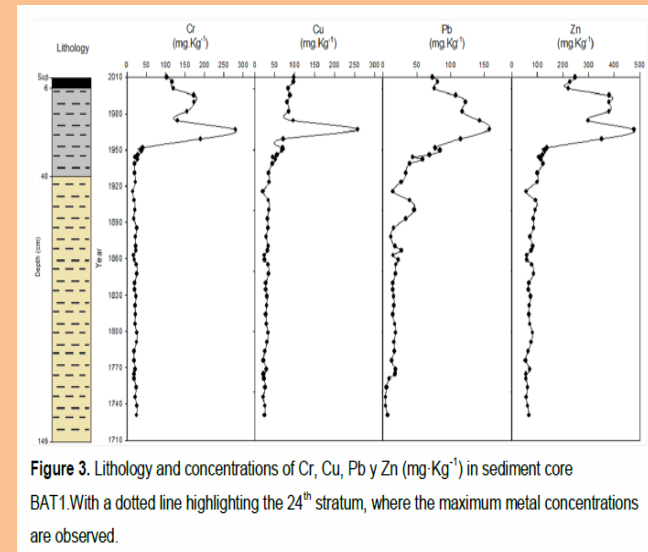
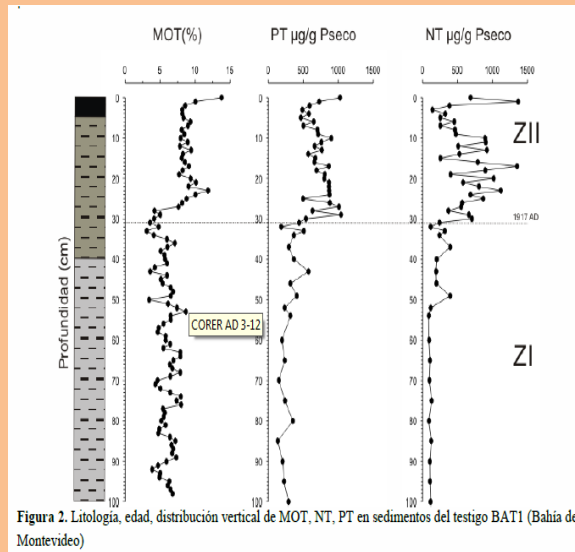




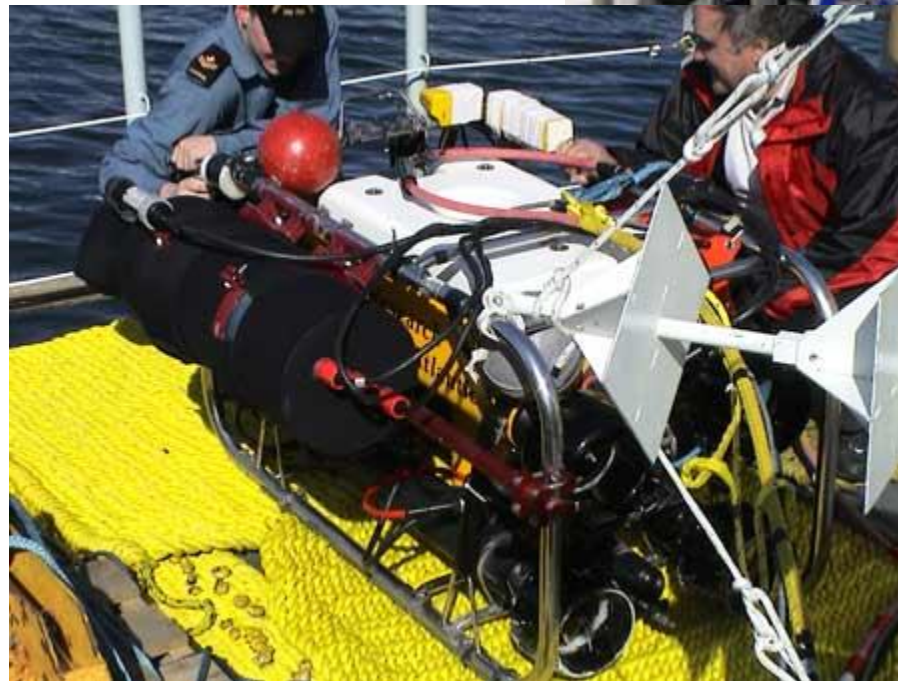
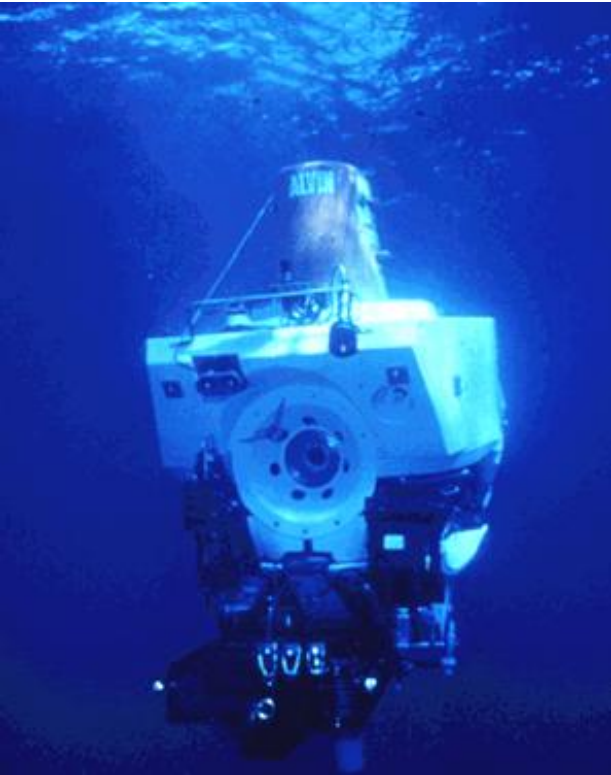
# Imagen del pasado



Integra información, condiciones f-q prevalecientes. Variables. Datación.



# Minisubs, ROV's/fotografía remota



<https://es.nidorobotics.com/>

<https://vimeo.com/421729617>

- Gracias

Ernesto Brugnoli

Oceanografía y Ecología Marina

[ebo@fcien.edu.uy](mailto:ebo@fcien.edu.uy)