

CURSO OFQ 2021

Mónica Gómez Erache

**ÁREAS DE ALTA
BIOPRODUCTIVIDAD**

Áreas de alta bioproduktividad



1

Generalidades

Producción oceánica. Fotosíntesis. Producción primaria. Medición.

2

Distribución de la producción pirmaria

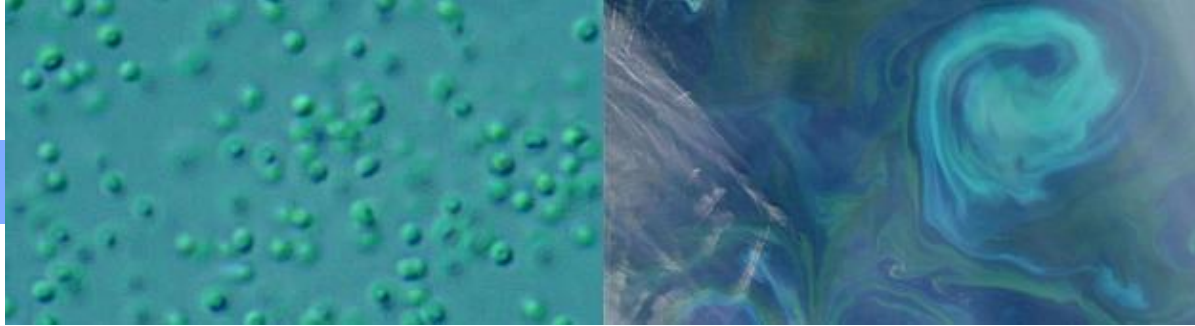
Distribución de la bioproducción. Procesos superficiales y procesos verticales.

3

Factores que afectan la productividad

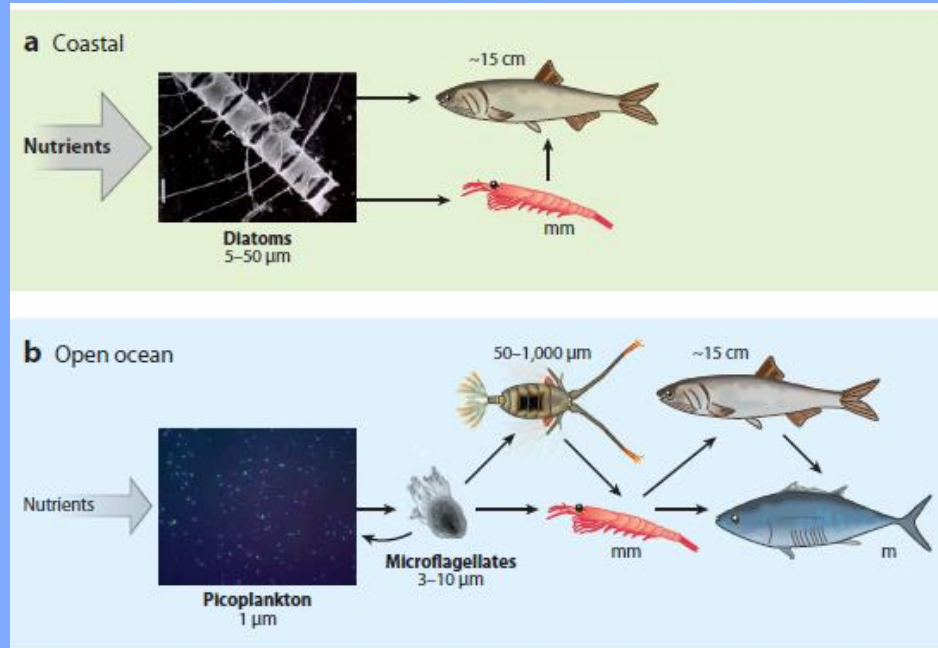
Distribución de la bioproducción. Procesos superficiales y procesos verticales.

¿Qué entendemos por productividad oceánica?

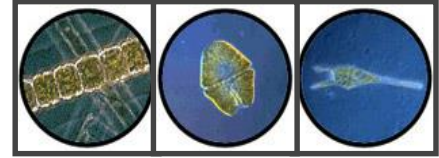


La productividad de los océanos se refiere en gran medida a la producción de materia orgánica por parte del "fitoplancton", las plantas suspendidas en el océano, la mayoría de las cuales son unicelulares. El fitoplancton es un "fotoautótrofo" que recoge la luz para convertir el carbono inorgánico en orgánico, y suministra este carbono orgánico a diversos "heterótrofos", organismos que obtienen su energía únicamente de la respiración de la materia orgánica. Entre los heterótrofos del océano abierto se encuentran las bacterias, así como el "zooplancton" (animales flotantes) unicelulares y multicelulares más complejos, el "necton" (organismos nadadores, incluidos los peces y los mamíferos marinos) y el "bentos" (la comunidad de organismos del fondo marino).

Modelo conceptual de la bioproducción de los ecosistemas costeros y los pelágicos de alta mar



Fotosíntesis



Blankenship (2002) definió la fotosíntesis como 'un proceso en el que la energía de la luz es capturada y almacenada por un organismo, y la energía almacenada se utiliza para impulsar procesos celulares'.

La fotosíntesis oxigénica puede expresarse como una reacción de oxidación-reducción de la forma:



En esta reacción se forman carbohidratos a partir de dióxido de carbono y agua, y la luz proporciona la energía para la reducción del dióxido de carbono. La ecuación 1 es un resumen empírico de la reacción global, que en realidad se produce en varios pasos. La energía de la luz para la reacción es absorbida principalmente por el pigmento verde clorofila.

Fotosíntesis

La concentración media de clorofila a en el océano global es de 0,32 mg m⁻³ (Falkowski & Raven, 2007). Sin embargo, esta concentración no se distribuye uniformemente en todo el océano.

La producción primaria en cualquier lugar varía en el espacio y en el tiempo en respuesta a los factores que limitan o estimulan la fotosíntesis y el crecimiento del fitoplancton.

La fotosíntesis y el crecimiento en el mar están limitados por los nutrientes, la luz o la temperatura. En el entorno dinámico de una columna de agua los recursos de la columna de agua son irregulares tanto en el tiempo como en el espacio. En consecuencia, el fitoplancton puede recibir nutrientes y luz en pulsos en lugar de un suministro continuo. En general, es la interacción entre la disponibilidad de nutrientes y la luz lo que afecta a la fotosíntesis del fitoplancton y la producción primaria.

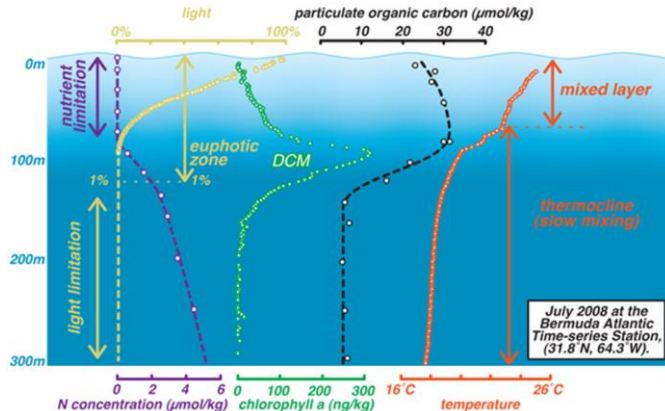
Producción primaria

La productividad primaria es el proceso por el cual las formas inorgánicas de carbono son sintetizadas por organismos vivos en compuestos orgánicos simples. La mayor parte del carbono de la Tierra se encuentra en formas inorgánicas inorgánico, como el dióxido de carbono (CO_2), el bicarbonato (HCO_3^-) y el carbonato (CO_3^{2-}).

El carbono inorgánico debe reducirse químicamente para formar las moléculas orgánicas que son los bloques de construcción de la vida y el mecanismo por el que se almacena la energía en los organismos vivos.

La reducción del carbono inorgánico requiere una inversión de energía y ésta puede provenir de luz o de la energía almacenada en algunos compuestos inorgánicos reducidos. Los autótrofos son organismos capaces de fijar el carbono inorgánico.

Producción primaria



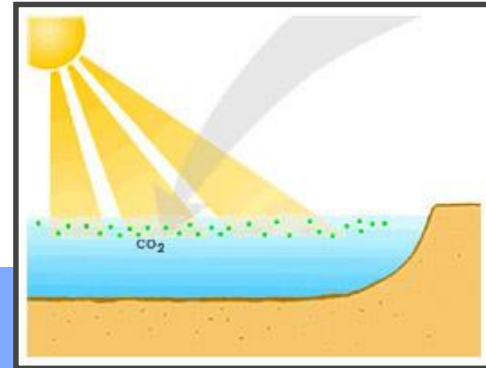
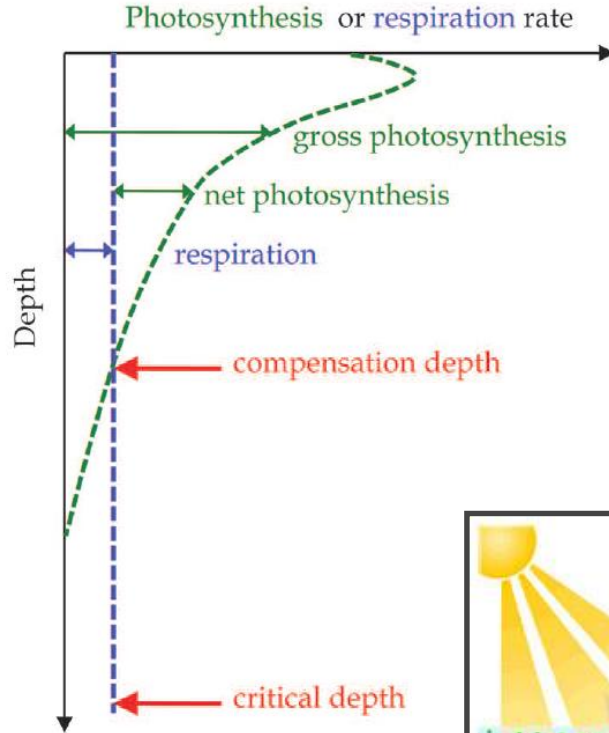
Los fotoautótrofos utilizan la energía de la luz para fijar carbono, mientras que los quimioautótrofos utilizan la energía liberada por la oxidación de sustratos inorgánicos reducidos para fijar el carbono. sustratos inorgánicos reducidos para fijar el carbono en compuestos orgánicos.

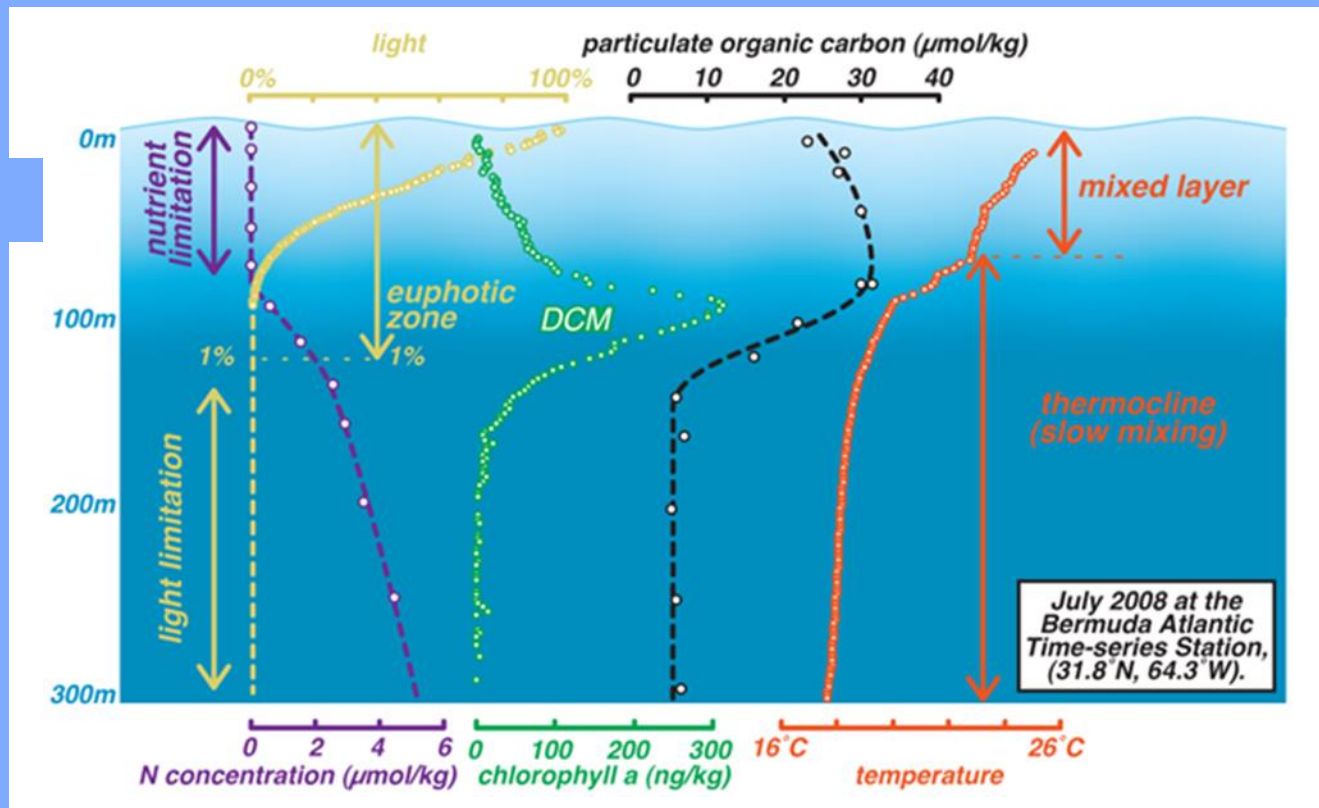
Tanto la fotosíntesis como la quimiosíntesis contribuyen a la producción primaria de los océanos, pero la fotosíntesis oxigénica es, con mucho, el proceso dominante en cuanto a la cantidad de carbono fijado y energía almacenada en compuestos orgánicos.

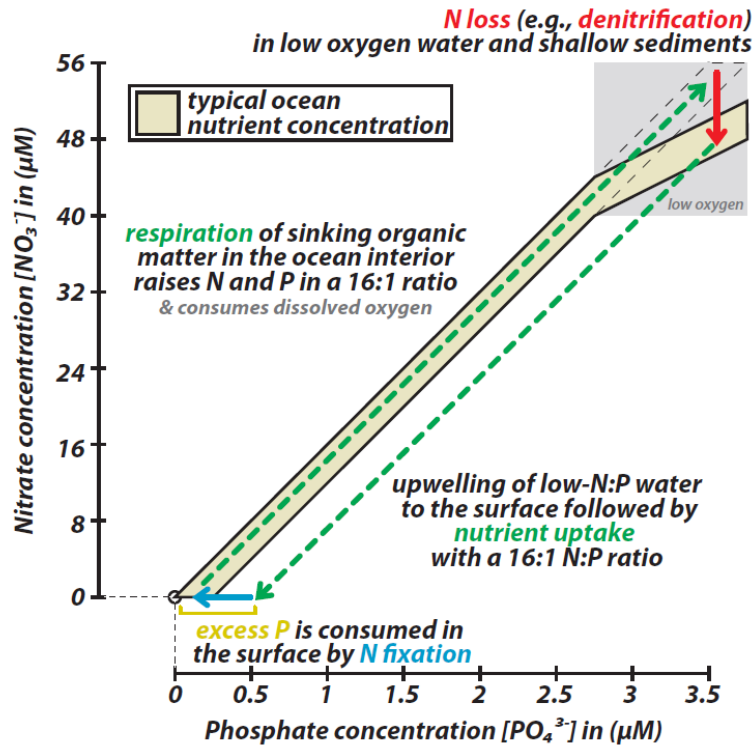
La fotosíntesis se produce en todas las partes del océano donde hay suficiente luz, mientras que la quimiosíntesis se limita a lugares donde hay suficientes concentraciones de sustratos químicos reducidos.

Casi todos los ecosistemas del océano se alimentan de el carbono orgánico y la energía que fueron fijados inicialmente por la fotosíntesis oxigénica.

Esquema de las tasas de fotosíntesis y de respiración en profundidad







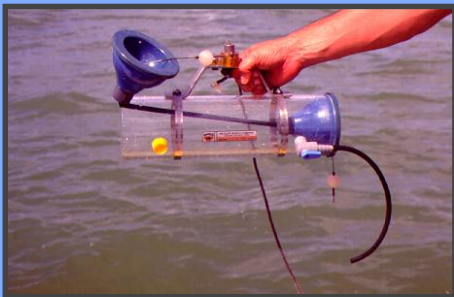
Medida de la biomasa fitoplanctónica

La mejor medida de la biomasa sería determinar la cantidad de carbono orgánico en las células del fitoplancton. Sin embargo, esta medida es casi imposible en una muestra de agua de mar natural debido a la presencia de otros organismos, detritus y materia orgánica disuelta.

En consecuencia, los pigmentos fotosintéticos (normalmente la clorofila a) se utilizan como indicador de la biomasa del fitoplancton. Existen varias técnicas para medir la concentración de clorofila a y otros pigmentos fotosintéticos en muestras de agua.

Estos métodos proporcionan información relevante para ese momento y lugar concretos, pero estas "instantáneas" tienen un uso limitado a escala regional o de cuenca oceánica.

Medición de la biomasa fitoplanctónica



Colecta de agua



Filtración



Clorofila-a

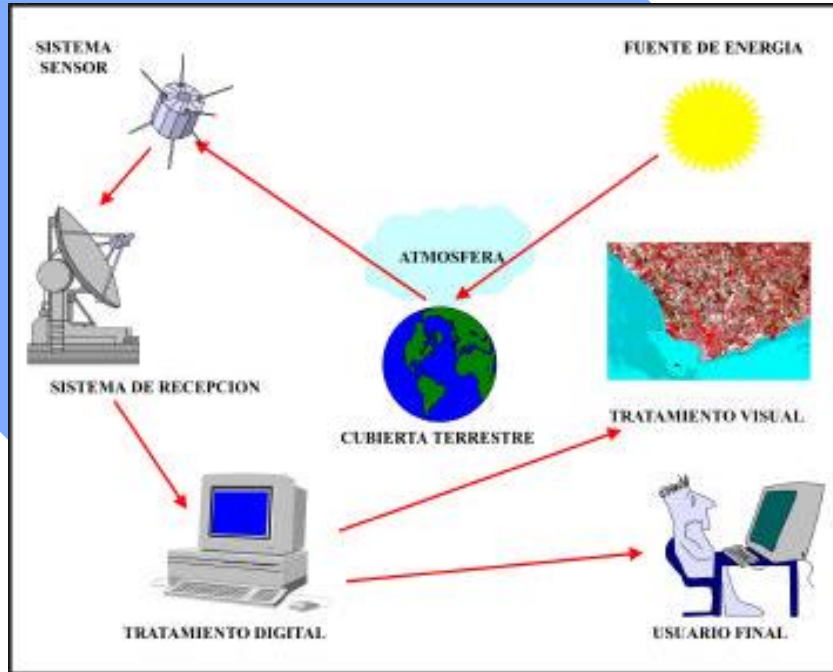


Absorción de
Material particulado



Absorción de CDOM

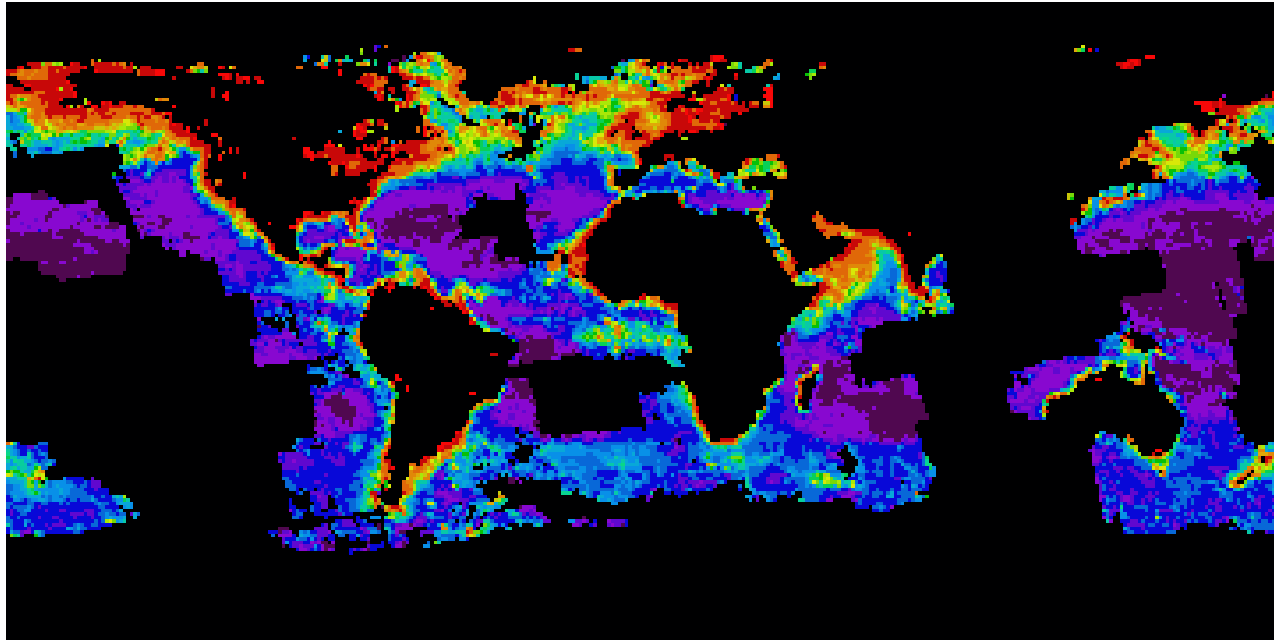
Proceso de captación de la señal remota



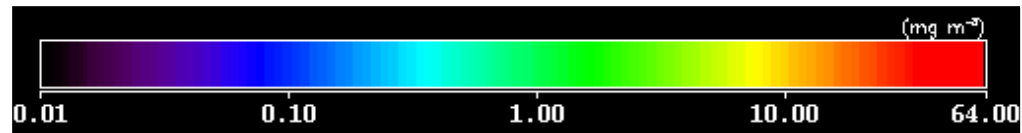
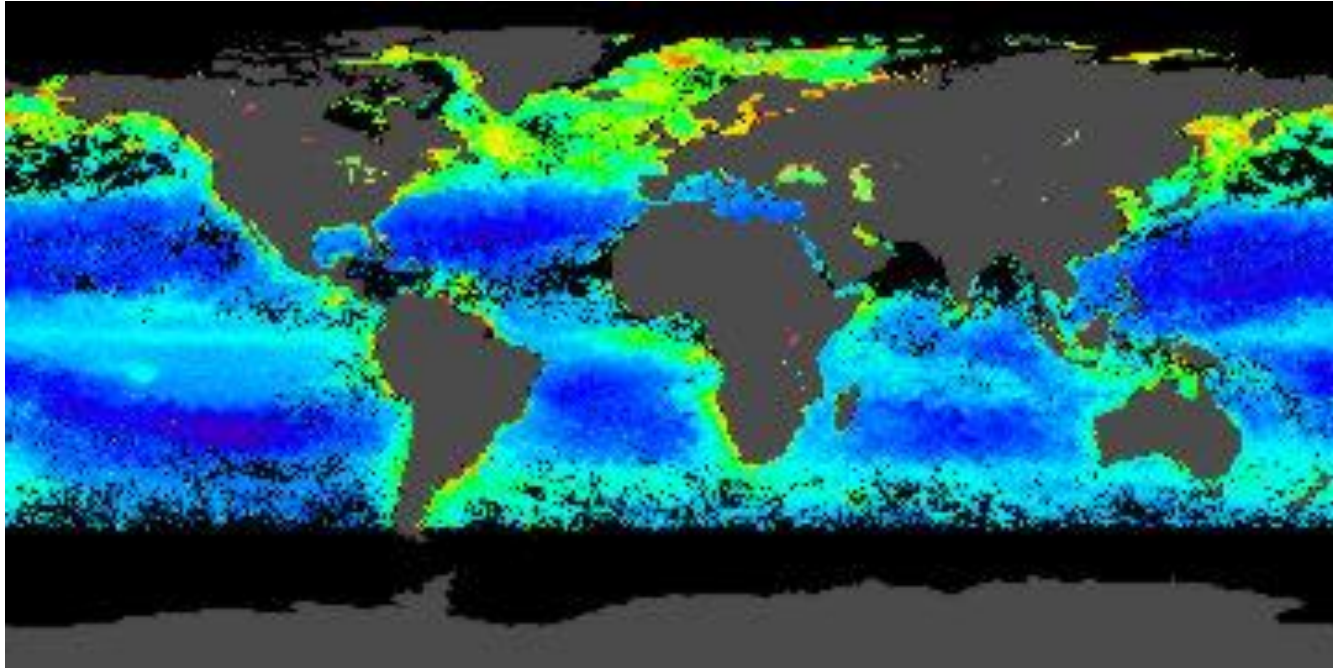
En los últimos 30 años, nuestra comprensión de la distribución espacial y temporal de la biomasa del fitoplancton se ha revolucionado por la medición del color del océano desde los satélites que orbitan la Tierra.

Estos instrumentos proporcionan mediciones durante un corto período de tiempo de una gran área, lo que no es posible desde plataformas como los barcos.

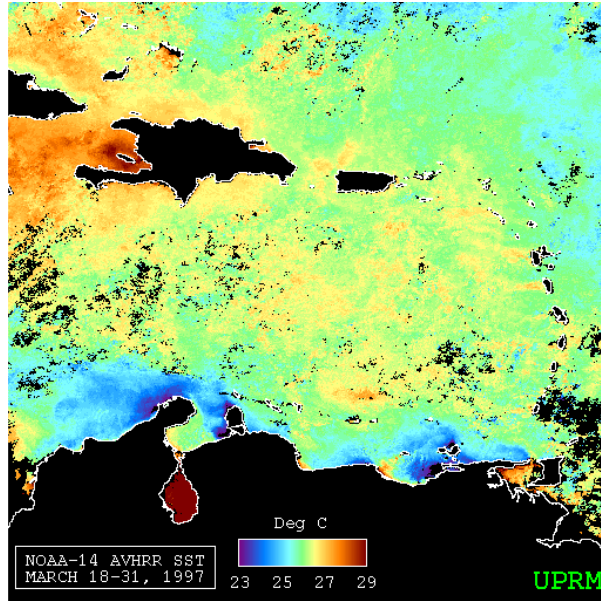
Composición Mensual del CZCS durante Setiembre 1979



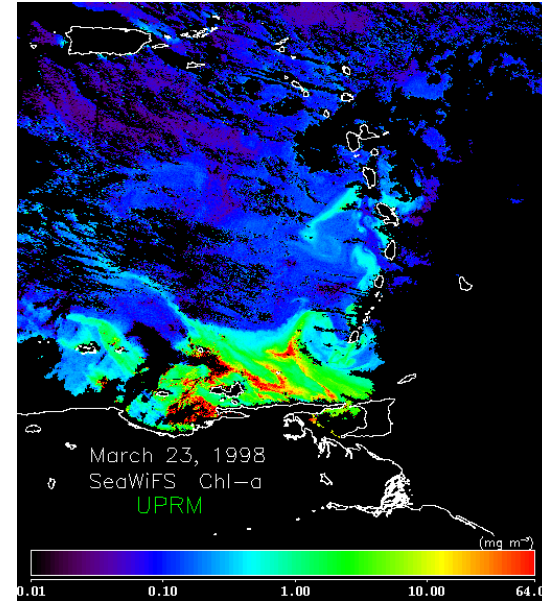
Estimación global de la clorofila fitoplanctónica empleando datos SEAWIFS



Surgencias costeras en el Mar del Caribe

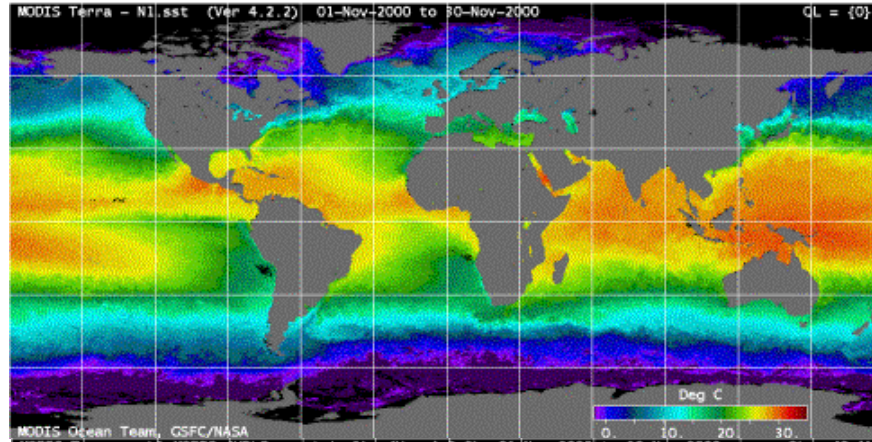


AVHRR
Temperatura superficial
del océano



SeaWiFS
Clorofilal-a

**Temperatura superficial
(°C)**



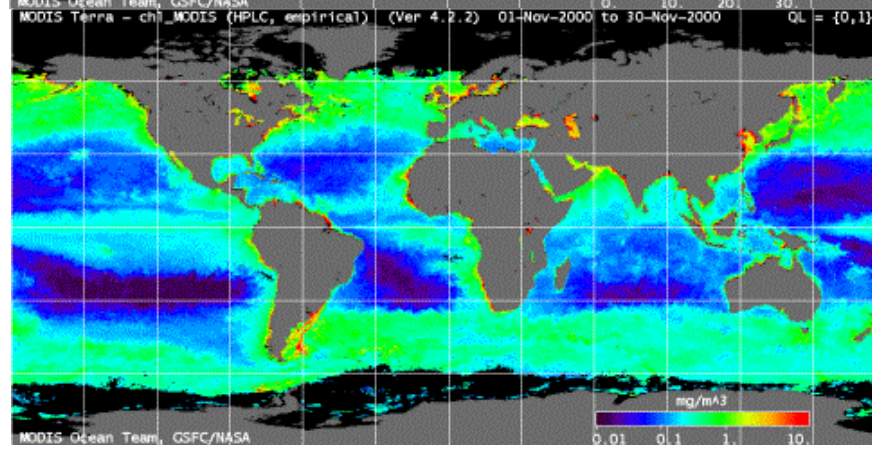
**MODIS
TERRA
1999**



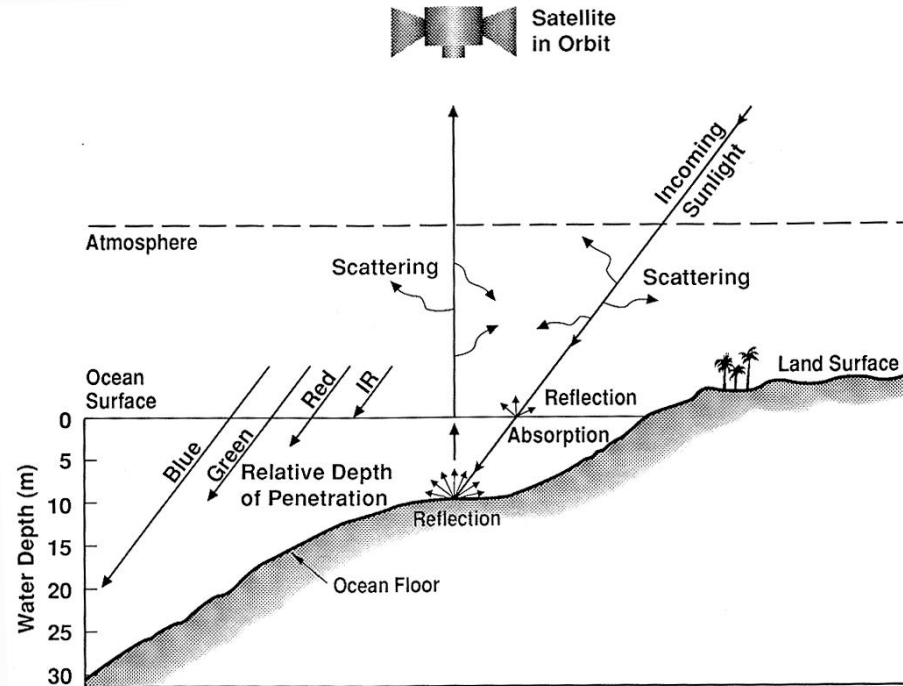
**MODIS
AQUA
2002**



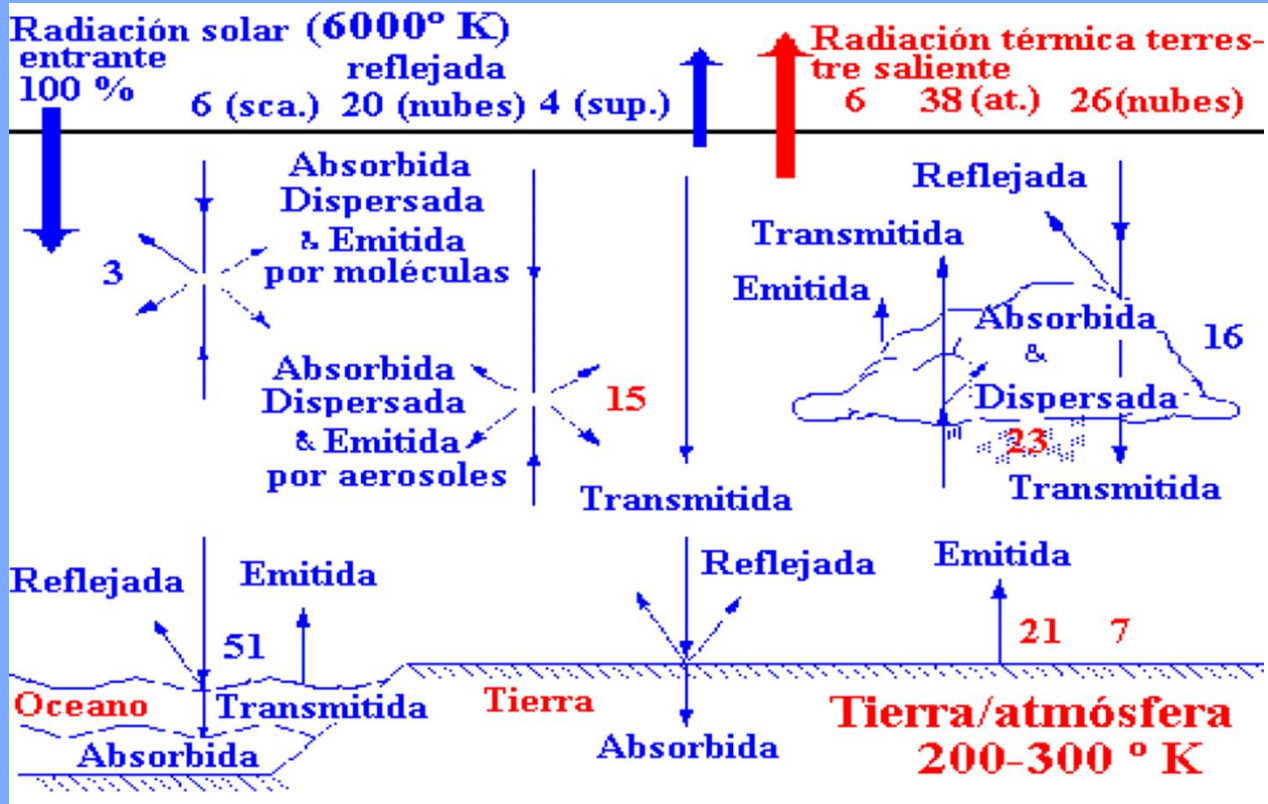
**Clorofila-a fitoplanctónica
(mg m³)**



Procesos que afectan la señal remota

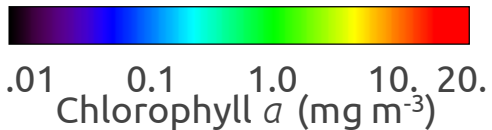


Procesos que afectan la señal remota



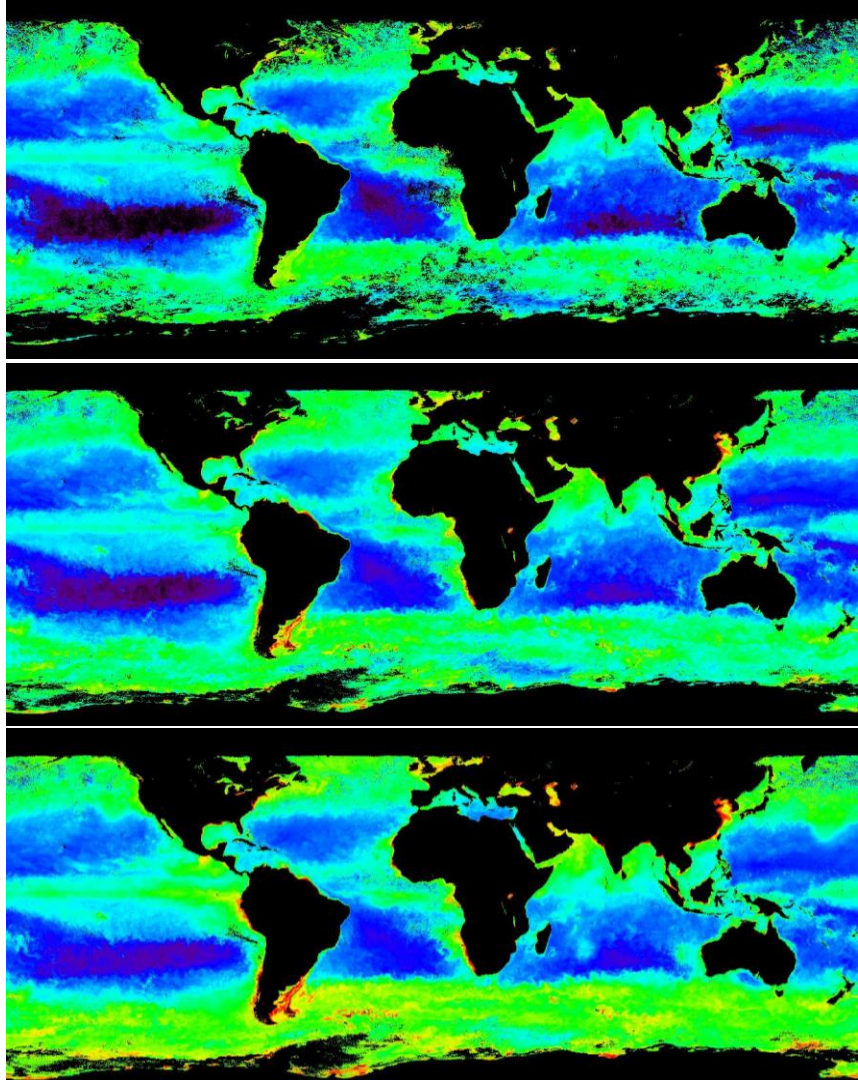
Chlor MODIS (Clark)
Chlorophyll-*a* (empirical)

December, 2000

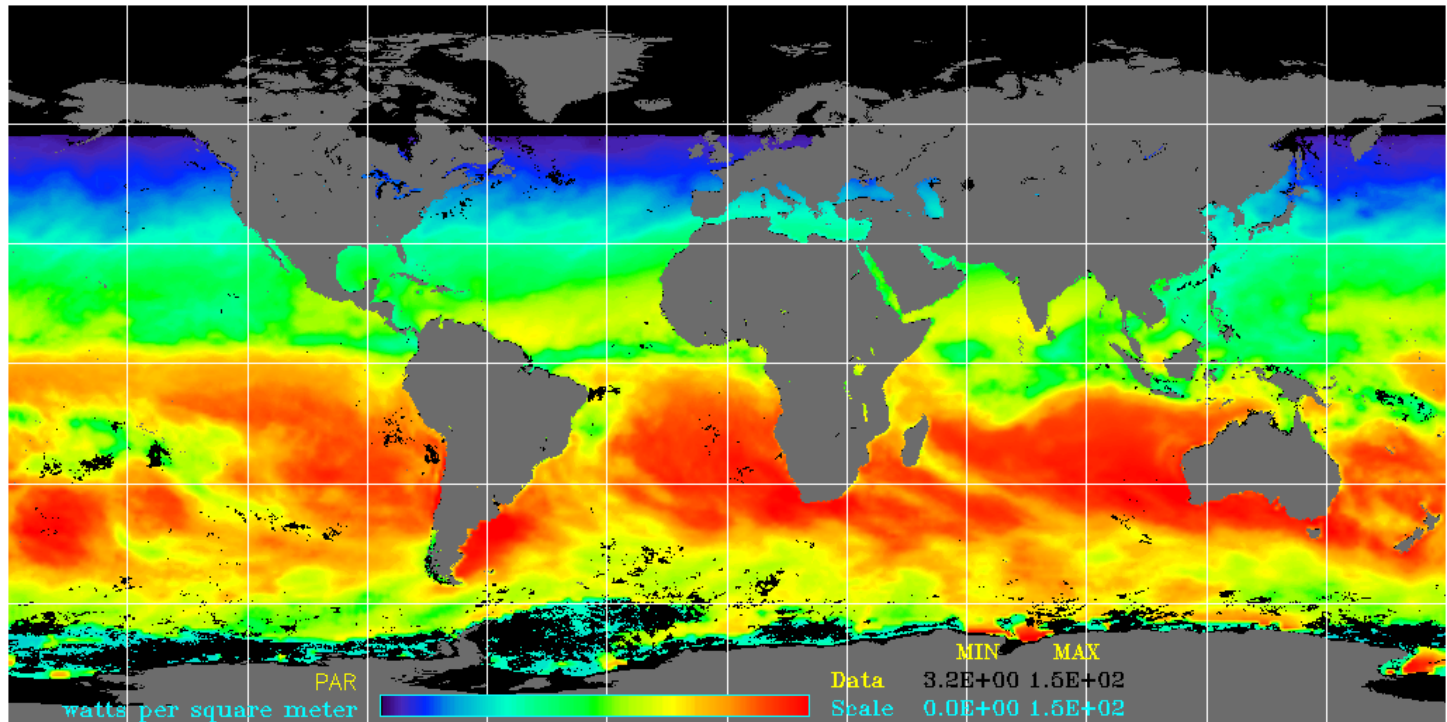


Chlor a2
Chlorophyll-*a* (SeaWiFS analog)
OC3M O'Reilly et al

Chlor_a_3 (Carder)
Chlorophyll-*a* (semi-analytic)
Input for ONPP, Fluorescence
Efficiency

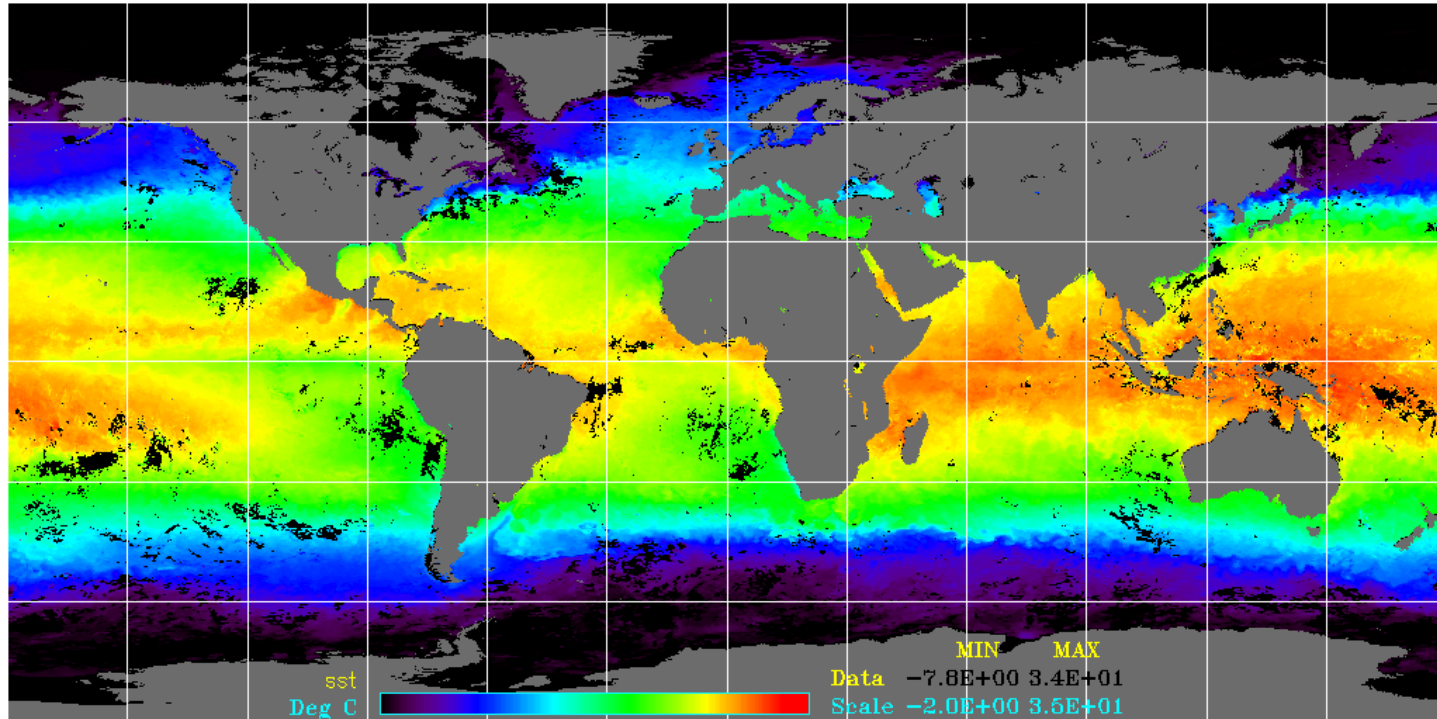


PAR semanal, December 2000



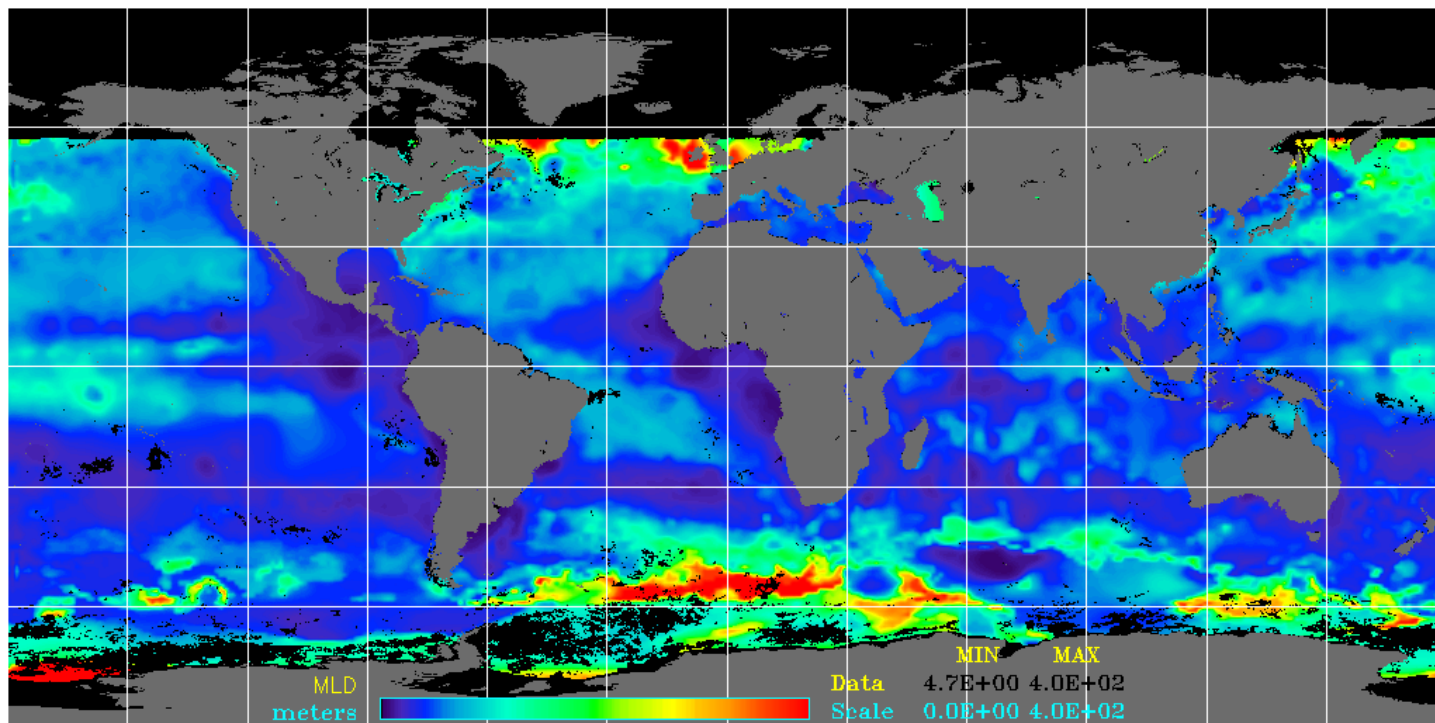
Derived from GSFC Data Assimilation Office GEOS 3.2.5 3 hr retrievals.

MODIS SST December, 2000



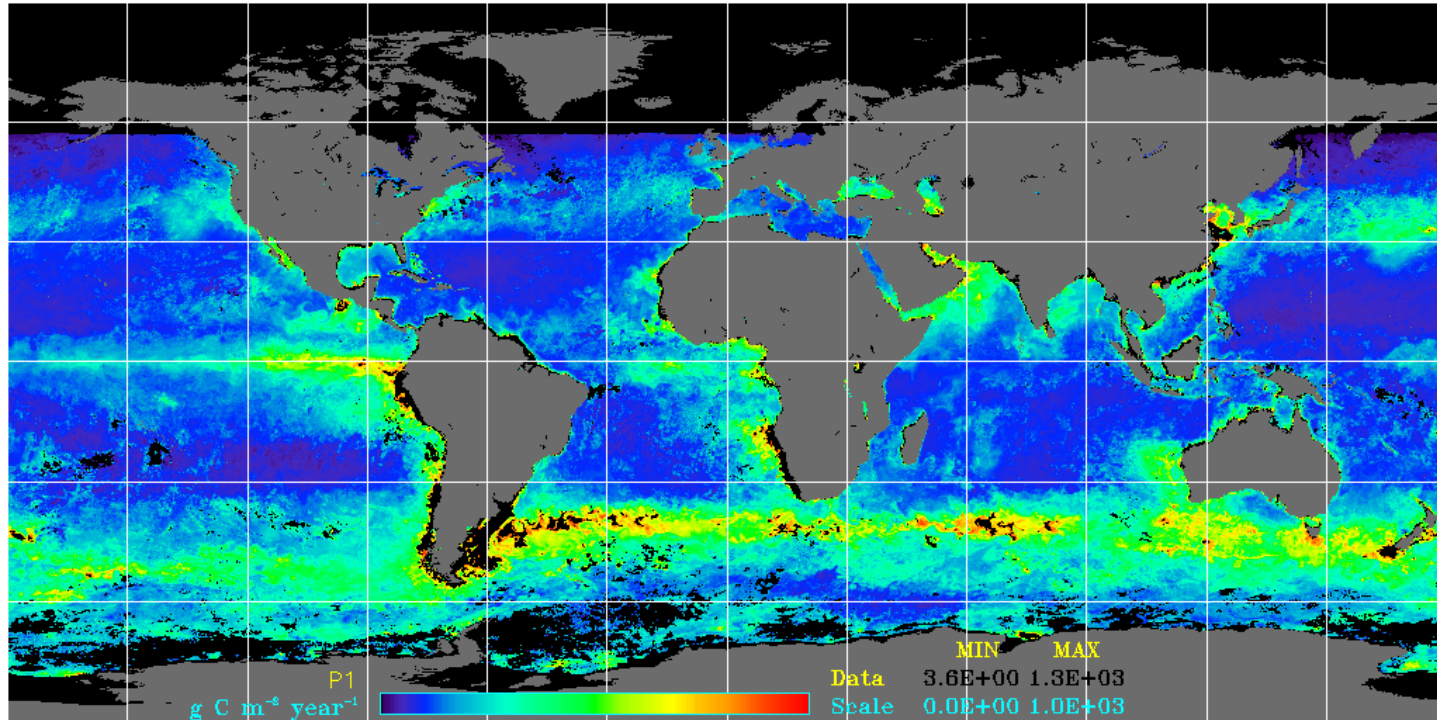
MODIS Daytime 11-12 mm SST D1 Also used for Chlorophyll nut depletion Temp.

Mixed Layer Depth Diciembre, 2000



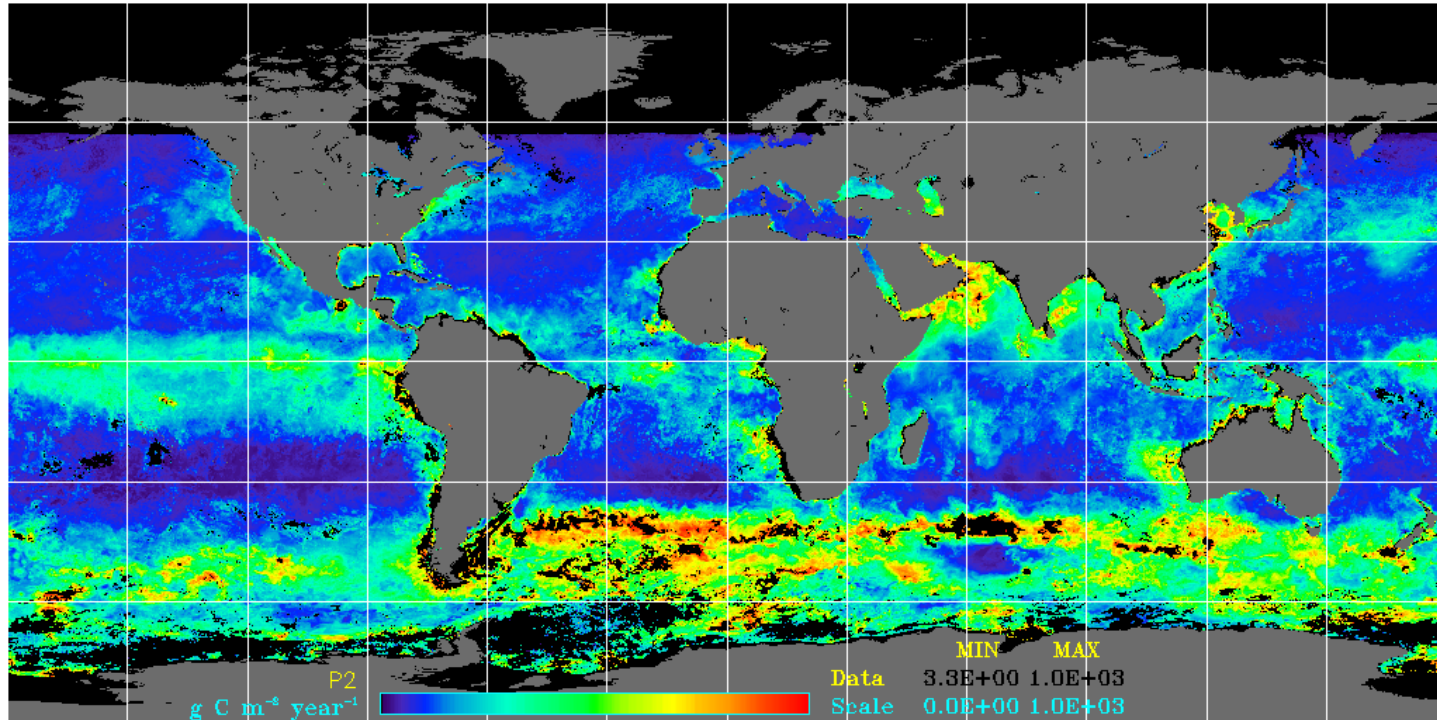
Mixed Layer Depth is averaged from daily values retrieved by Fleet Numerical Monterey Oceanographic Center's (FNMOC) OTIS model, obtained through NOAA-Navy net by GES DAAC.

OPP P1 December, 2000

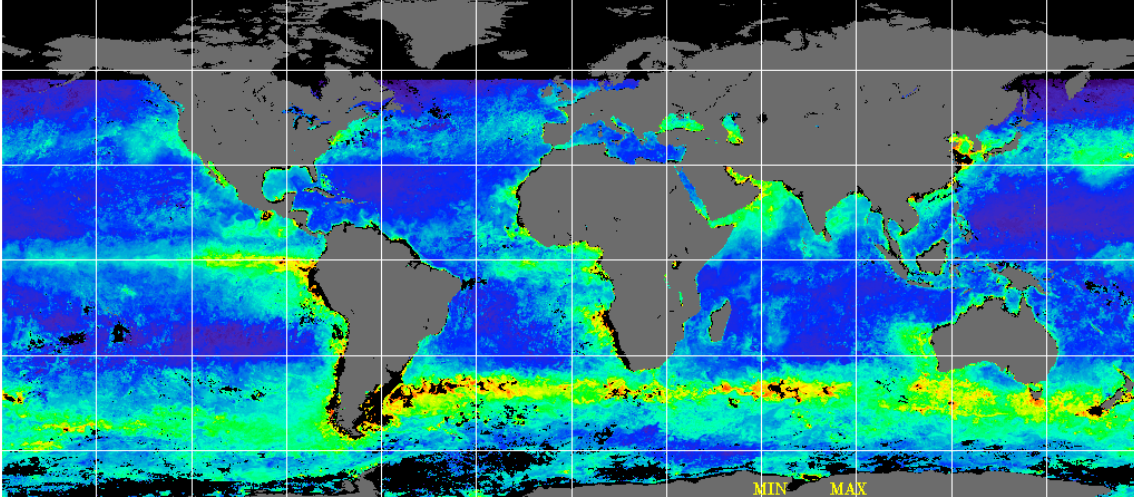


Falkowski Behrenfeld depth integrated model calculates total euphotic zone productivity to 1% surface irradiance. Primary inputs are PAR, SST, Chlor_a_3. Units gm Carbon/m²/yr.

OPP P2 December, 2000



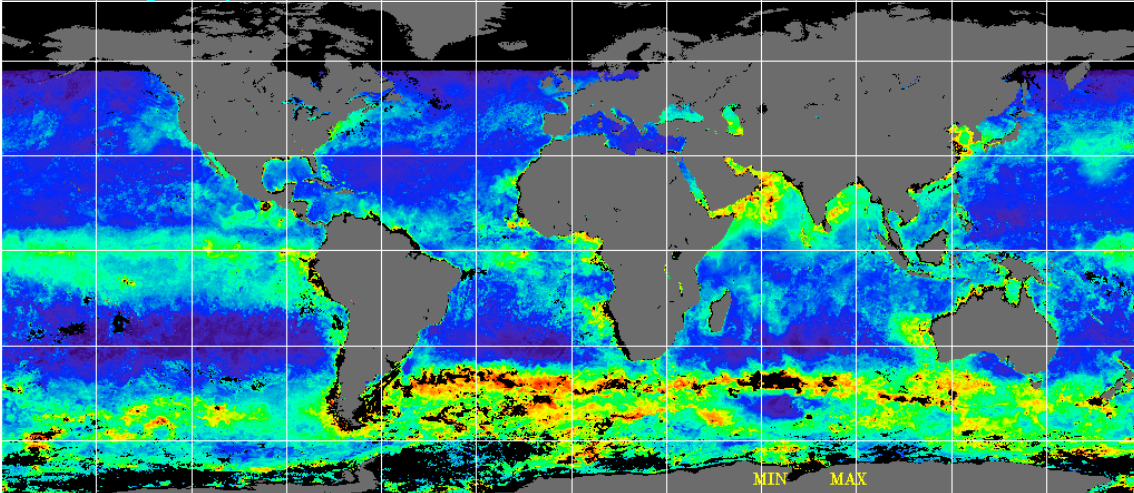
Howard Yoder Ryan model for productivity in the upper mixed layer.



P1
 $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$



	MIN	MAX
Data	3.6E+00	1.3E+03
Scale	0.0E+00	1.0E+03



P2
 $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$



	MIN	MAX
Data	3.3E+00	1.0E+03
Scale	0.0E+00	1.0E+03

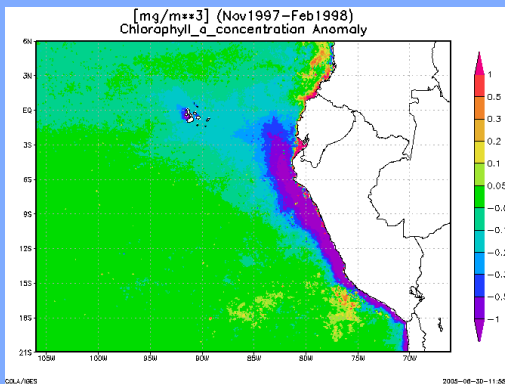
P1
Behrenfeld-
Falkowski

P2
Howard Yoder Ryan

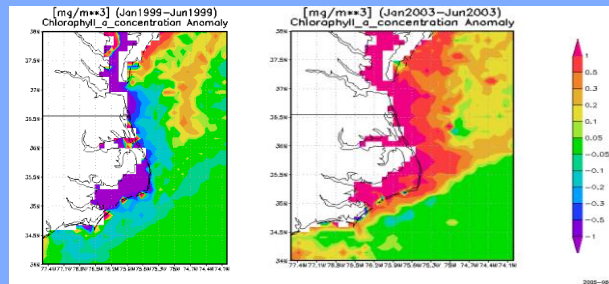
Diciembre, 2000

Análisis de anomalías climatológicas

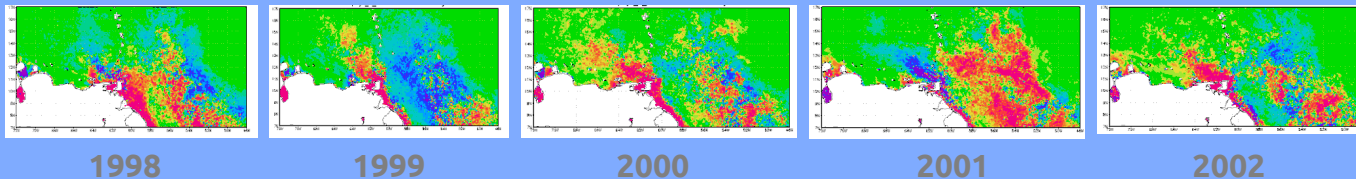
Corriente de Perú, 1997-1998
Winter: Clásico efecto El Niño



Efecto de las lluvias de primavera en la costa este (Acker et al. 2005)

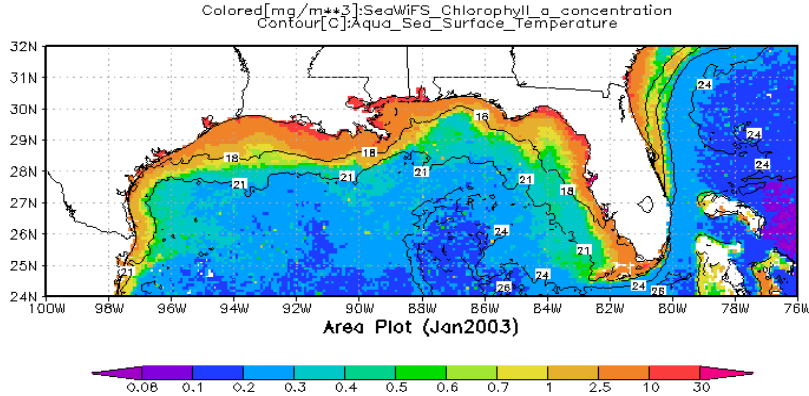


Análisis de anomalías de la pluma estival del río Orinoco

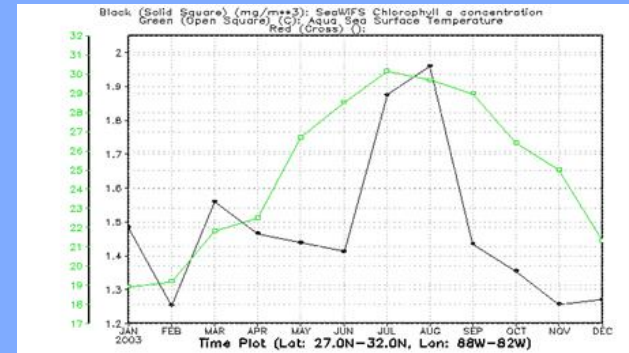


Intercomparación:

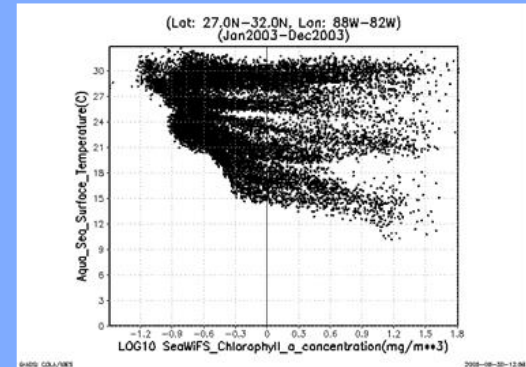
mapas, ploteos de datos, con múltiples instrumentos



Gulf of Mexico, January 2003:
SeaWiFS chlorophyll (color)
MODIS-Aqua SST (contour)
Box for plots at right



Time Plot, 2003, SST (green)
and chlorophyll (black)



Scatter plot, 2003, SST vs.
Log₁₀ chlorophyll

Altura media global de la superficie del mar, vientos, profundidad de la nutriclina y producción primaria.

(a) Altura dinámica, calculada a partir del producto CNES-CLS09 v1.1 para 1993-1999; son claramente visibles los contornos ajustados de las corrientes rápidas de la frontera occidental y de las corrientes de deriva del viento del oeste y de los giros subtropicales son claramente visibles.

(b) Velocidad media del viento (colores) con vectores de dirección y velocidad (flechas), calculados a partir del producto QuickSCAT mensual de 25 km de resolución para agosto de 1999-julio de 2008; las velocidades medias del viento más altas en las altas latitudes y los oficios estables son evidentes.

(c) Profundidad de la nutriclina, estimada como la profundidad donde hay un aumento de $1 \mu\text{molar}$ de nitrato con respecto a la superficie; la menor profundidad de la nutriclina a lo largo de los límites costeros, el ecuador y las latitudes altas contrasta con la nutriclina profunda de los giros subtropicales.

(d) Producción primaria, calculada a partir del producto VGPM SeaWiFS para septiembre de 1997-diciembre de 2007 en Las ubicaciones de las series temporales in situ presentadas en la revisión se en el mapa de productividad primaria.

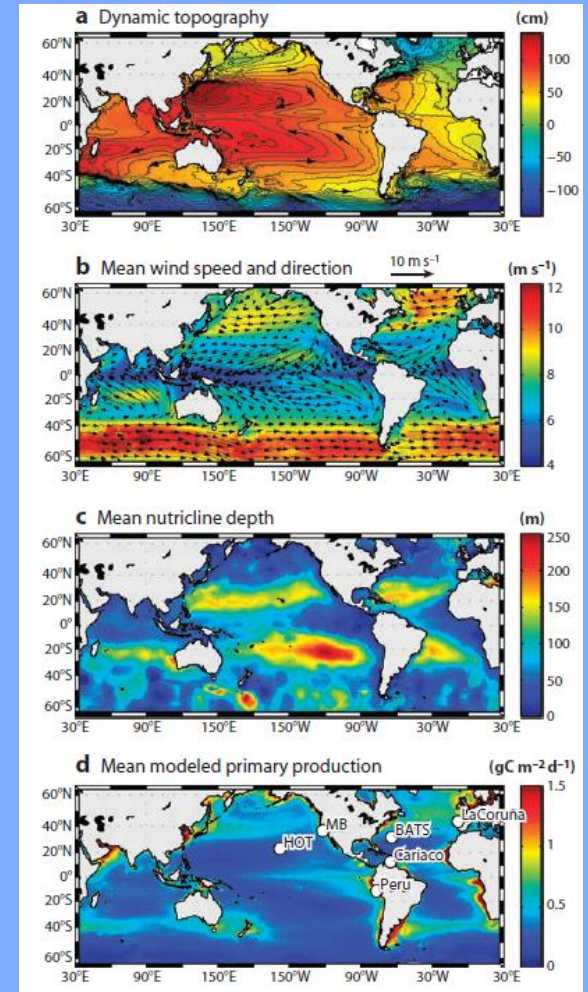


Table 1 Comparison of average surface and integrated values for the open ocean and coastal time-series stations shown in Figures 1d and 3^a

	BATS Open Ocean	HOT Open Ocean	La Coruña Coastal	Monterey Bay Coastal	Cariaco Coastal	Peru Coastal	Open Ocean	Coastal	Coastal/ Open Ocean
Surface primary productivity (mg C m ⁻³ d ⁻¹)	6.7 (0.4–28, ±4.8, n = 274)	6.6 (2–25, ±2.5, n = 198)	199 (0.7–2212, ±302, n = 1,005)	140 (3.5–1481, ±165, n = 4153)	63 (3.4–814, ±85, n = 302)	143	6.7	136	20.3
Integrated PP (mg C m ⁻² d ⁻¹)	441 (49–1041, ±179, n = 290)	436 (154–898, ±133, n = 190)	1,713 (33–7054, ±2542, n = 205)	1,434 (126–7286, ±1,137, n = 1199)	1296 (63–6928, ±884, n = 153)	3580	437	2006	4.6
Surface chlorophyll (mg m ⁻³)	0.11 (0.02–0.46, ±0.09, n = 289)	0.08 (0.03–0.23, ±0.02, n = 520)	2.4 (0.07–22, ±2.6, n = 1,244)	3.4 (0.08–26, ±3.6, n = 2,515)	0.8 (0.06–7.3, ±1.2, n = 316)	2.6	0.1	2.3	23
Integrated chlorophyll (mg m ⁻²)	21 (1–66, ±10, n = 227)	18.6 (1–35, ±4.8, n = 413)	79 (5.1–317, ±75, n = 221)	59 (9.9–238, ±39, n = 1,200)	41 (11–217, ±36, n = 158)	111	13.3	72.5	5.5
Surface PP per unit chlorophyll (mg C mg chl ⁻¹ d ⁻¹)	61.9	82.6	84.5	40.9	81.6	56	72.3	65.8	0.9
Integrated PP per unit chlorophyll (mg C mg chl ⁻¹ d ⁻¹)	21	25	21.8	24.3	31.4	32.3	32.8	27.5	0.8

^aAlso shown are standard deviations, number of samples, and minima and maxima for each station/region. The BATS and HOT data were integrated to 150 m. The mean for the open ocean and coastal biomes are shown at the right with the ratio of coastal to open ocean. Coastal surface values are 20 times those of the open ocean whereas integrated values are only 3–4 times. Abbreviations: BATS, Bermuda Atlantic Time-series Study; HOT, Hawaii Ocean Time-series; PP, primary production.

Las **diferencias de clorofila superficial y PP** entre los hábitats eutróficos y oligotróficos pueden ser de más de 2 órdenes de magnitud

- afloramiento costero $>10 \text{ mg Chl m}^{-3}$, $>1 \text{ g C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$;
- giros subtropicales del océano abierto $<0,05 \text{ mg Chl}$, $<5 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$

Como resultado, la **clorofila y la PP integradas en la costa y en el océano abierto** sólo difieren en un factor de 3 a 4; la mayor parte de la PP global (80%) se produce, por tanto, en el océano abierto debido a su superficie mucho mayor.

Tanto la clorofila como la **PP integradas en la superficie y en la columna de agua** se estiman a menudo, pero la PP integrada es más difícil de medir dada la necesidad de simular las condiciones de crecimiento en la zona eufótica (al 1% o al 0,1% de intensidad luminosa en la superficie).

CICLOS ANIDADOS

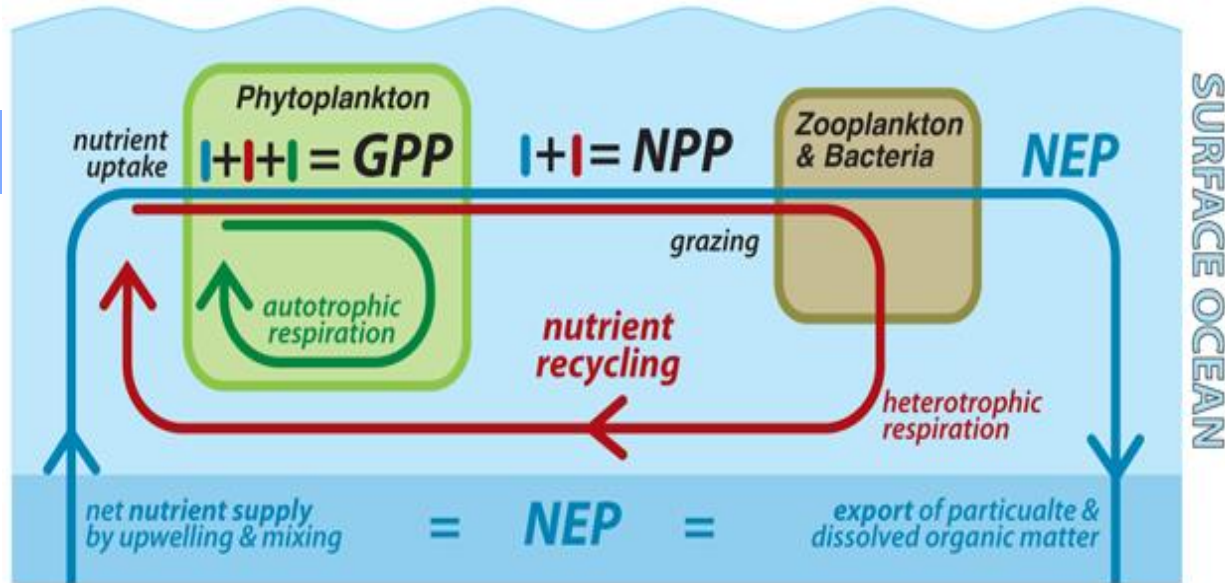
CICLO AZUL

NEP

PRODUCCIÓN
NETA DEL
ECOSISTEMA

PROD.
EXPORTACIÓN

NUEVO
SUMINISTRO
NUTRIENTES



CICLO ROJO

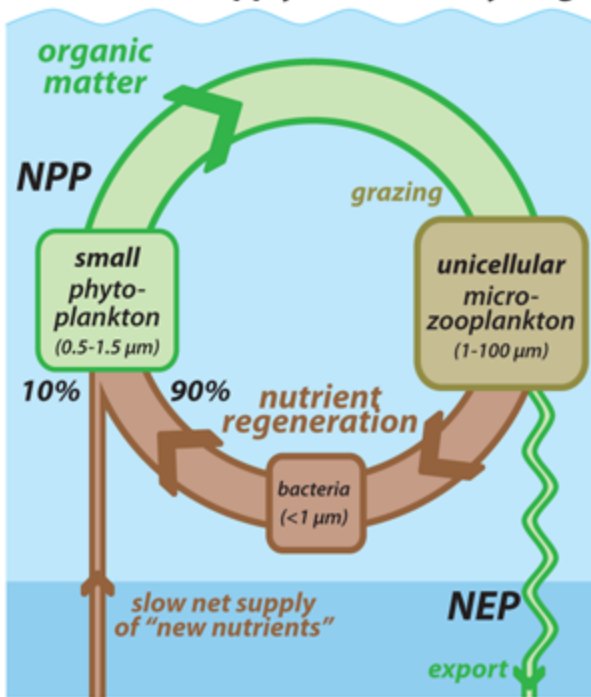
RECICLADO
NUTRIENTES

CICLO VERDE

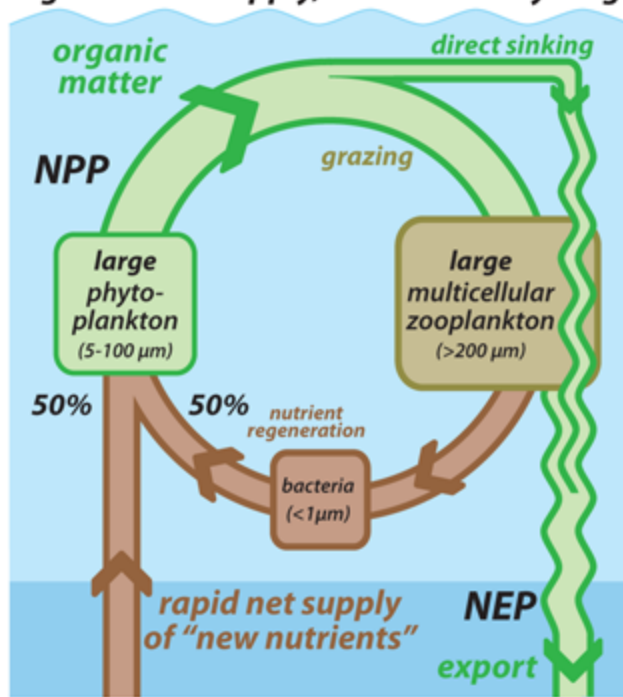
RESPIRACIÓN
INTERNA DEL
FITOPLANCTON

La productividad en el océano superficial, las definiciones utilizadas para describirla y sus conexiones con el ciclo de los nutrientes.

low nutrient supply, efficient recycling



high nutrient supply, inefficient recycling



Factores que afectan a la productividad y a la distribución de los productores primarios

Factores

En primer lugar, el fitoplancton depende del dióxido de carbono, la luz solar y los nutrientes para crecer, pero otros factores como la profundidad del agua, la temperatura del agua, el viento y los herbívoros también desempeñan un papel importante.

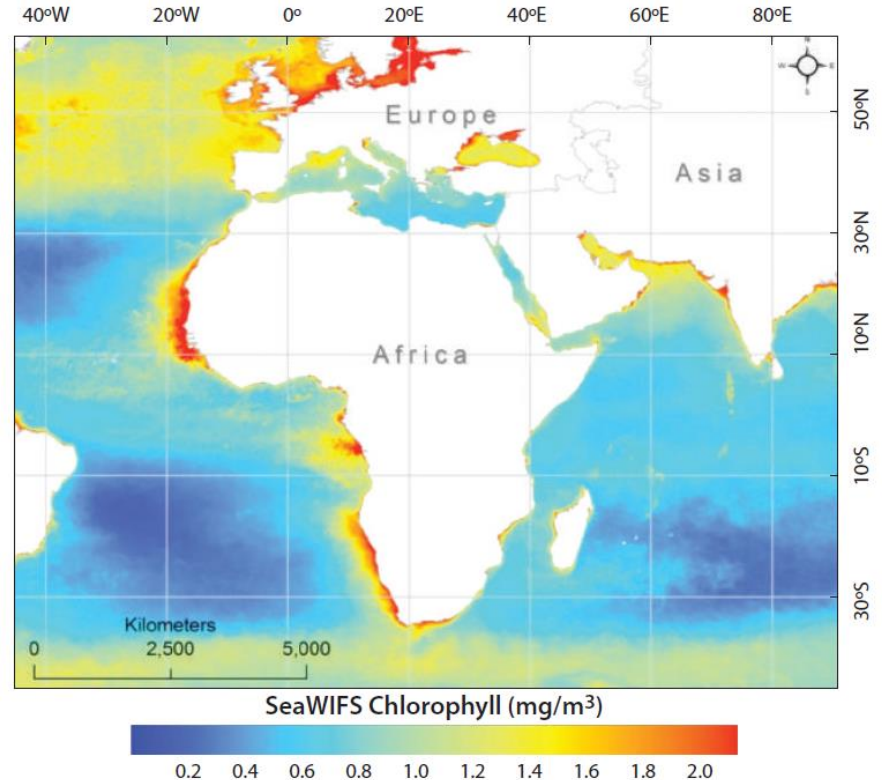
La producción primaria, la distribución del fitoplancton y su abundancia están influidas por varios factores, por lo que varían tanto estacional como espacialmente.

Factores

Media anual calculada (año 2009) de la concentración de clorofila-a (mg m^{-3}) extraída de los datos de satélite (SeaWiFS) para el océano Índico y el océano Atlántico oriental.

Muestra claramente lo oligotróficas que son las aguas del océano Índico occidental en comparación con otras aguas adyacentes que bordean el continente africano (mar de Arabia, mar Mediterráneo y océano Atlántico).

Datos descargados de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) - GIOVANNI Ocean Colour radiometry online visualization and analysis - Global monthly products (<http://www.gdata.sci.gsfc.nasa.gov/>).



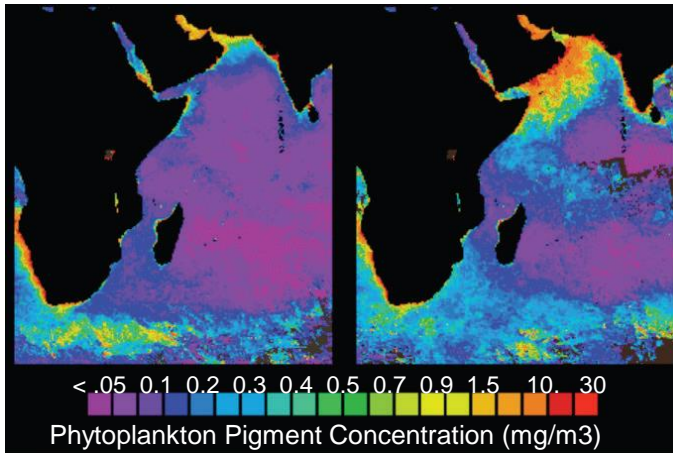
Corrientes oceánicas y circulación

Irradiación y temperatura

Afloramientos / Surgencias

Circulación atmosférica / vientos

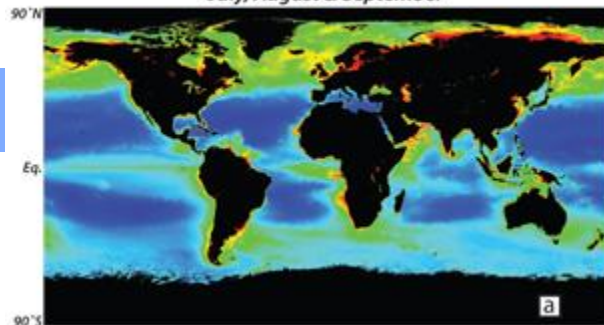
Los cambios monzónicos en el Océano Índico afectan directamente a la biomasa de fitoplancton (Chl-a mg m⁻³).



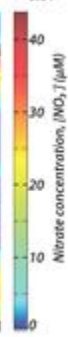
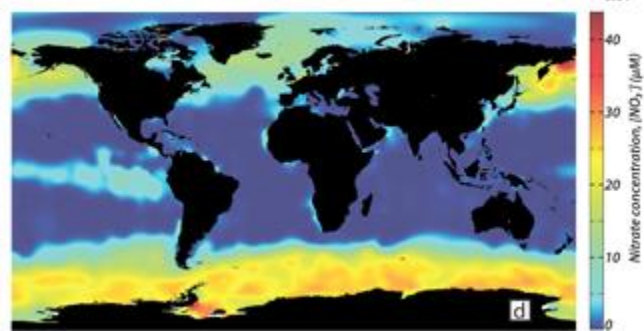
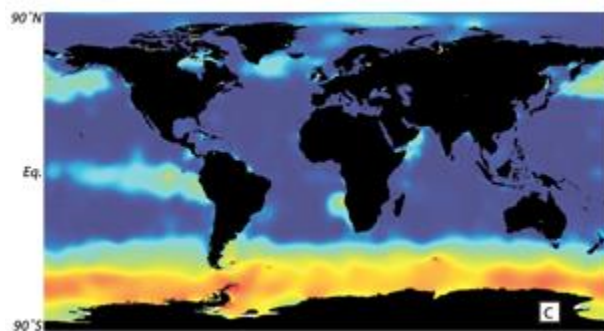
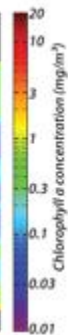
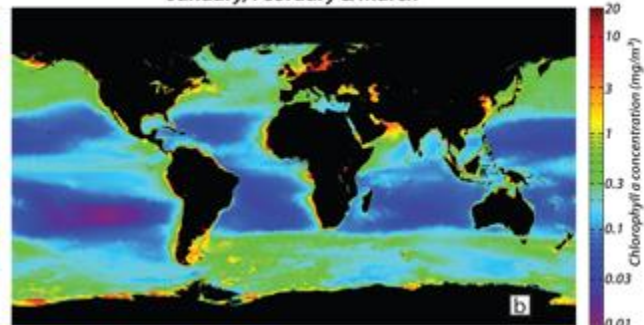
El panel de la izquierda muestra un periodo de calma pre-monzón (composición de mayo-junio); mientras que el panel de la derecha muestra las fuertes condiciones del suroeste en verano con fuertes vientos que generaron el afloramiento de aguas ricas en nutrientes, lo que llevó al desarrollo de condiciones de floración

Fuente: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/education-andoutreach/additional/images/Monsoon.GIF>.

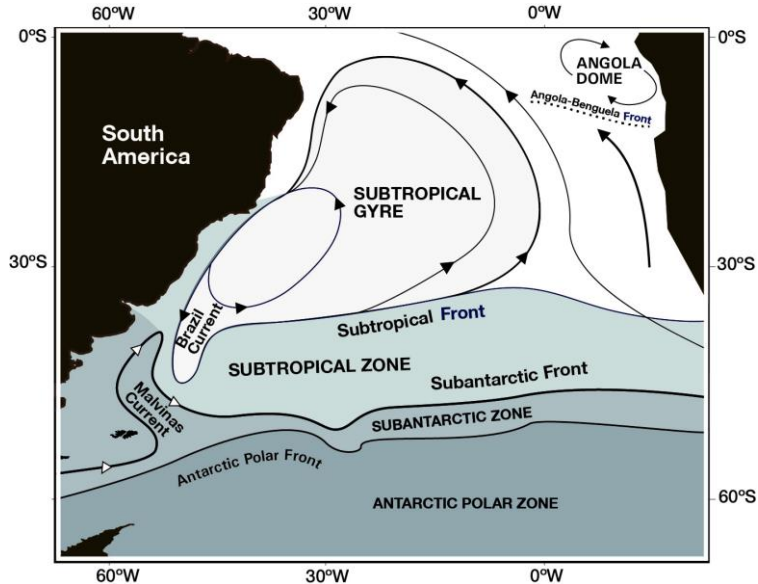
July, August & September



January, February & March



Atlántico Sudoccidental ASO



Procesos oceanográficos y bioproducción

Reporte en un máximo de 2000 palabras los procesos oceanográficos del ASO que influyen directamente en la bioproducción de este Gran Ecosistema Marino (LME).



LA DINÁMICA DEL RÍO DE LA PLATA

Mónica Gómez Erache

Mayo 2021



RIO DE LA PLATA

¿Cómo lo definirían?

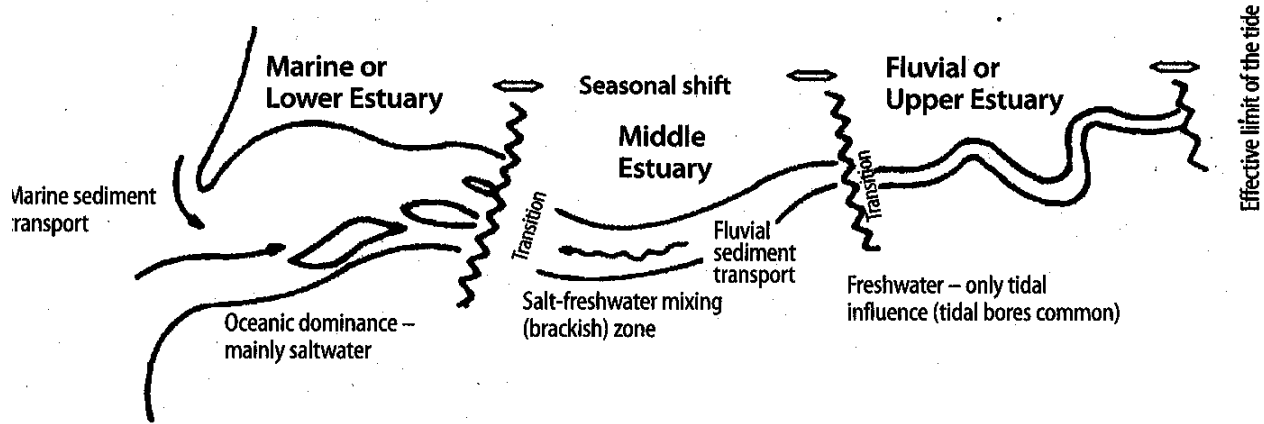
¿Cuáles son sus particularidades más notorias?

¿Creen que es importante?

¿Por qué conocerlo?



SECTORES EN UN ESTUARIO

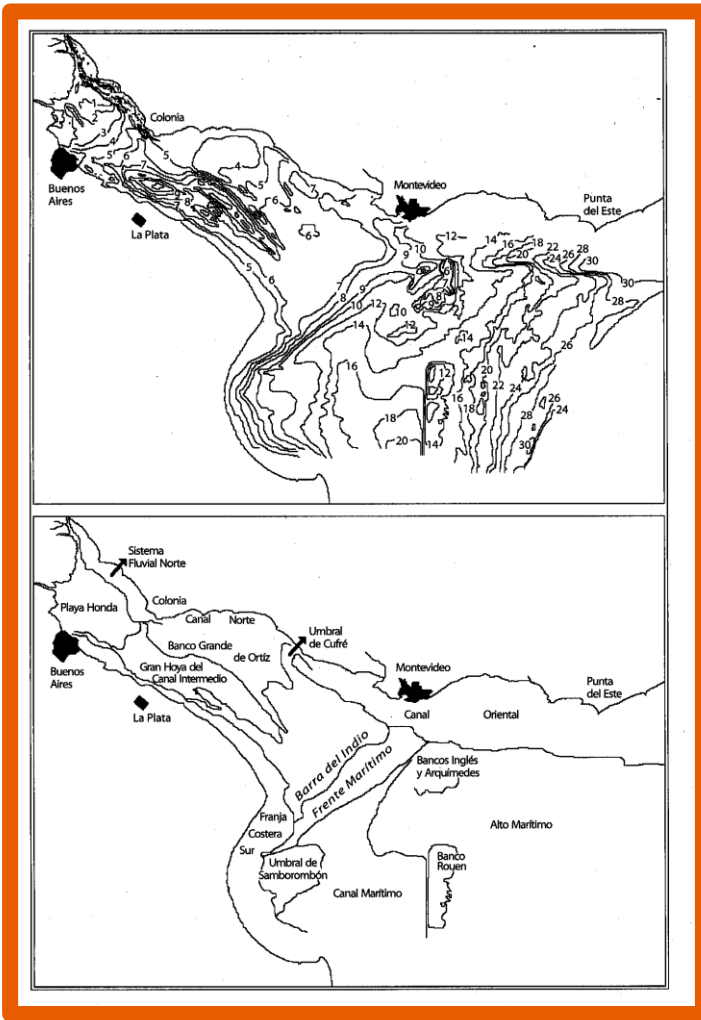


EL RÍO DE LA PLATA



- Drena la segunda cuenca de SA
- Principales tributarios:
Ríos Paraná y Uruguay
- Descarga media anual: $22,000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- Forma de embudo
- Extensión 280 km desde la cabecera hasta la desembocadura
- Ancho en la cabecera: 25 km
- Ancho en la desembocadura: 230 km Pta Rasa - Punta del Este

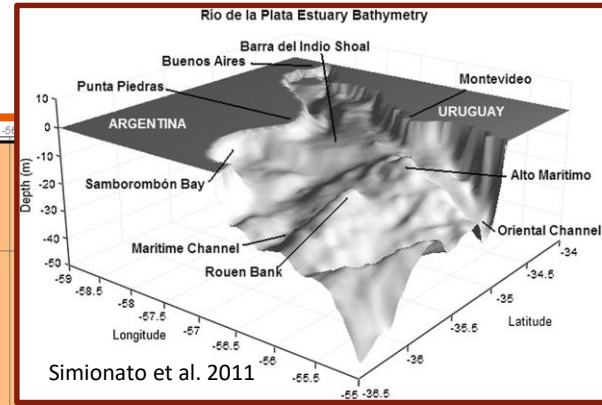




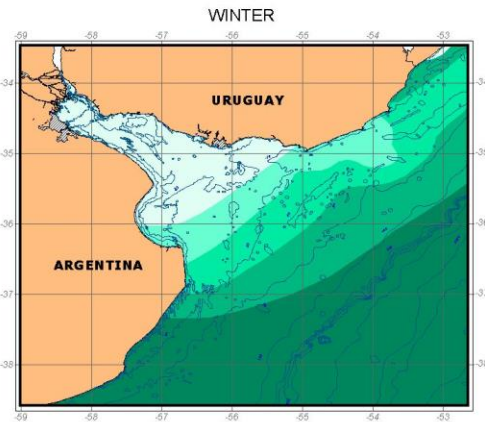
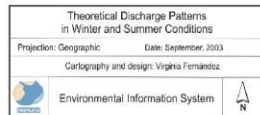
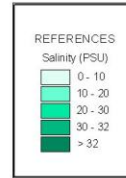
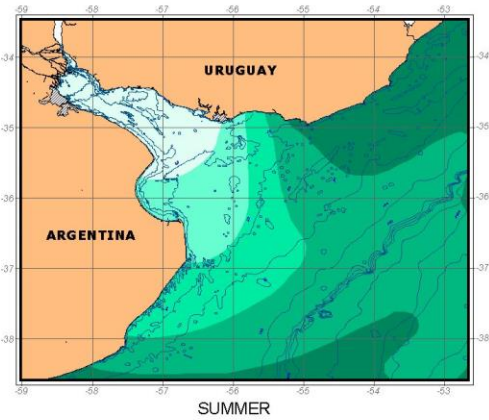
BATIMETRÍA Y GEOFORMAS



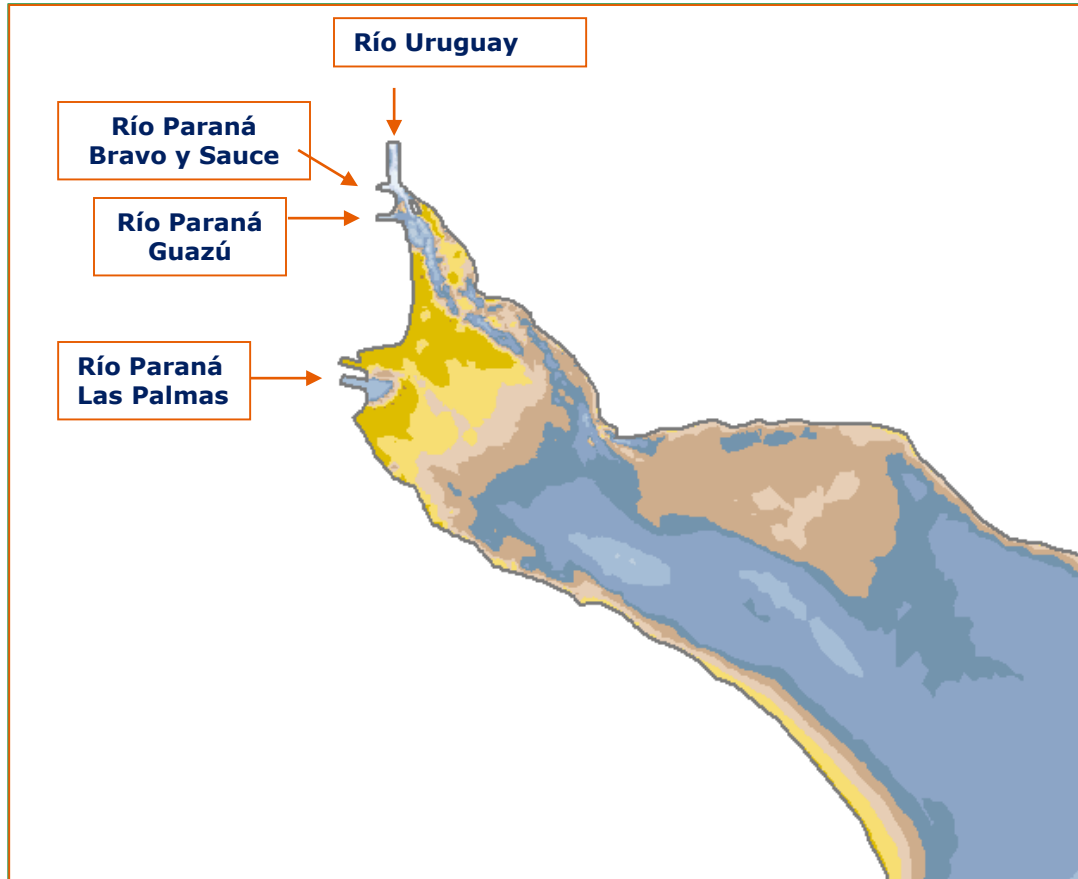
GEOMORFOLOGÍA

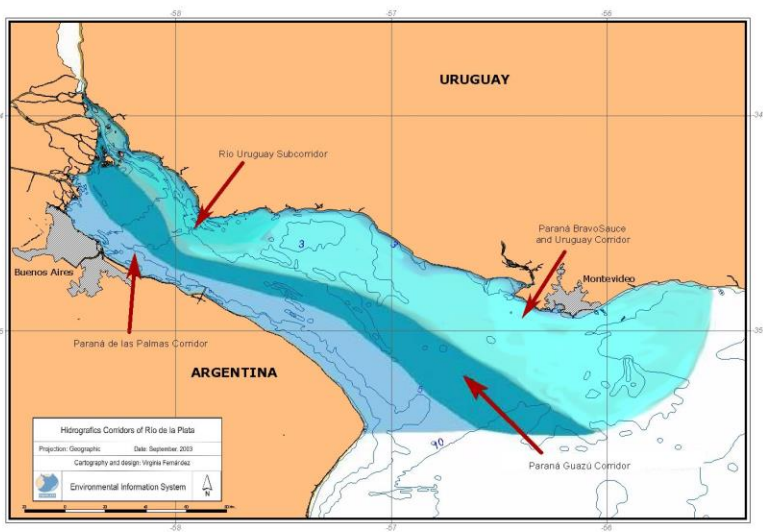


PATRONES DE DESCARGA



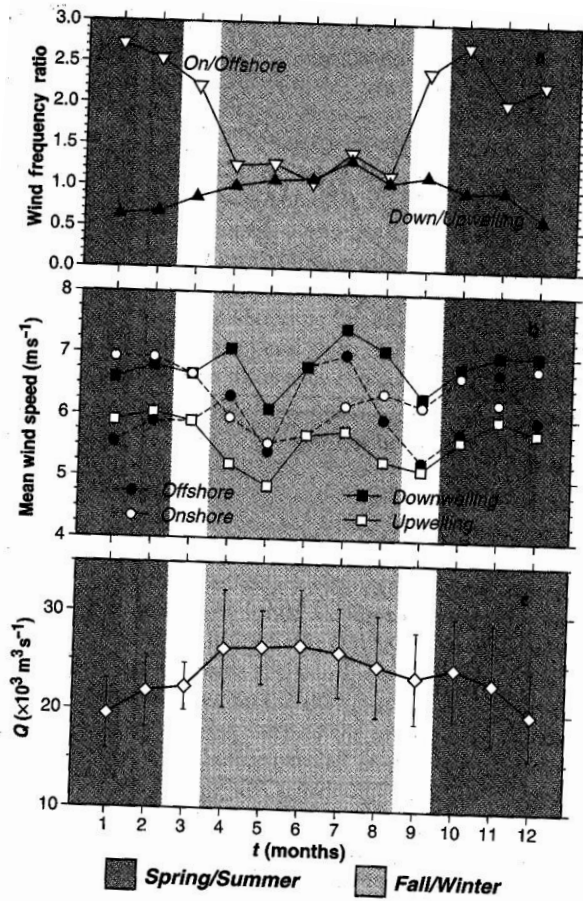
MODELO RMA-2: MODELO HIDRODINAMICO BIDIMENSIONAL INTEGRADO EN VERTICAL





PATRONES DE DESCARGA





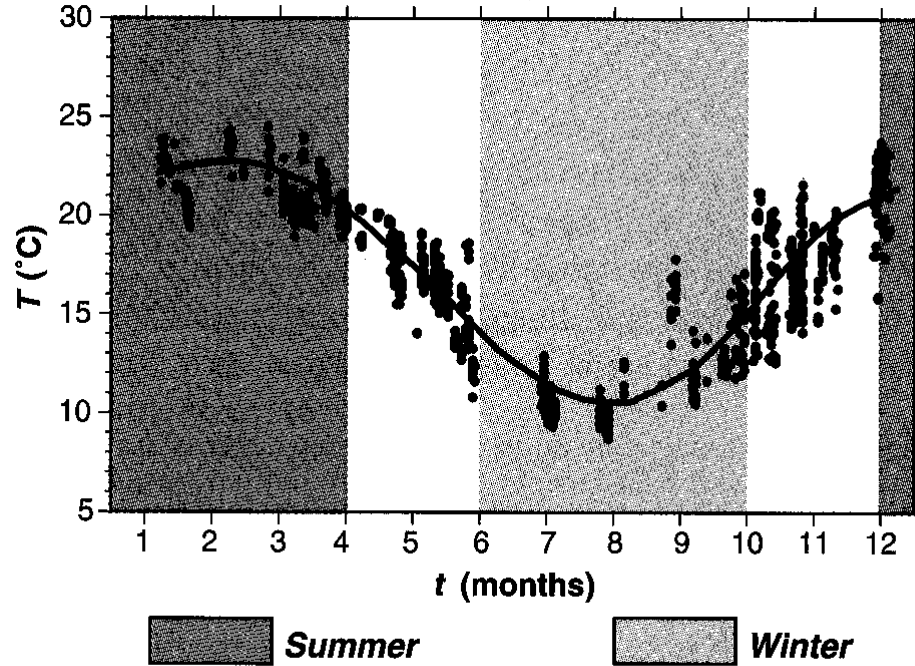
CLIMATOLOGÍA

VIENTOS

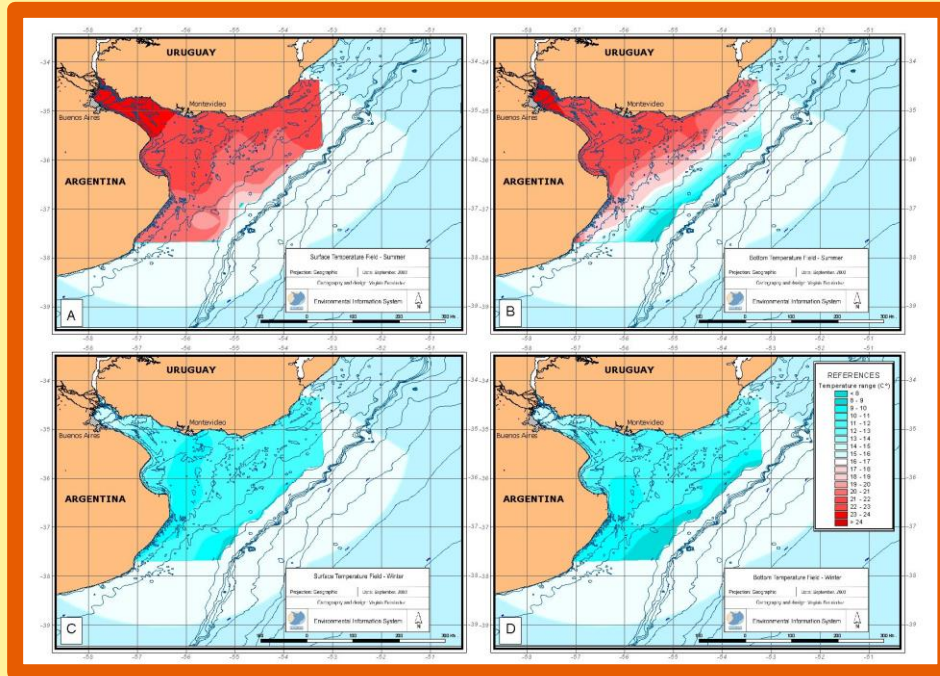


CLIMATOLOGÍA

TEMPERATURA



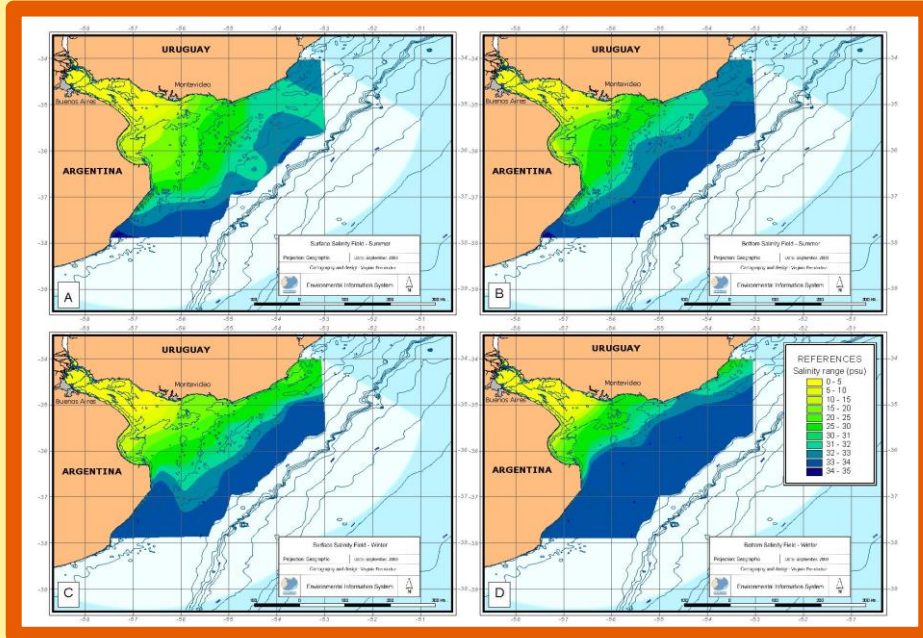
TEMPERATURA



ESTACIONALIDAD

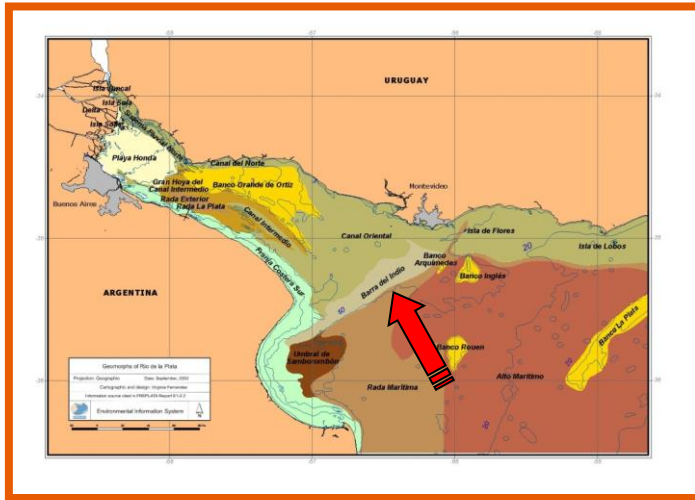


SALINIDAD



ESTACIONALIDAD





FRENTES

- Un accidente sumergido, la Barra del Indio, representa una barrera geomorfológica que divide al RdIP en un sistema interior y exterior

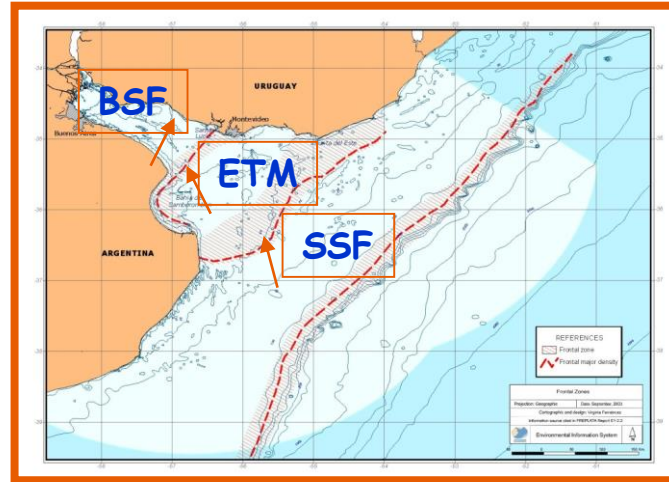
- **SISTEMA INTERIOR FLUVIAL:**

- Influido fuertemente por la marea
- Rango de profundidad 1 - 5 m
- Pendiente suave
- Frente de salinidad de fondo (BSF)

Fuente: Freplata 2005



FRENTES

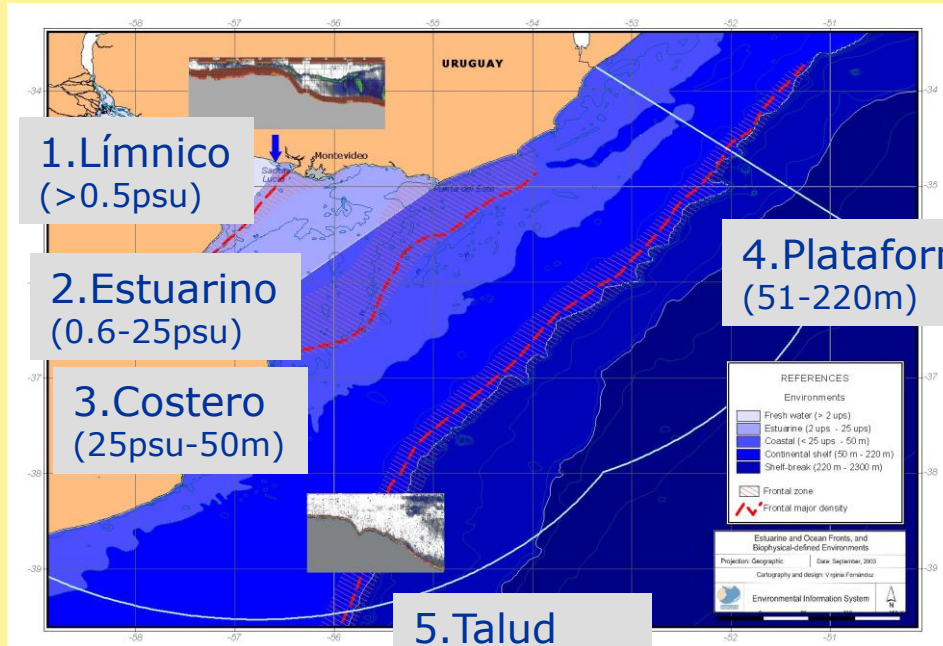


- AMBIENTE ESTUARINO

- Escasa profundidad (max. 20 m)
- Sistema con 2 capas de circulación: haloclina constante a 5m
- Máximo de turbiedad estuarinba (ETM): isóbata 5m
- Frente de salinidad de superficie (SSF)

Fuente: Freplata 2005





1. Límnico
(>0.5psu)

2. Estuarino
(0.6-25psu)

3. Costero
(25psu-50m)

5. Talud
(221-2300m)

4. Plataforma
(51-220m)

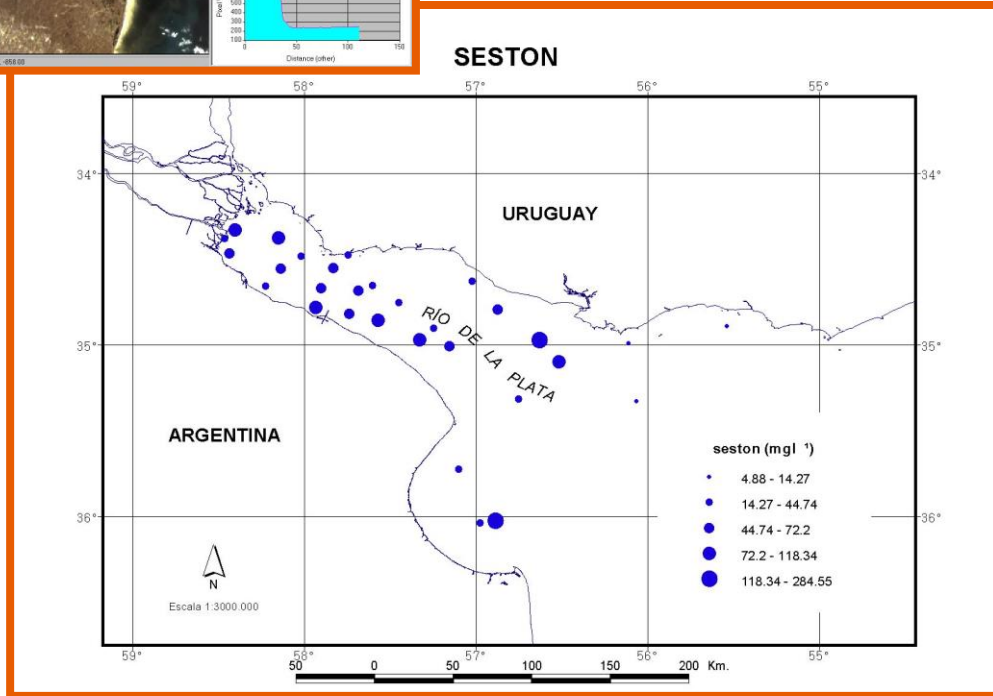
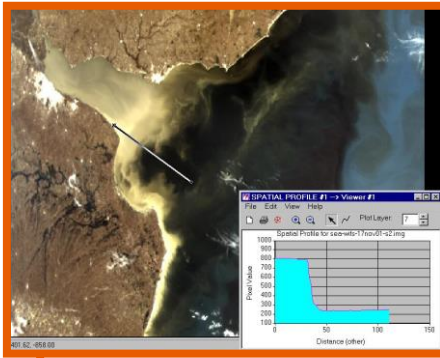
GRADIENTE AMBIENTAL

SALINIDAD

PROFUNDIDAD

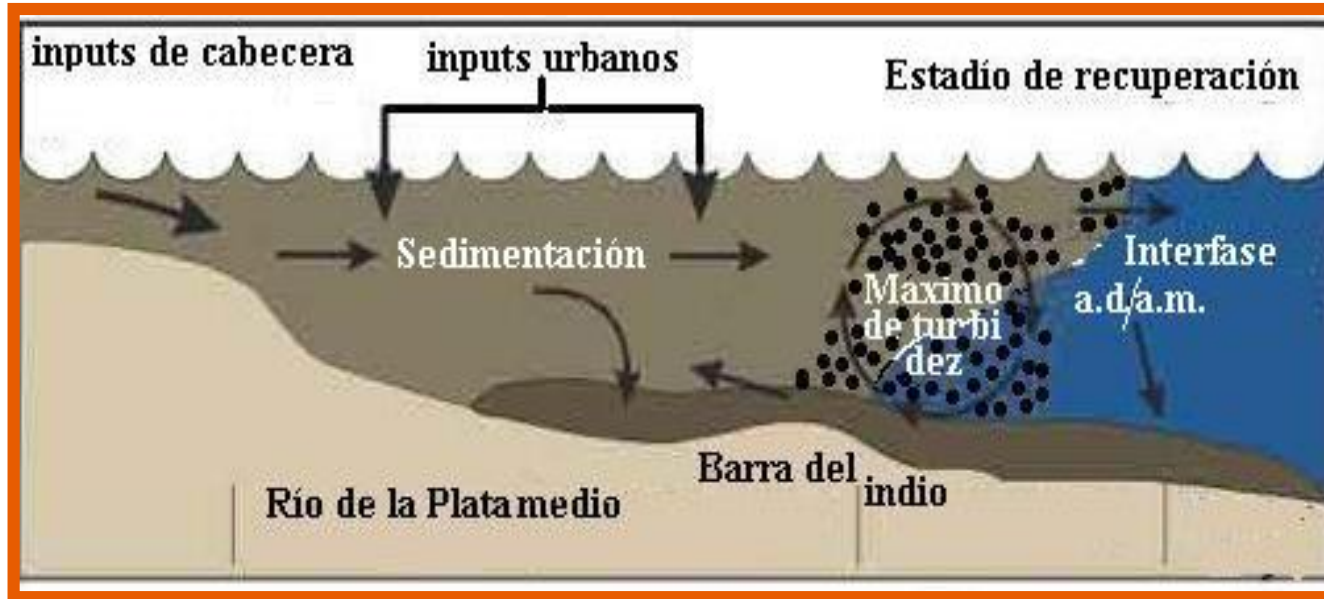


SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

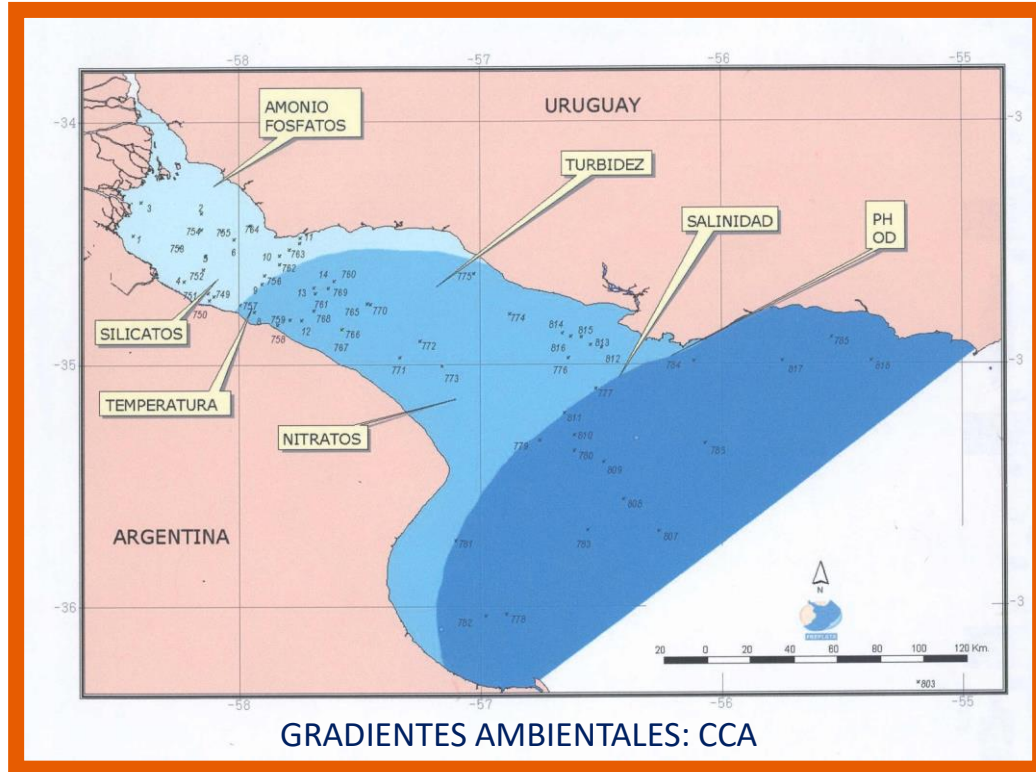


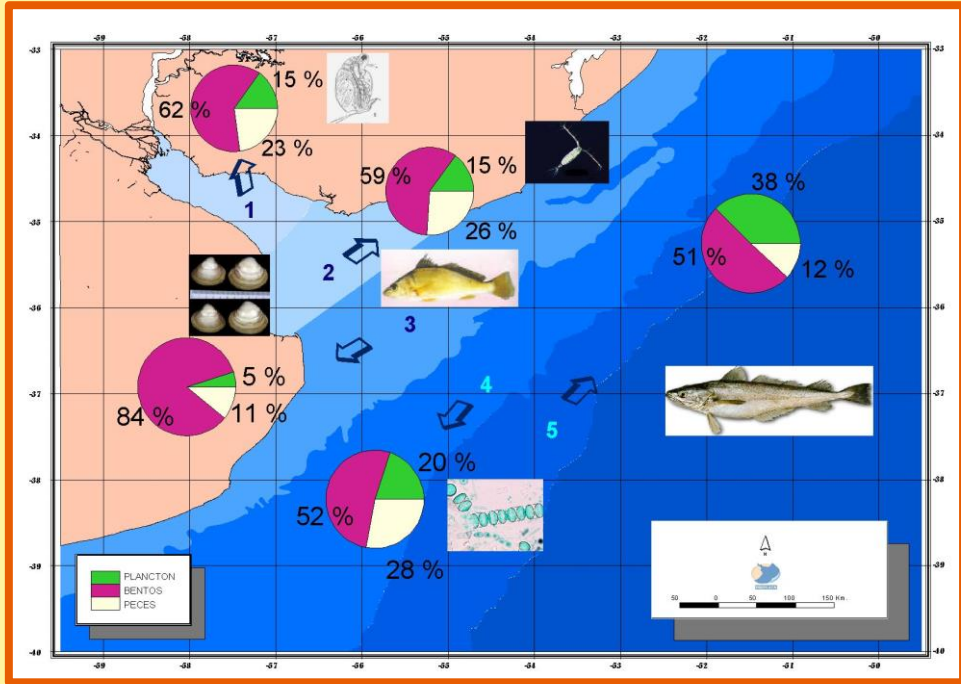
• SESTON: 4.88-284.55 mg l⁻¹

SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN



PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS





PROCESOS BIOLÓGICOS

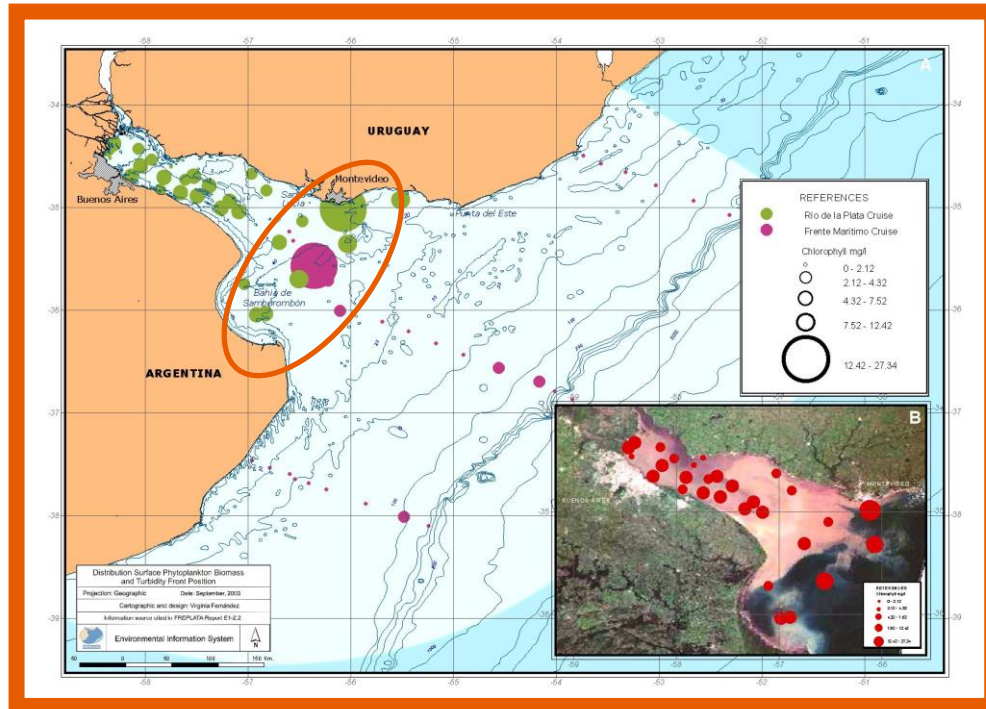
PLANCTON

BENTOS

NECTON



PROCESOS BIOLÓGICOS: PLANCTON



- Los valores estimados para el RdIP son muy variables y dependen de las condiciones físico-químicas del sistema.

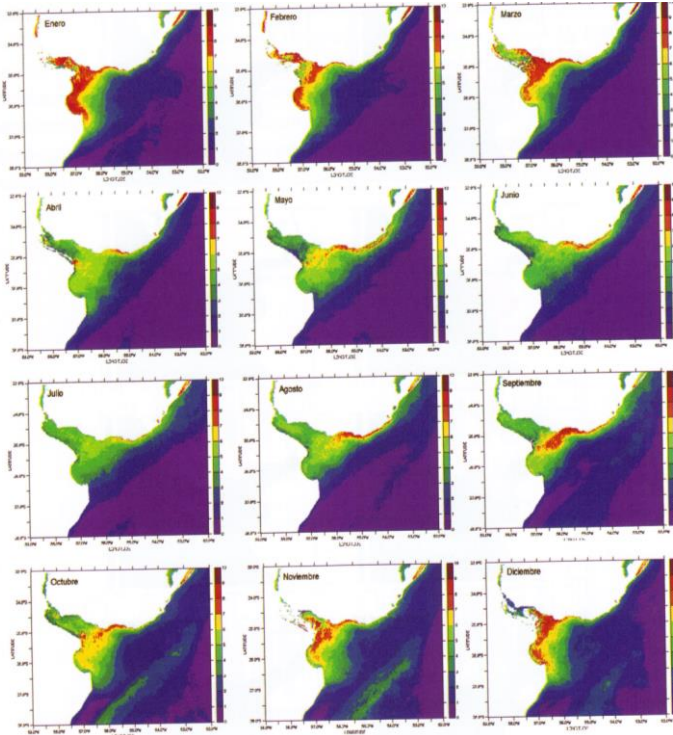
BIOMASA FITOPLANCTONICA: 2 – 27.43 $\mu\text{g l}^{-1}$

PROCESOS BIOLÓGICOS: PLANCTON

CONCENTRACIÓN DE CLOROFILAS

MEDIAS MENSUALES

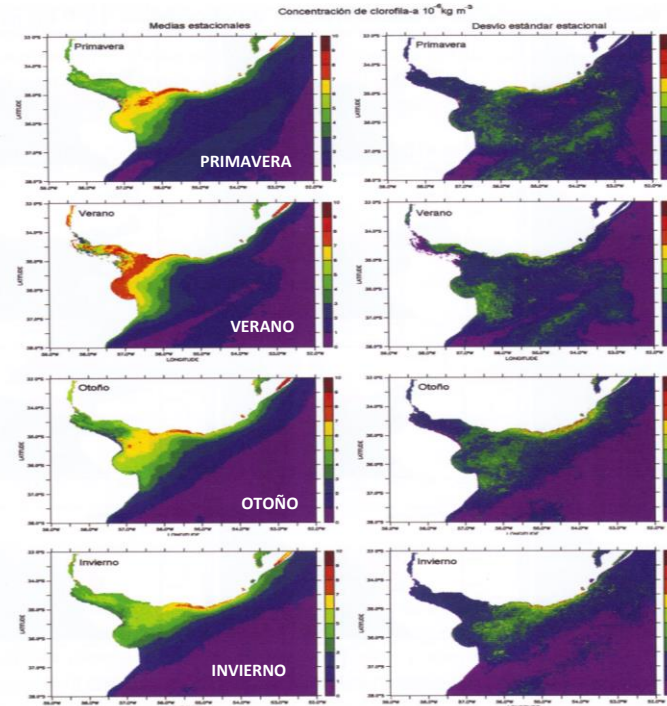
Clo-a 10^{-6} kg m⁻³

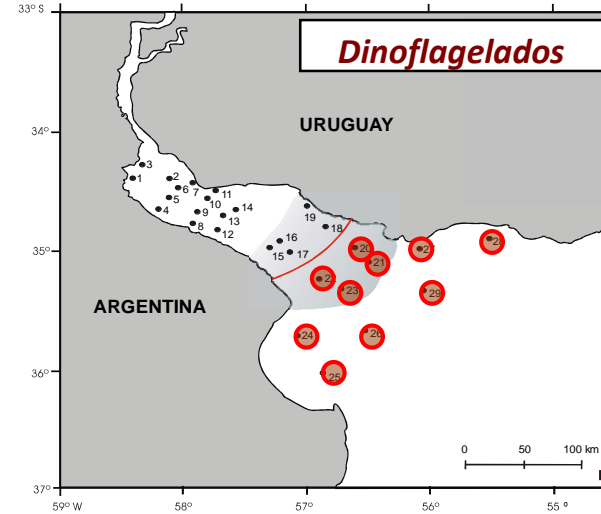
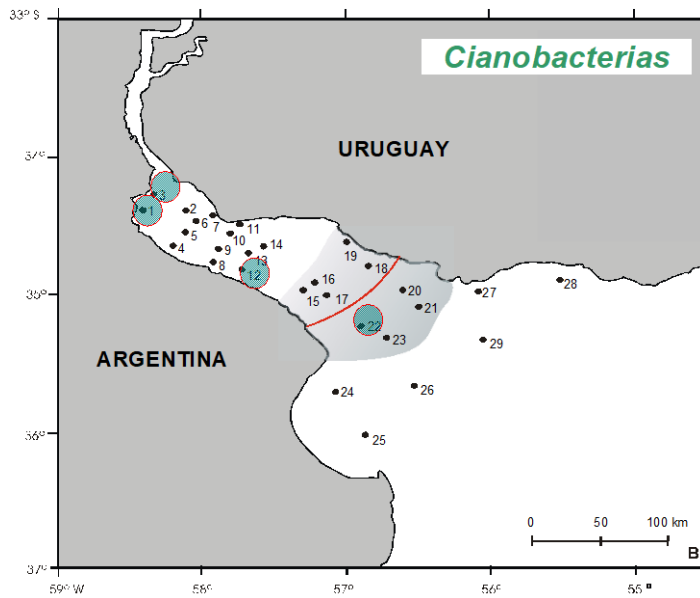


Simionato et al. 2011

MEDIAS ESTACIONALES

Clo-a 10^{-6} kg m⁻³



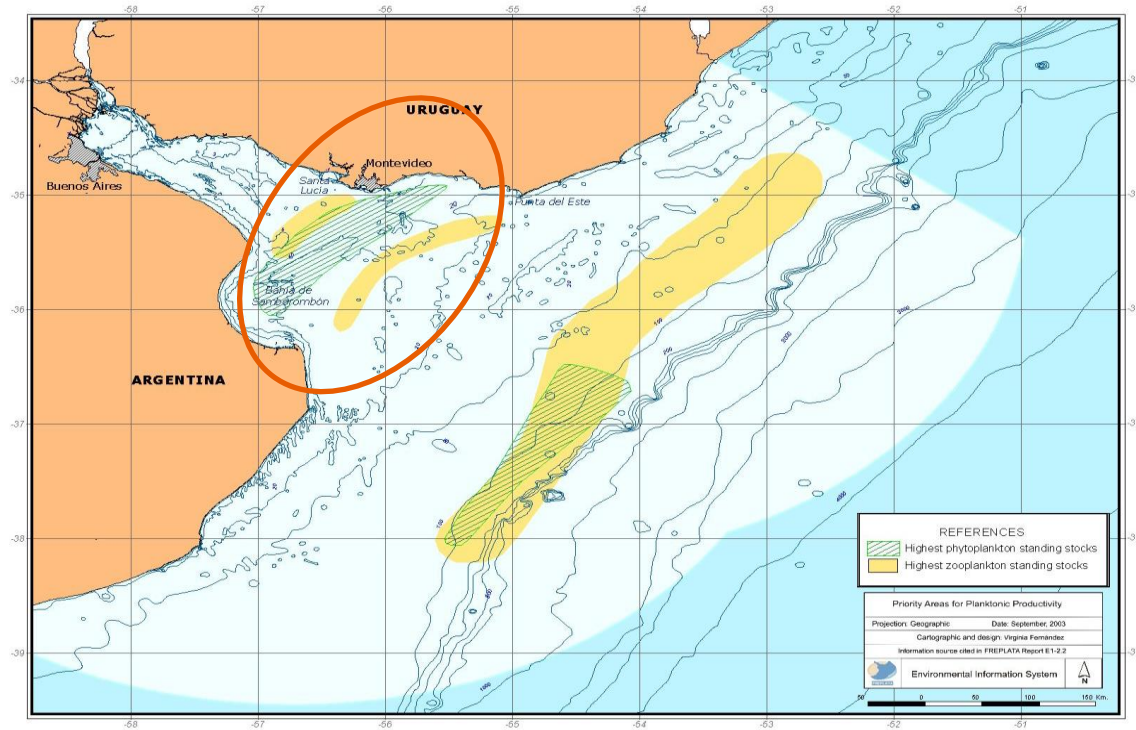


PROCESOS BIOLÓGICOS: PLANCTON

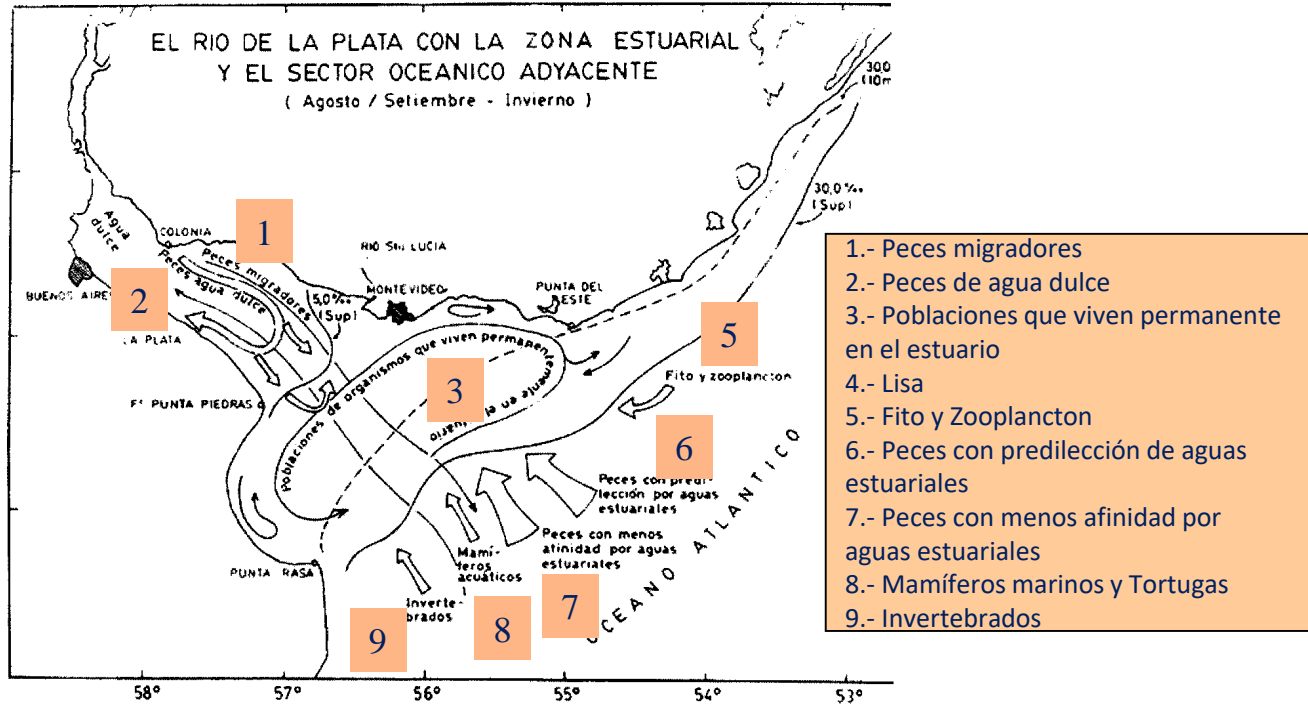
- Desde Colonia hasta el Chuy, abunda y/o son dominantes algo más de 100 taxones, la riqueza específica aumenta hacia el este.
- La composición y abundancia varían con la estacionalidad, el verano es la estación de mayor riqueza (74 sp) y el invierno con menor nº de sp (53).



PROCESOS BIOLÓGICOS: PLANCTON



PROCESOS BIOLÓGICOS: NECTON



PROCESOS BIOLÓGICOS: NECTON

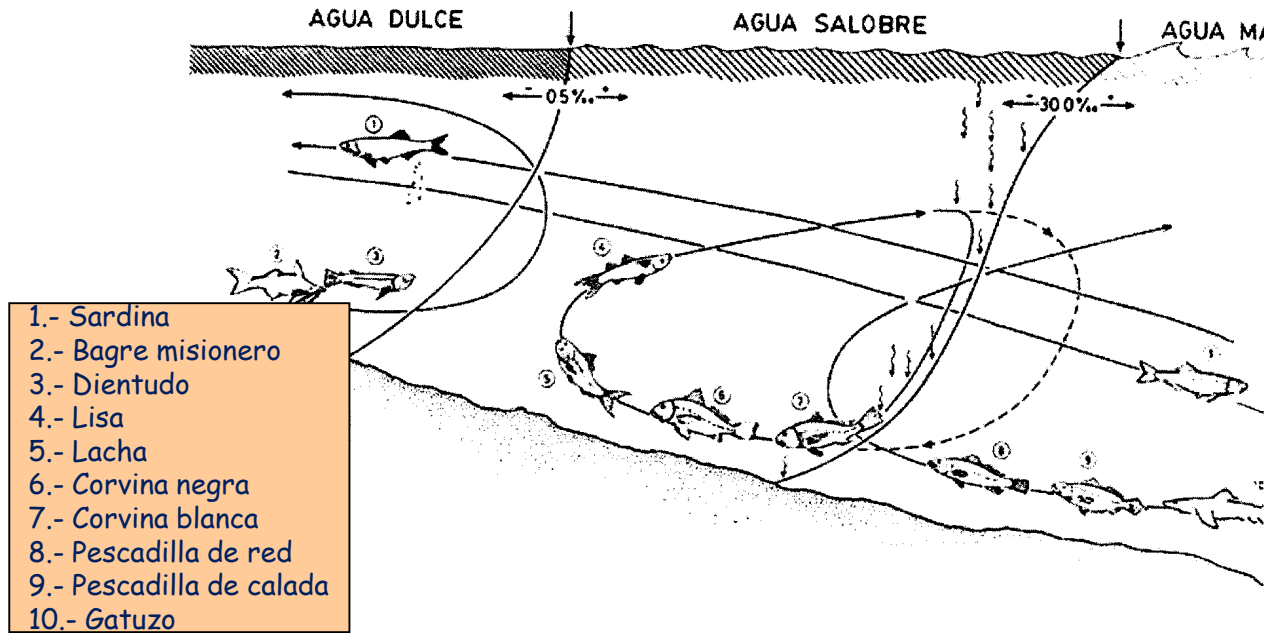


Figura 11. Perfil del Río de la Plata, indicando las zonas de aguas dulces, salobres marinas, separadas por isobalinas de 0,5 % y 30 %. Además se ejemplifica con algunas especies representativas el comportamiento de aguas dulces, marinos eurihalinos y migradores diádrones. En contacto de las aguas dulces y saladas se indica la floculación de los sedimentos en suspensión, lo que señala con las flechas verticales.



PROCESOS BIOLÓGICOS: NECTON

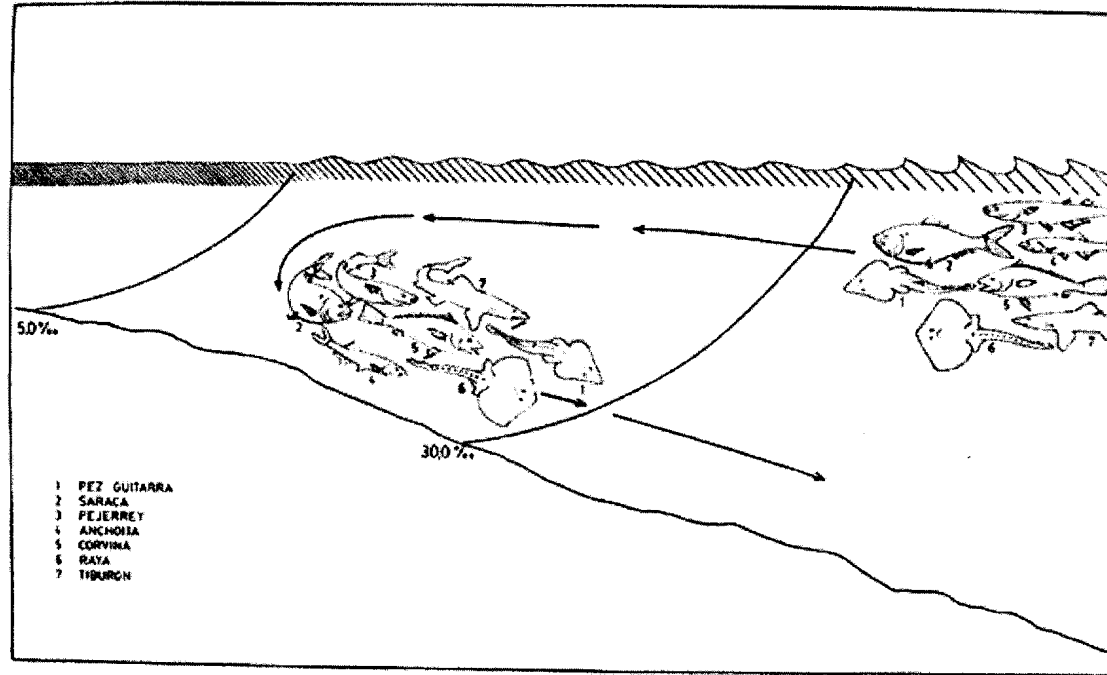
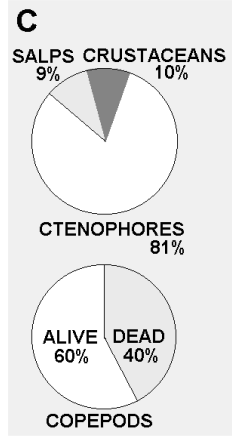
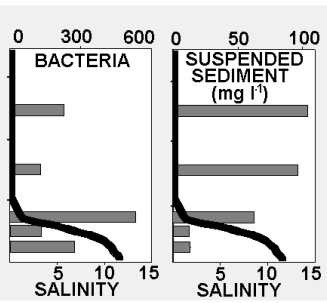
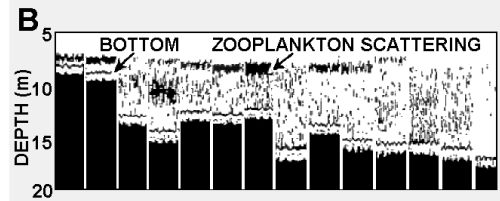
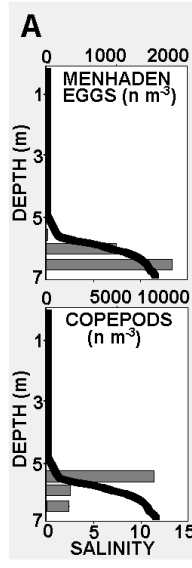
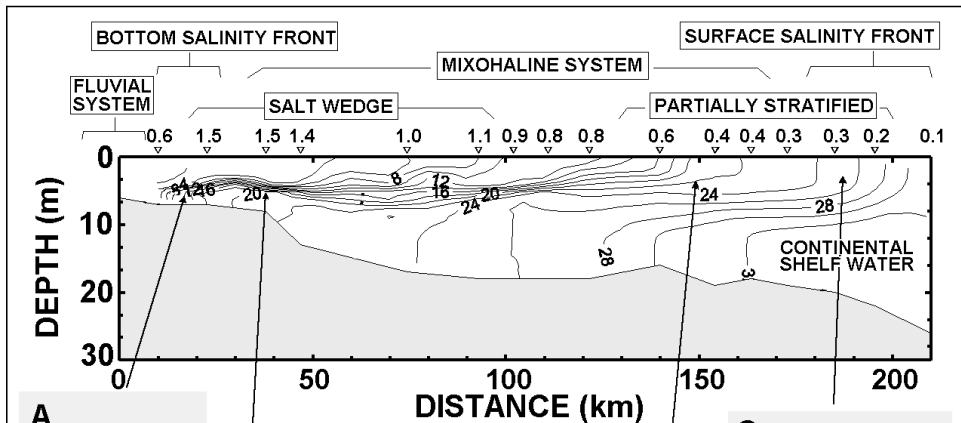


Figura 10. Algunas de las especies de peces (guitarra, saraca, pejerrey, anchoa, corvina, raya y tiburón) que al estuario para reproducirse.



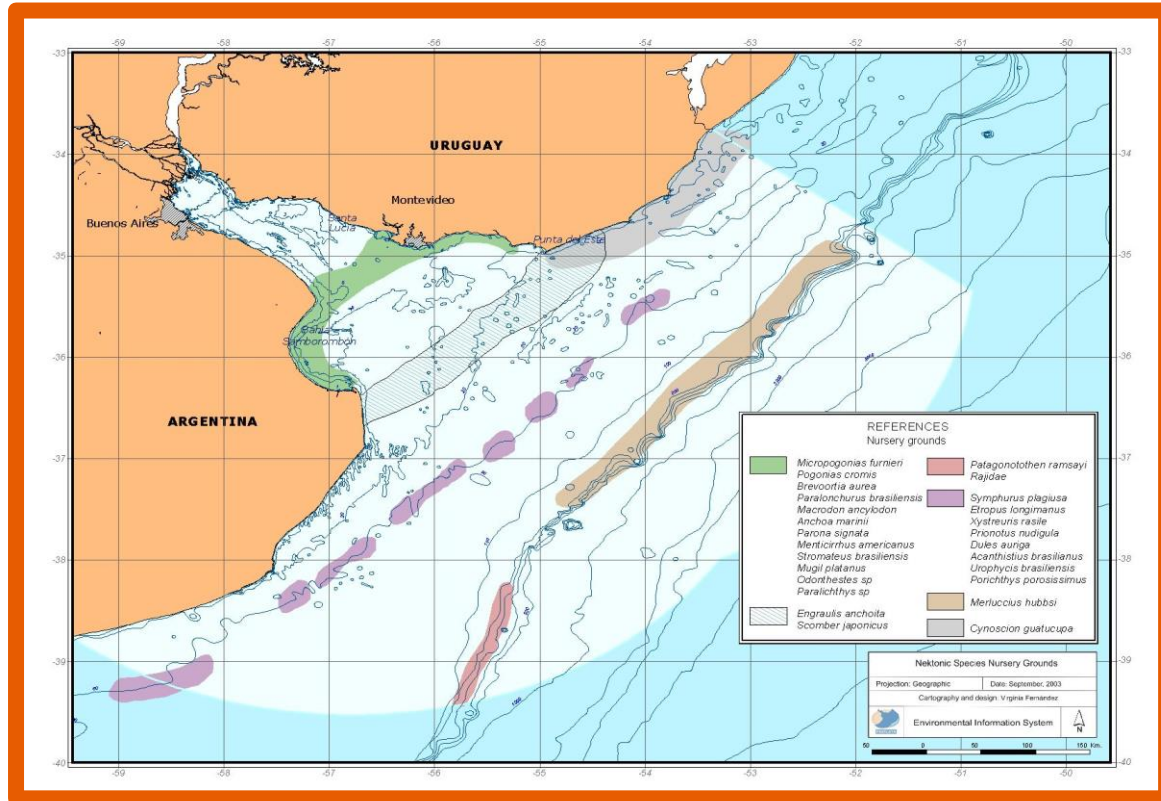


Tomado de Mianzan *et al.*, 2001

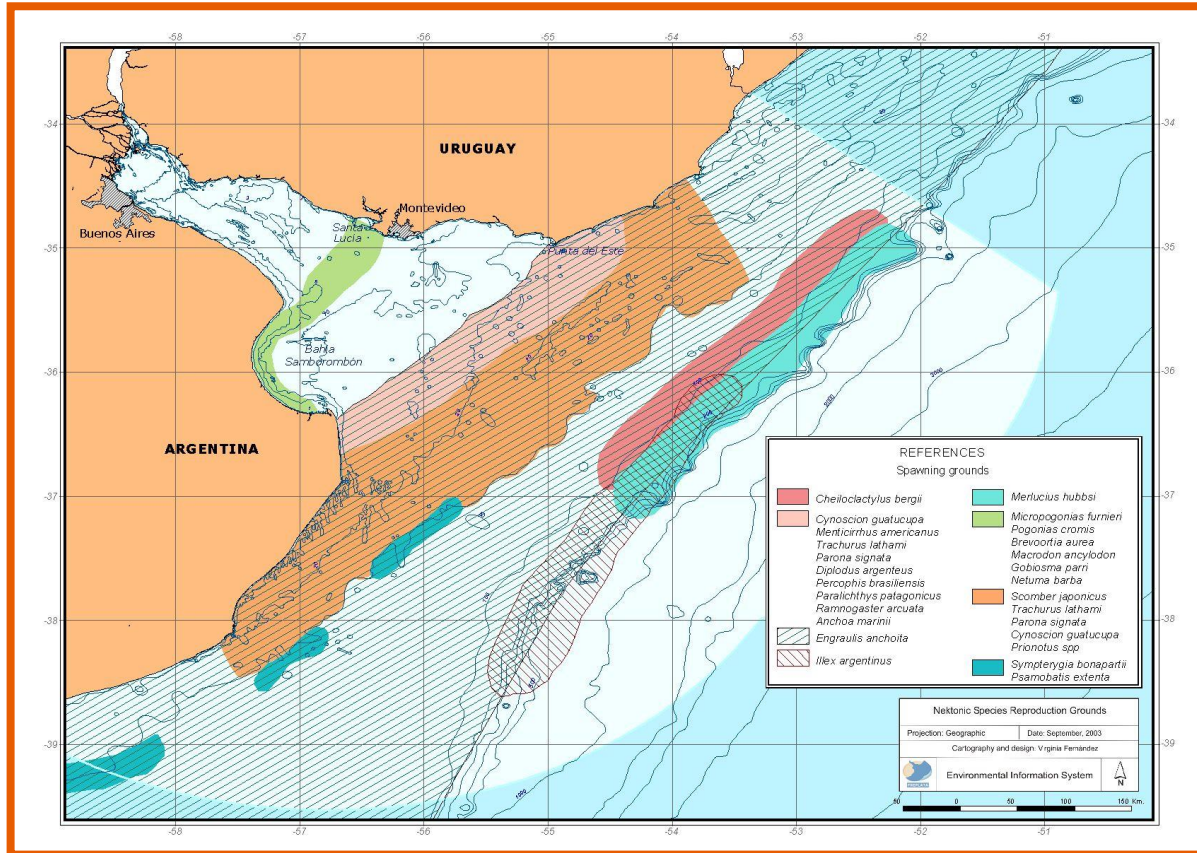
PROCESOS BIOLÓGICOS: NECTON



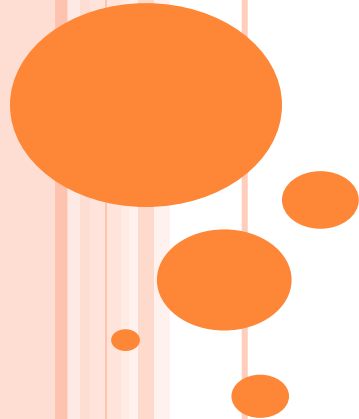
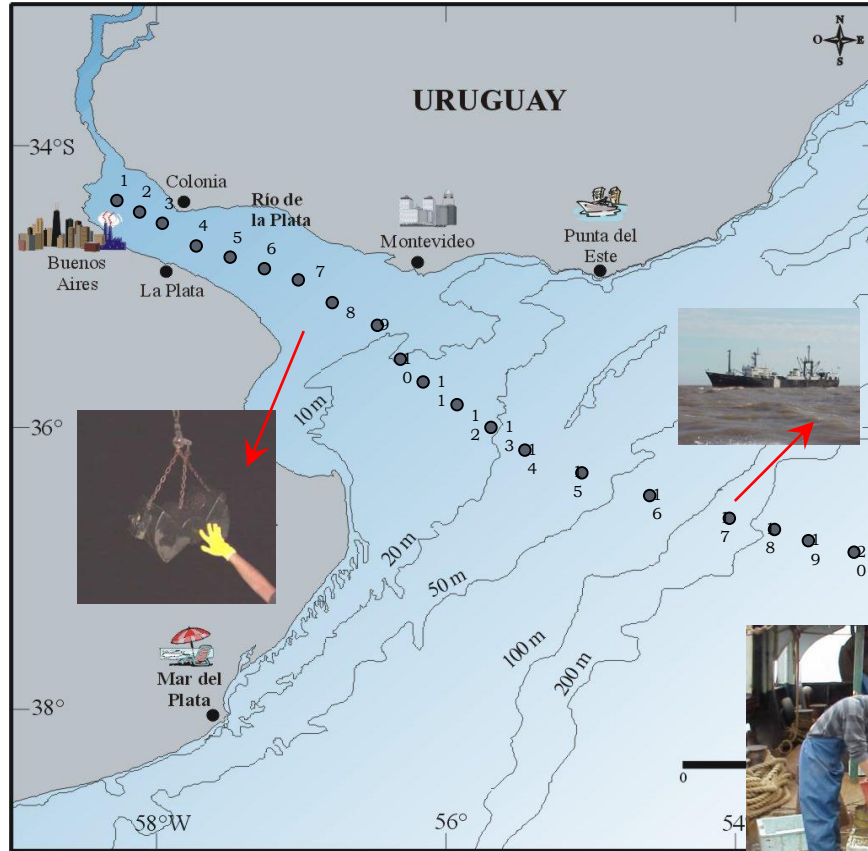
PROCESOS BIOLÓGICOS: NECTON



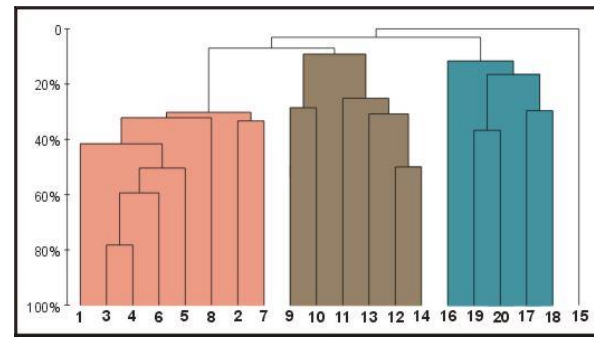
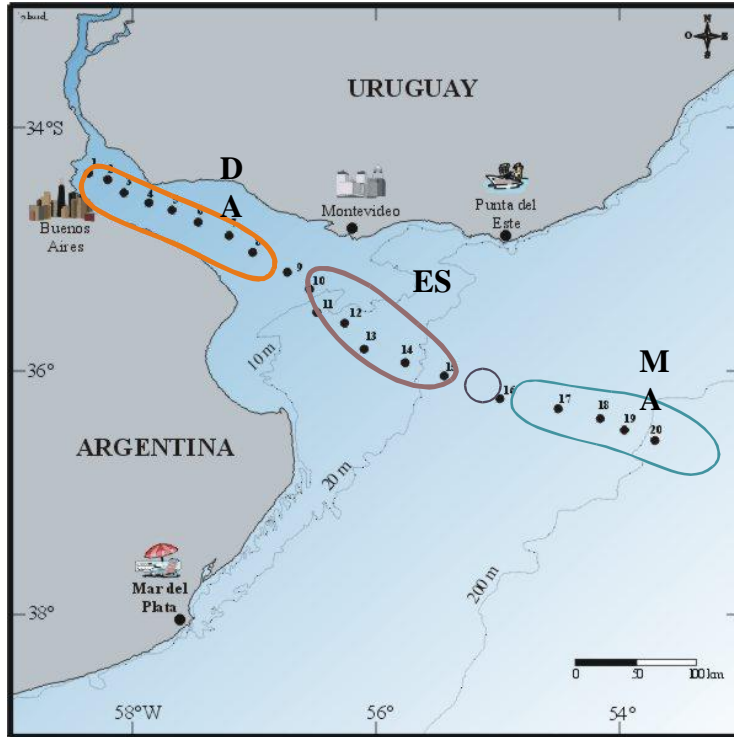
PROCESOS BIOLÓGICOS: NECTON



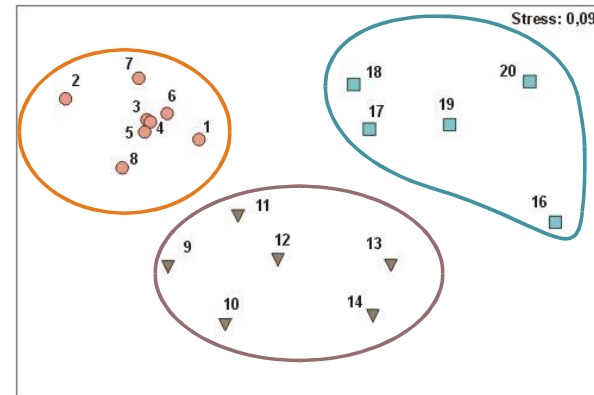
PROCESOS BIOLÓGICOS: BENTOS



PROCESOS BIOLÓGICOS: BENTOS



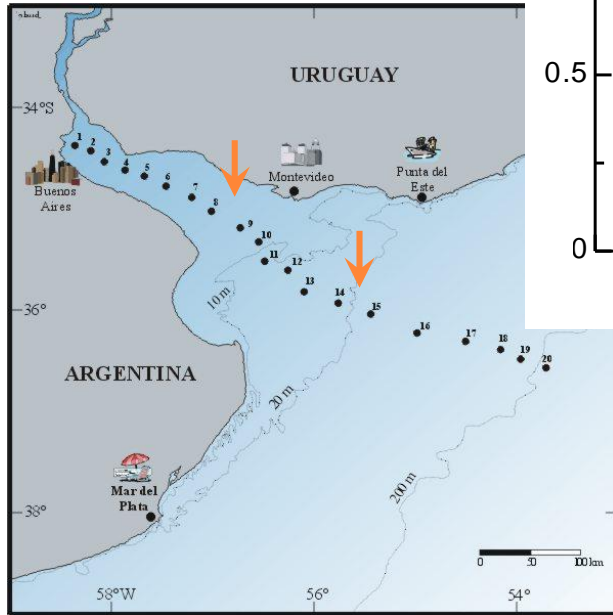
Dendrogram Presencia-Ausencia (similitud de Bray-Curtis).



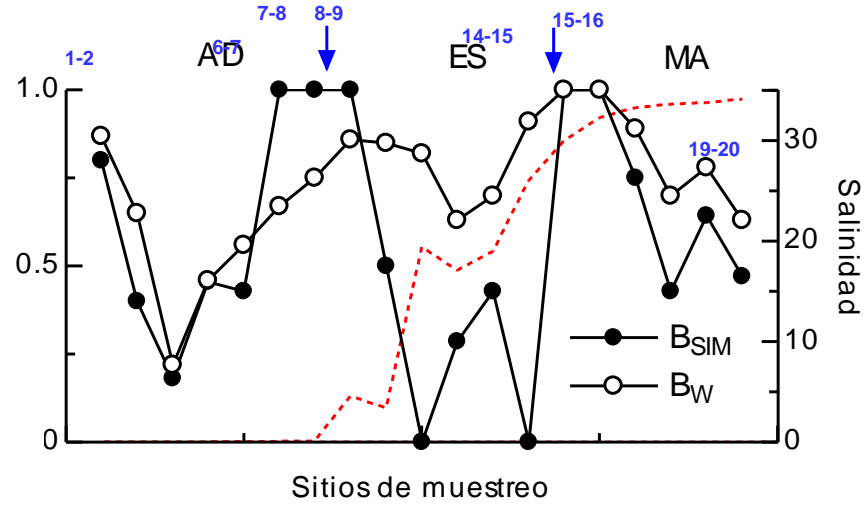
MDS Presencia-Ausencia (similitud de Bray-Curtis).



PROCESOS BIOLÓGICOS: BENTOS



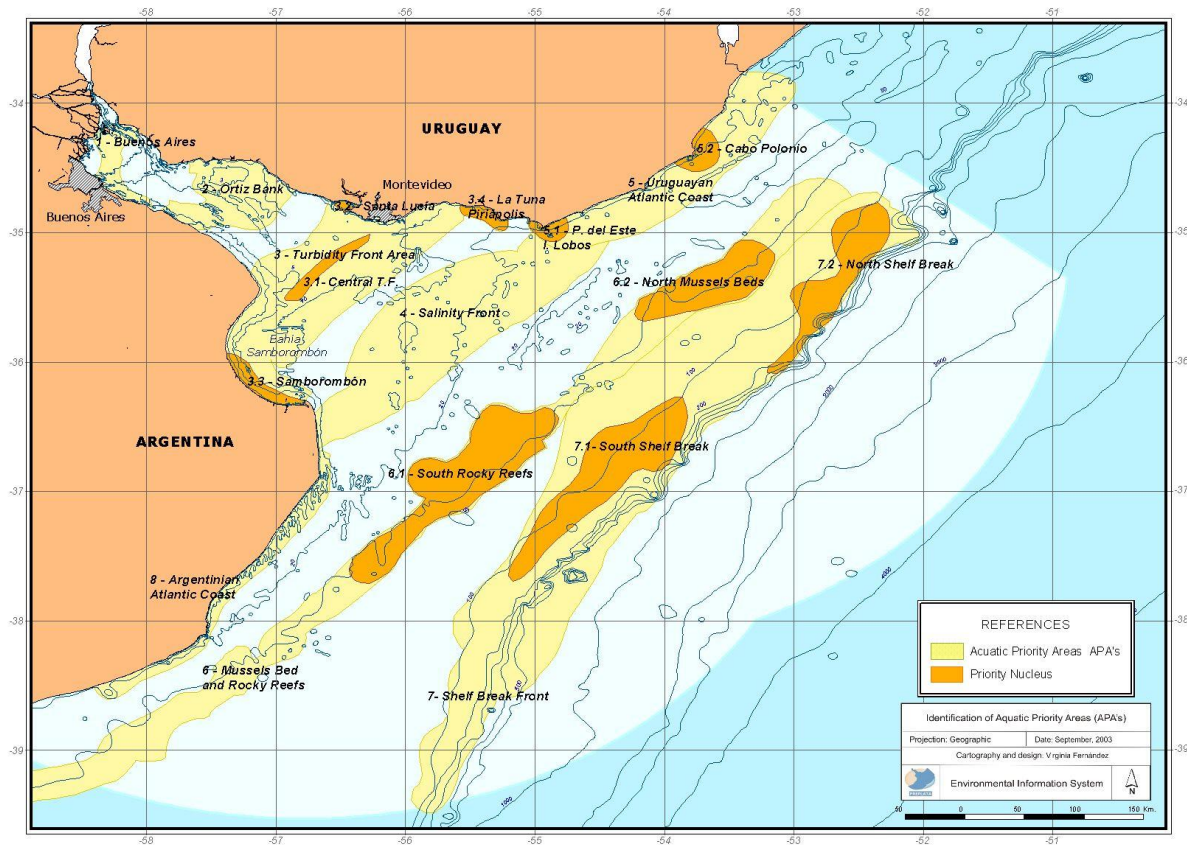
DIVERSIDAD



- Los valores de beta diversidad aumentan en las zonas de transición



ÁREAS Y NÚCLEOS PRIORITARIOS





MUCHAS GRACIAS

Awesome words

Because key words are great for catching your audience's attention