

# Gases en el océano

- ¿Cuáles gases están presentes en el océano?
- Cómo se solubilizan y factores determinantes su solubilidad
- ¿Cuál es la proporción de gases disueltos en el agua de mar (ley de Henry)?
- Gases conservativos vs. no conservativos

# Contenido (continuación)

- ¿Cuál es el origen de los gases?: Ciclo biogeoquímicos de gases traza de efecto climático
- ¿Dónde se producen los gases?
- Mecanismos físicos de intercambio de gases
- Difusión molecular
- Difusión turbulenta
- Advección lateral y vertical

# Composición de la atmósfera

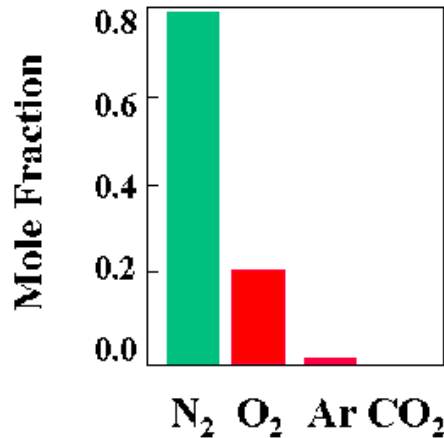
## Chemical Constituents of the Atmosphere

Major Gases ( $>$ ppm)	% By Volume
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>78.08</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>20.95</b>
<b>Ar</b>	<b>0.93</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>0.04</b>
<b>(H<sub>2</sub>O</b>	<b>Variable)</b>

Trace Gases ( $\leq$ ppm)	ppm v
Ne	18
He	5.2
CH <sub>4</sub>	1.7
Kr	1.1
H	0.5
O <sub>3</sub>	0.05-6
N <sub>2</sub> O	0.4-1
NO	0-0.5
SO <sub>2</sub>	0-0.5
CO	0.05-2.0

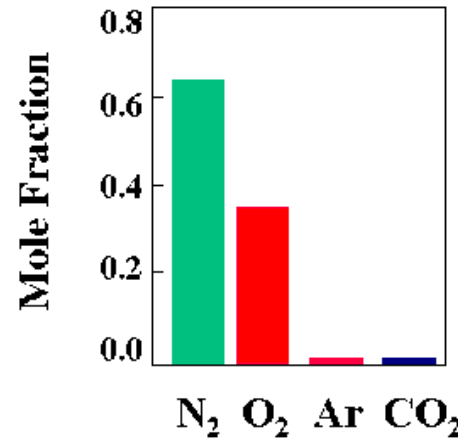
**And many more less  
concentrated....**

# Contenido de gases disueltos en el océano



**Dry Air**

**Composition**



**Seawater S=35**

**P = 1 atm, T = 20°C**

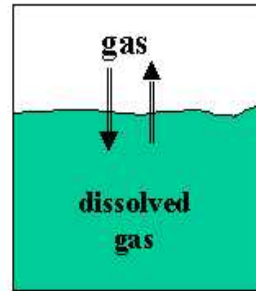
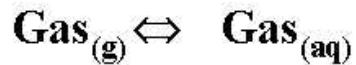
$$[G] = k P_G = (1/K_G) P_G$$
$$P_G(\text{atm}) = P_G(\text{solution})$$

$$\ln [G] = A_1 + A_2(100/T) + A_3 \ln(T/100) + S[B_1 + B_2(T/100) + B_3(T/100)^2]$$

# Saturación de gases en el agua de mar

## Gas Solubility

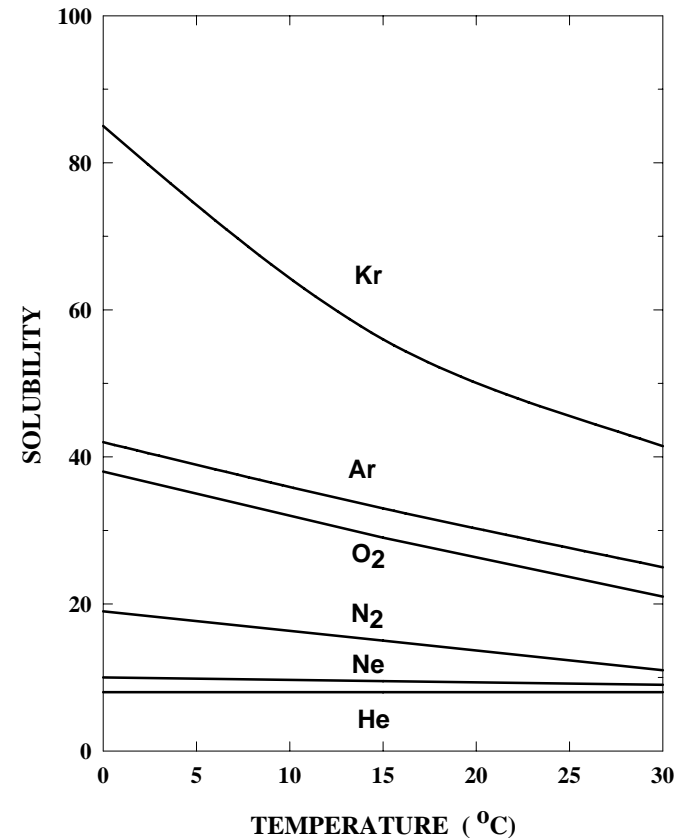
At equilibrium:



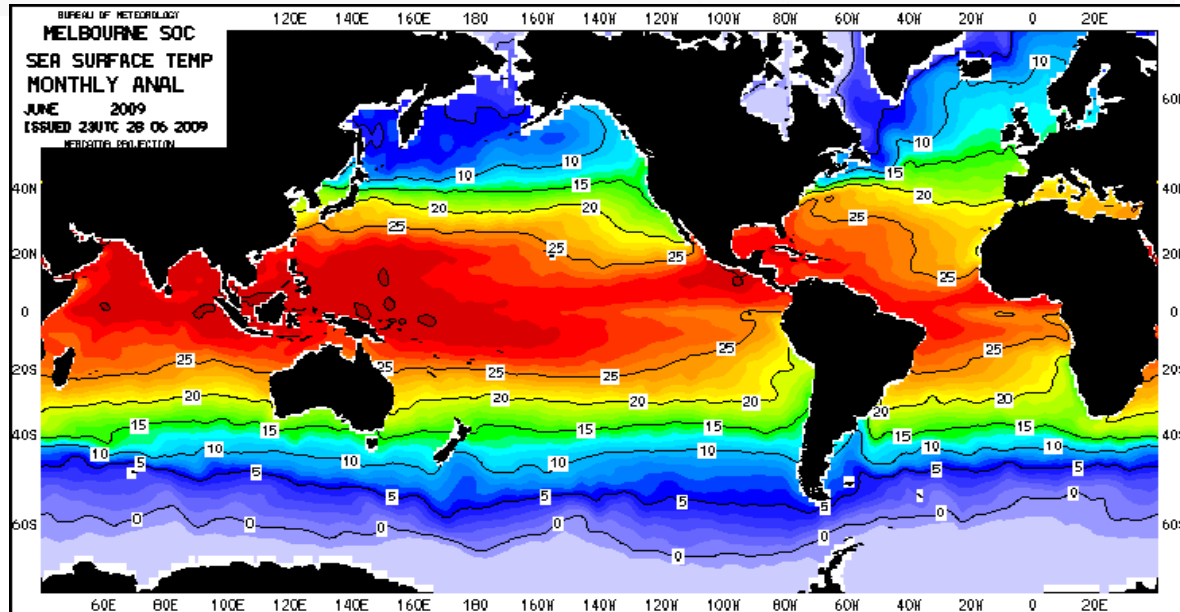
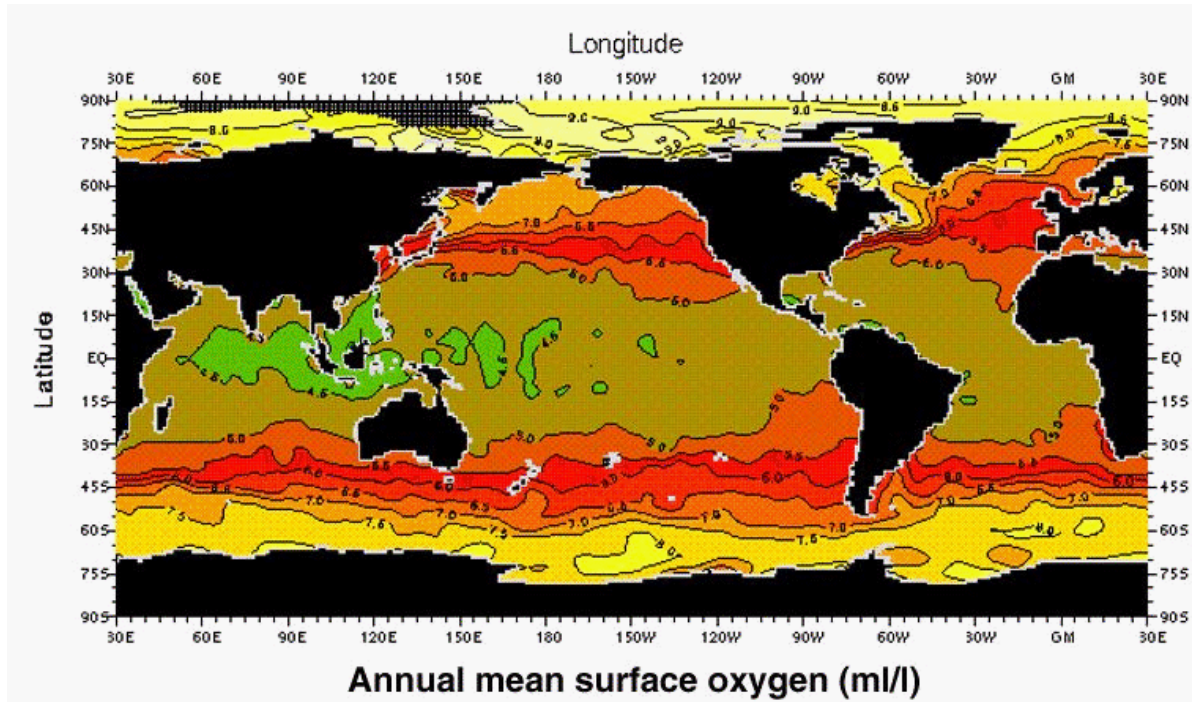
**Equilibrium constant:**

$$K_{eq} = \frac{[\text{Gas}]_{aq}}{[\text{Gas}]_g}$$

Can solve for  $[\text{Gas}]_g$  using Ideal Gas Law...



# ¿Quién controla la distribución superficial de O<sub>2</sub>?



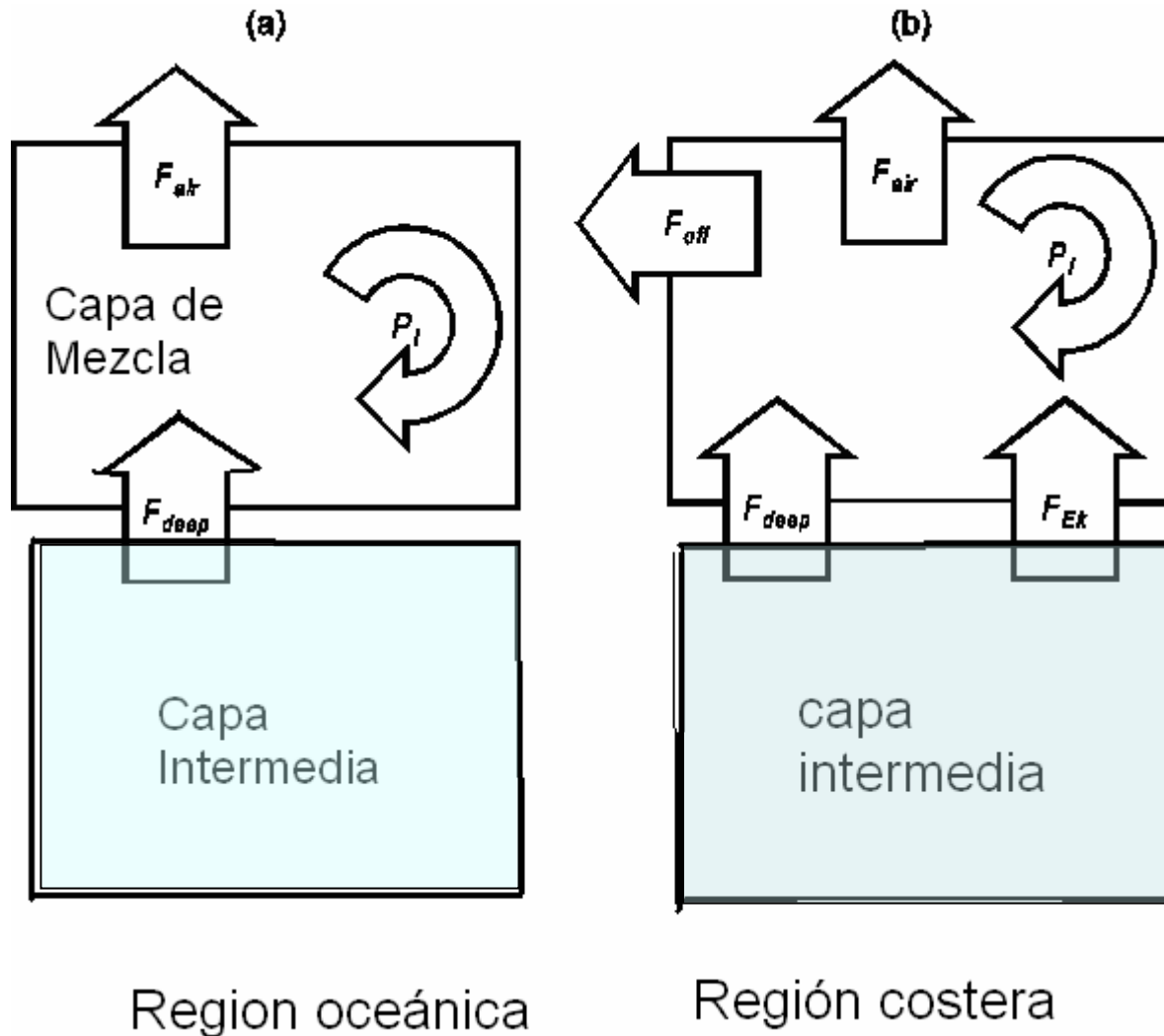
# Gases conservativos y no conservativos

- Gases no conservativos
  - 1.-
  - 2.-
  - 3.-
- Gases conservativos
  - 1.-
  - 2.-
  - 3.-

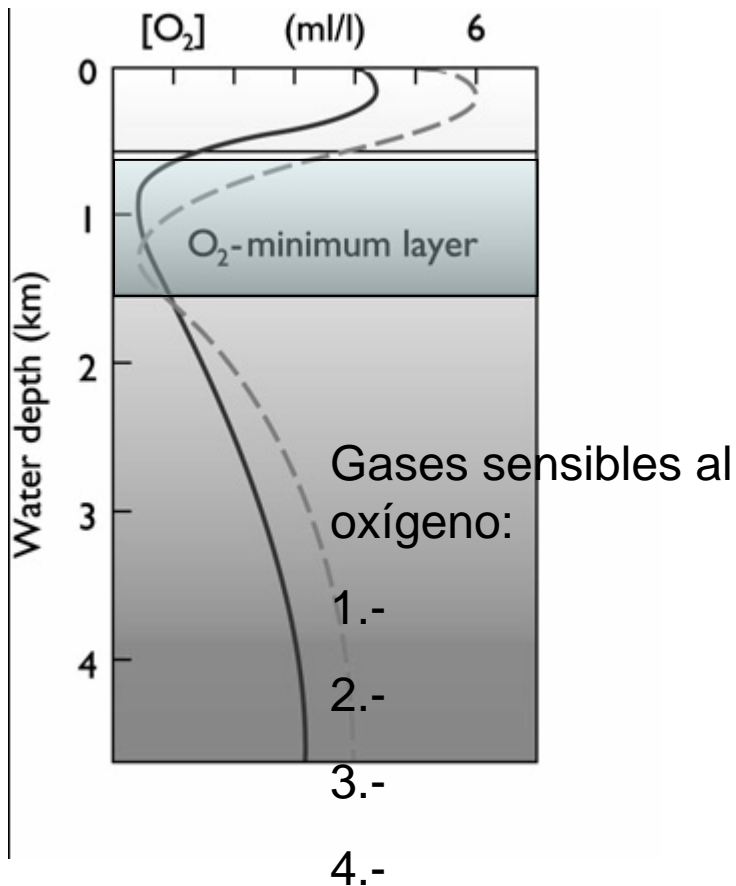
# ¿Cómo se intercambian los gases entre la atmósfera y el océano?

Gas	Transferencia total (g y <sup>-1</sup> )	Dirección de la transferencia neta
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	1.5 x 10 <sup>14</sup>	Atmósfera → Océano
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	1.2 x 10 <sup>14</sup>	Océano → Atmósfera
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	4.3 x 10 <sup>13</sup>	Atmósfera → océano
Metano (CH <sub>4</sub> )	3.2 x 10 <sup>12</sup>	Océano → Atmósfera
Metil yoduro (CH <sub>3</sub> I)	2.7 x 10 <sup>11</sup>	Océano → Atmósfera
Dimetil Sulfuro (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	4.0 x 10 <sup>13</sup>	Océano → Atmósfera

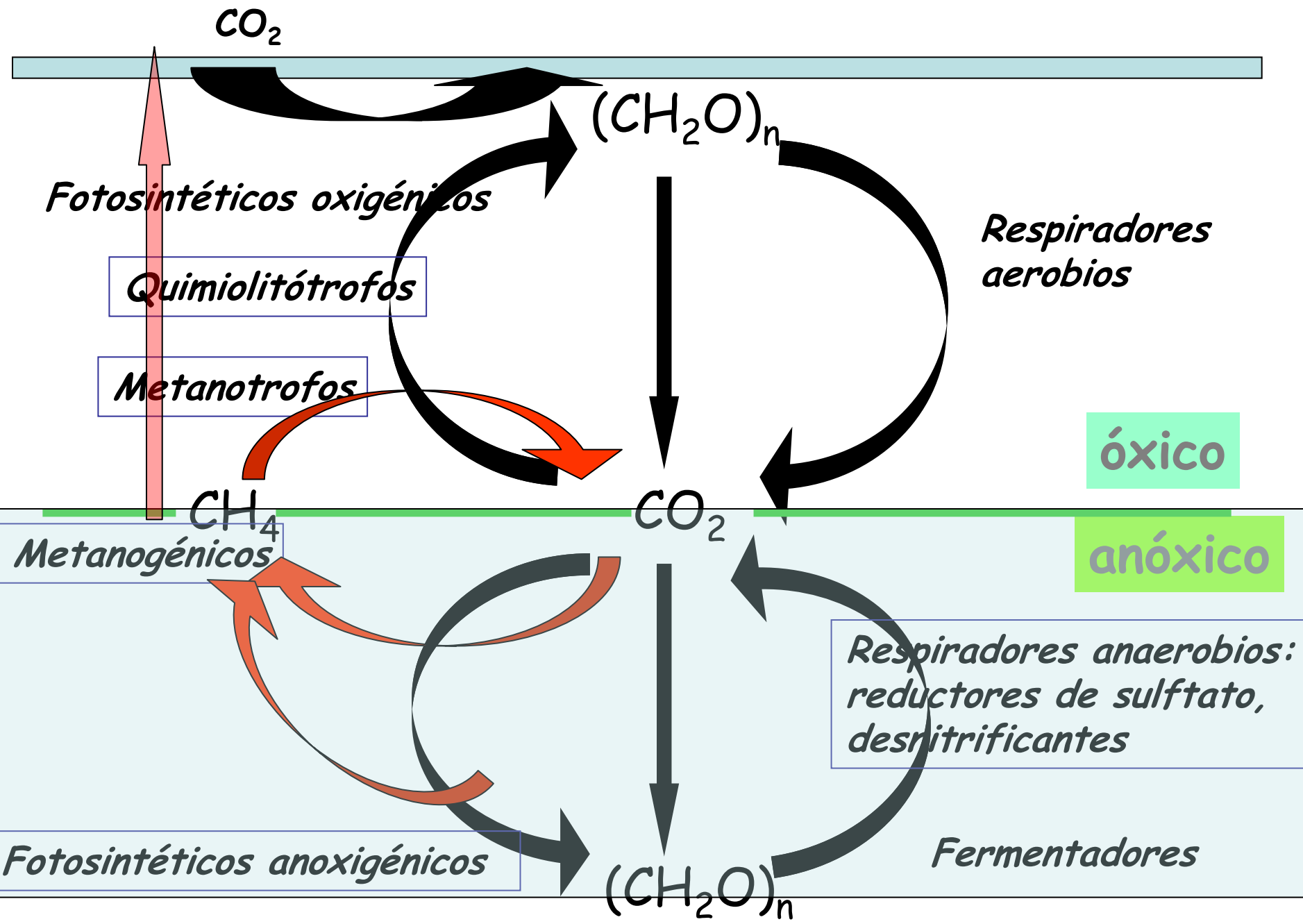
# ¿En qué capa de océano se acumulan los gases?. Intercambio vertical y lateral



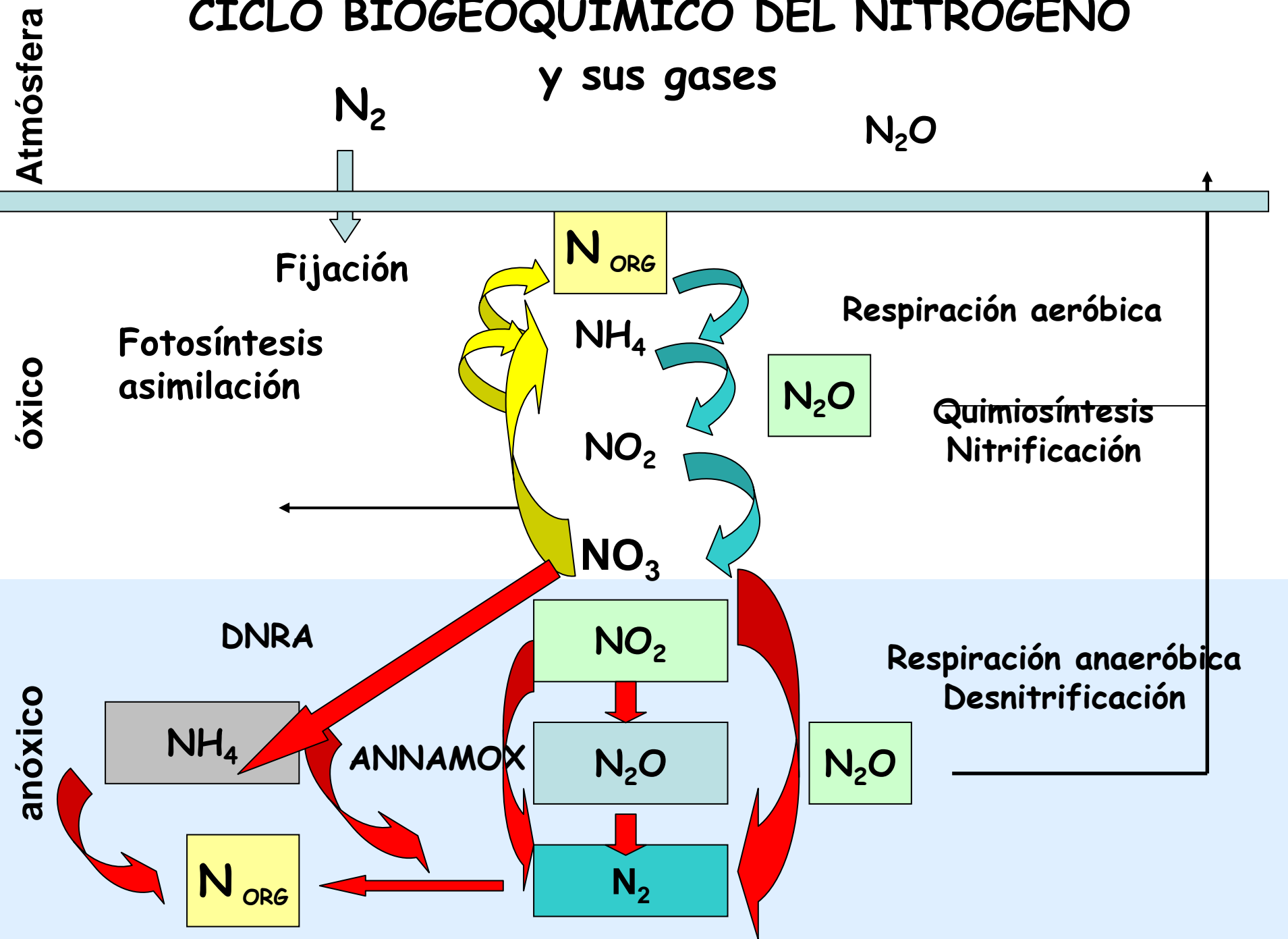
# ¿Cómo se modifica la acumulación de gases si la capa intermedia es una ZMO?



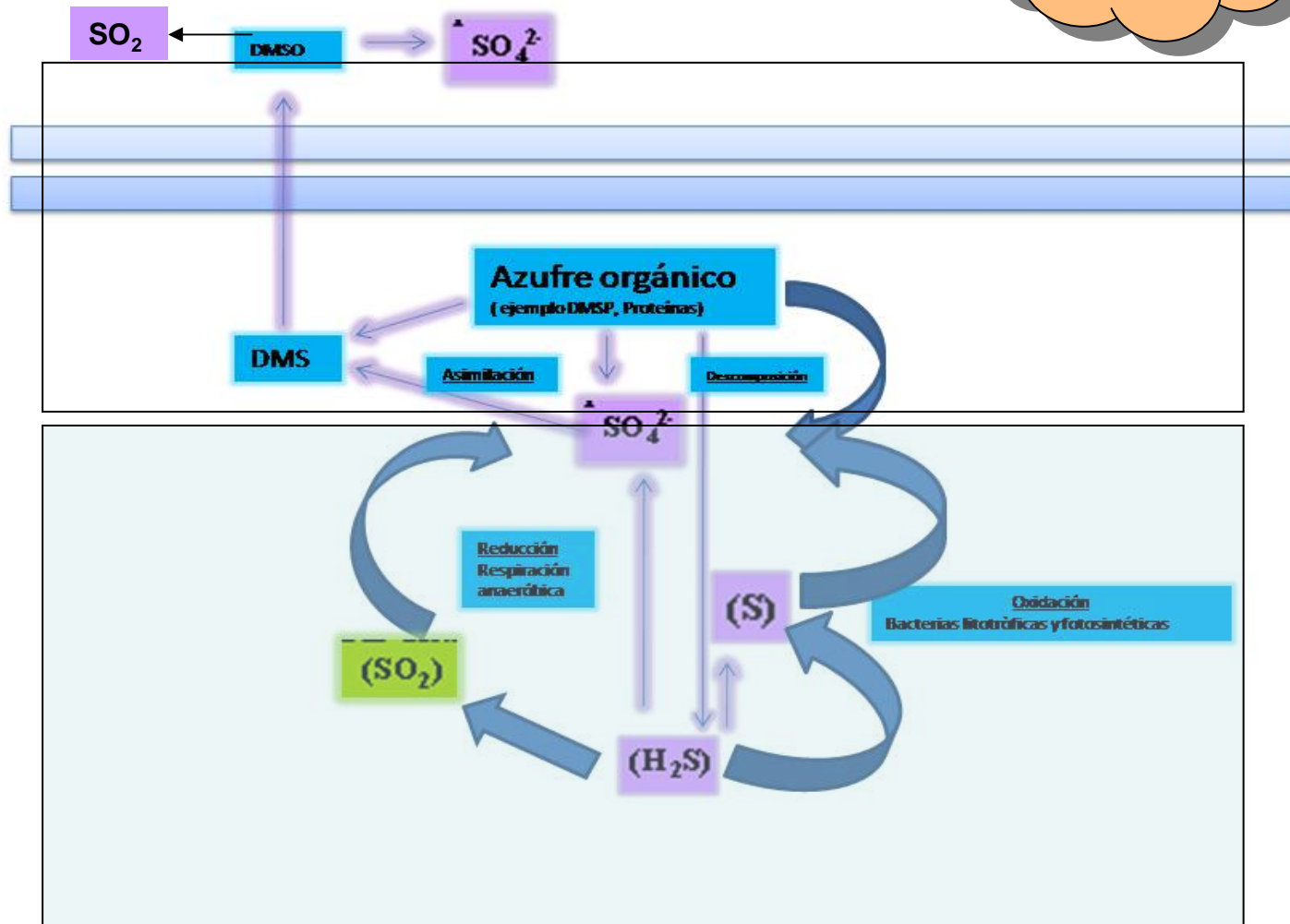
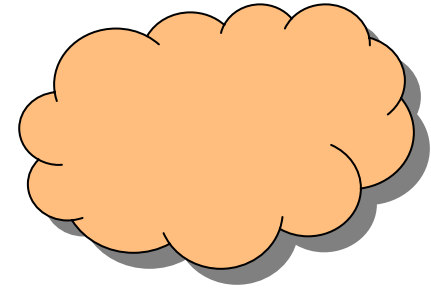
# CICLO BIOGEOQUIMICO DEL CARBONO y sus gases



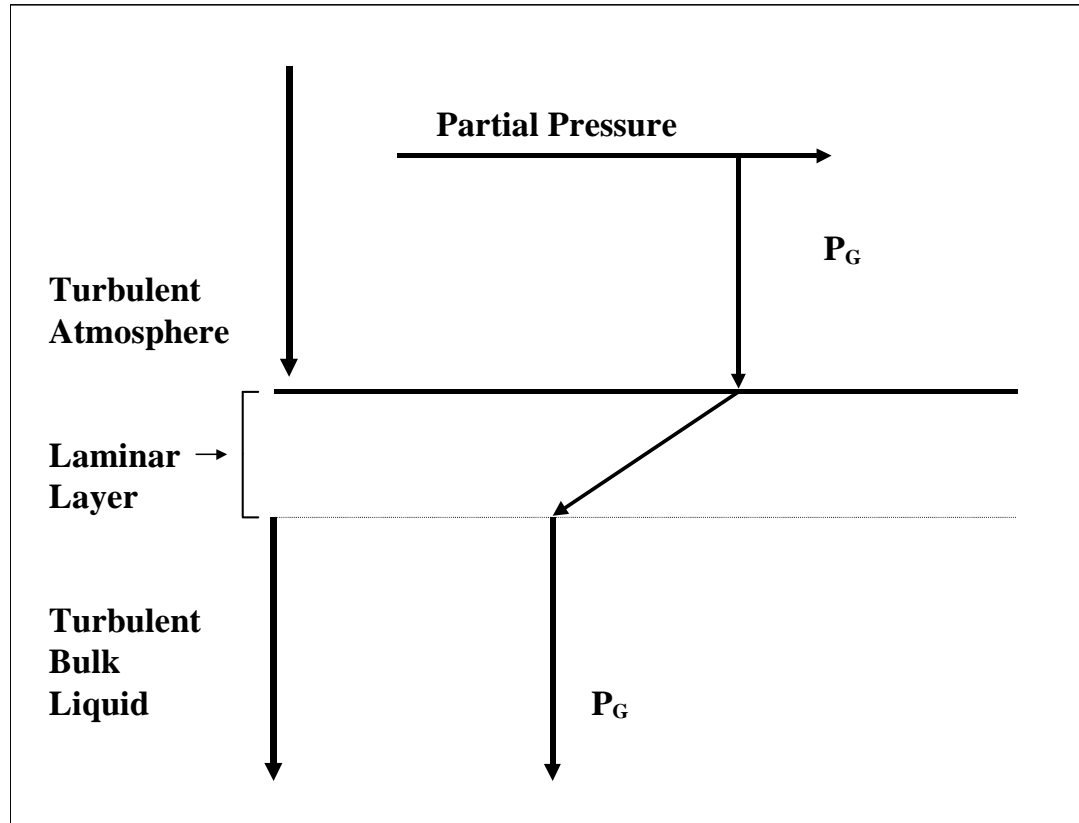
# CICLO BIOGEOQUIMICO DEL NITROGENO y sus gases



# CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL AZUFRE y sus gases



# Flujo a través de la interfase mar atmósfera



# Flujo de gas a travéz de la interfase mar-atmósfera

$$\text{Flujo} = dC/dt = D (dC/dz)$$

$$\text{Flujo} = (D/K\tau) [P_G(\text{air}) - P_G(\text{sol})]$$

$$\text{Flujo} = k [P_G(\text{air}) - P_G(\text{soln})] = k \Delta P_G$$

**k is exit coefficient**

**$\tau$  is boundary layer thickness**

**K is Henry's Law constant**

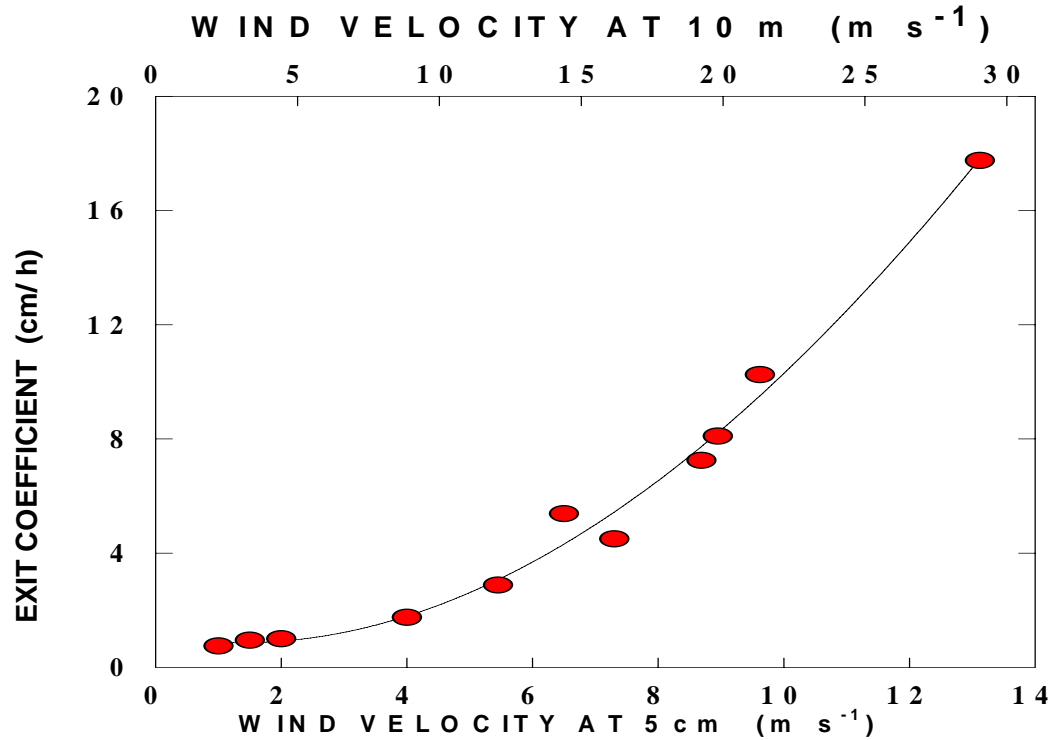
**D is diffusion coefficient**

# Sistema sin viento: flujo molecular

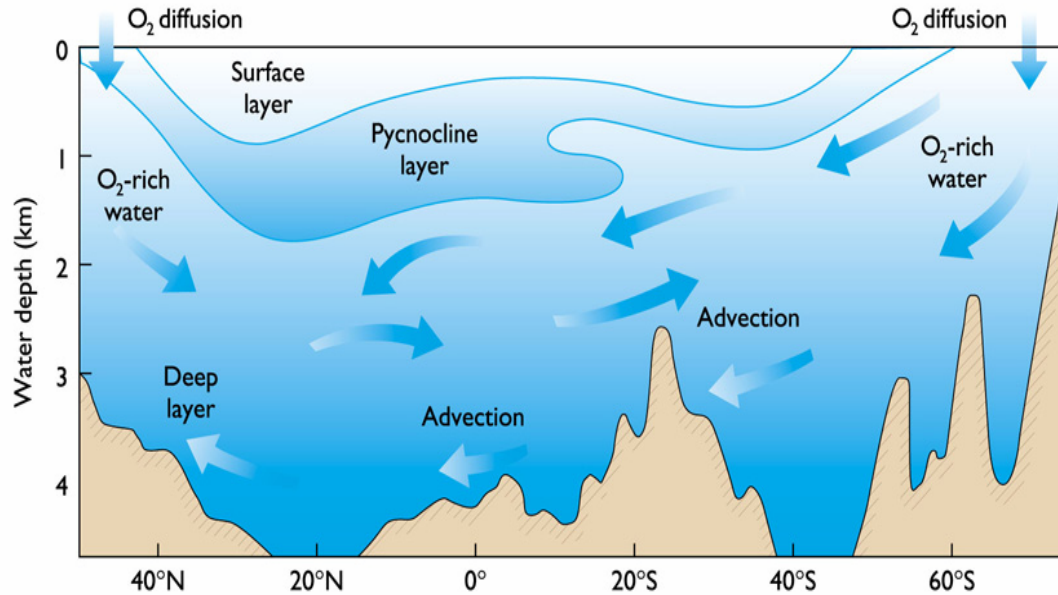
<b>Gas</b>	<b>MW</b>	<b>0°C</b>	<b>24°C</b>
<b>He</b>	<b>4</b>	<b>2.0</b>	<b>4.0</b>
<b>Ne</b>	<b>20</b>	<b>1.4</b>	<b>2.8</b>
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>28</b>	<b>1.1</b>	<b>2.1</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>32</b>	<b>1.2</b>	<b>2.3</b>
<b>Ar</b>	<b>40</b>	<b>0.8</b>	<b>1.5</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>44</b>	<b>1.0</b>	<b>1.9</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>44</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>
<b>Kr</b>	<b>84</b>	<b>0.7</b>	<b>1.4</b>
<b>Xe</b>	<b>131</b>	<b>0.7</b>	<b>1.4</b>
<b>Rn</b>	<b>222</b>	<b>0.7</b>	<b>1.4</b>

**Coeficiente de Difusión ( $10^5 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ )**

# Si el sistema esta forzado por el viento: velocidad piston



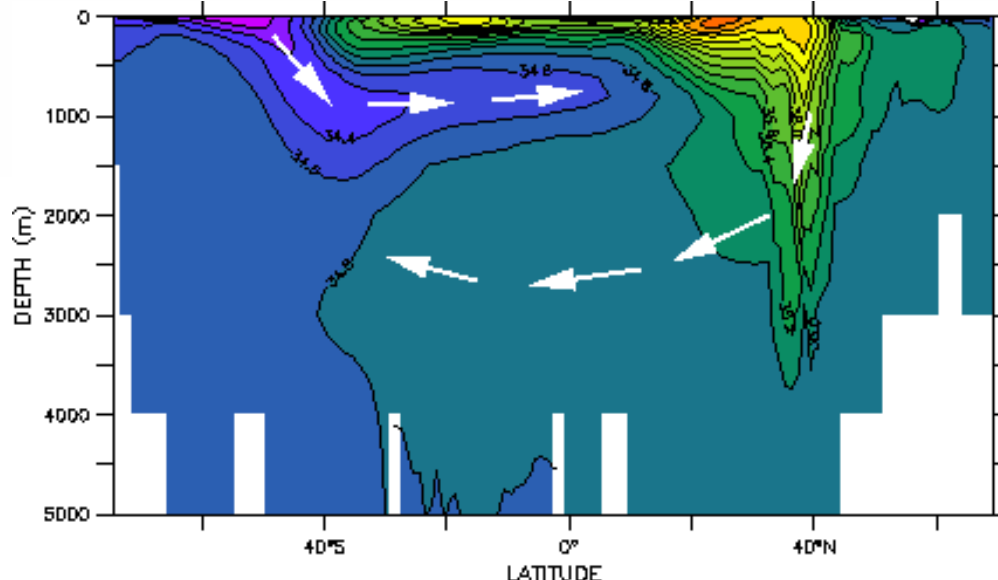
# ¿Cómo se ventila el Océano?



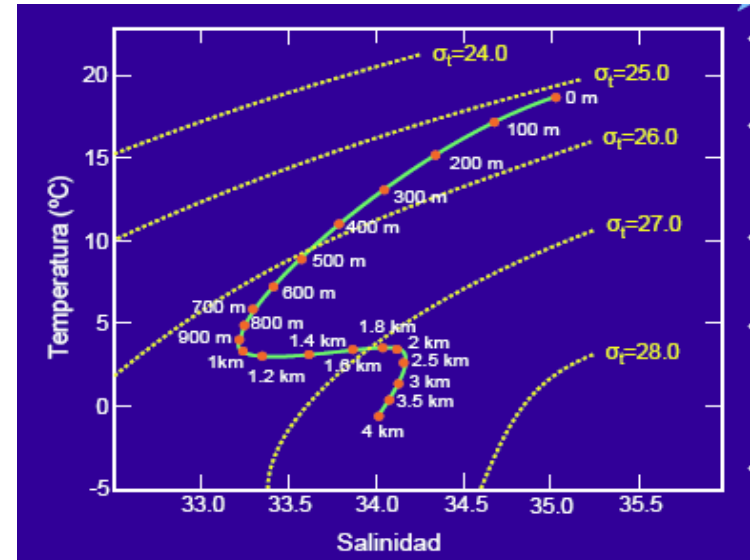
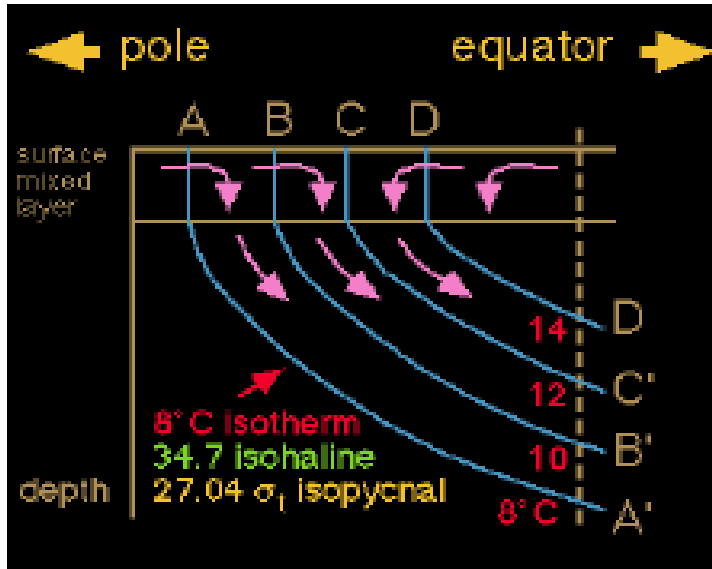
Tiempo de residencia

1.- Aguas profundas

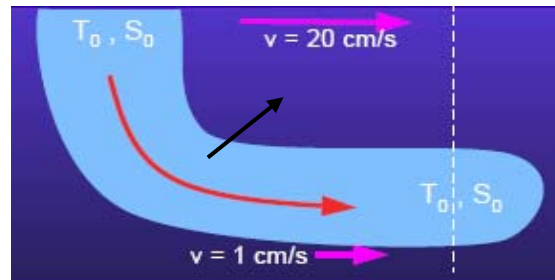
2.- Aguas intermedias



# ¿Cómo se mezcla el océano?

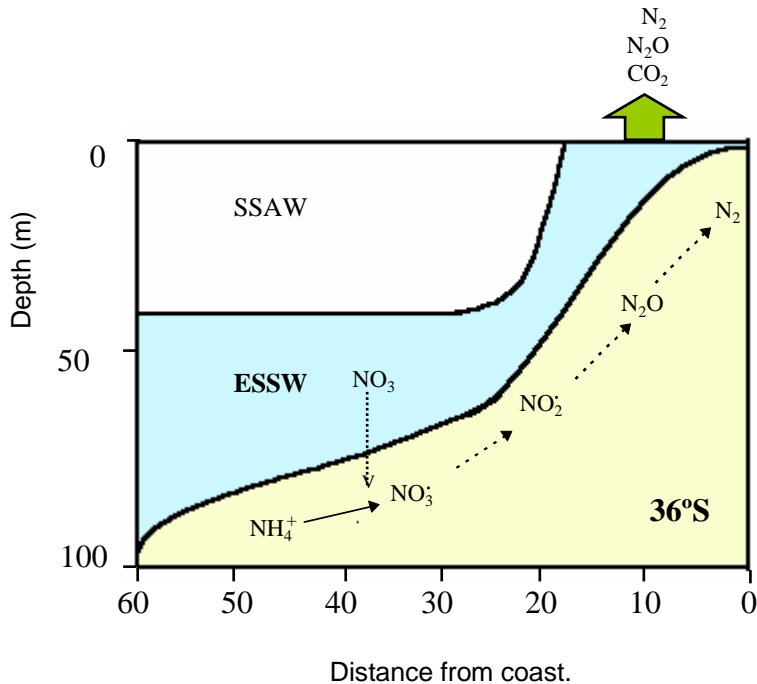


Mezcla isopycnal

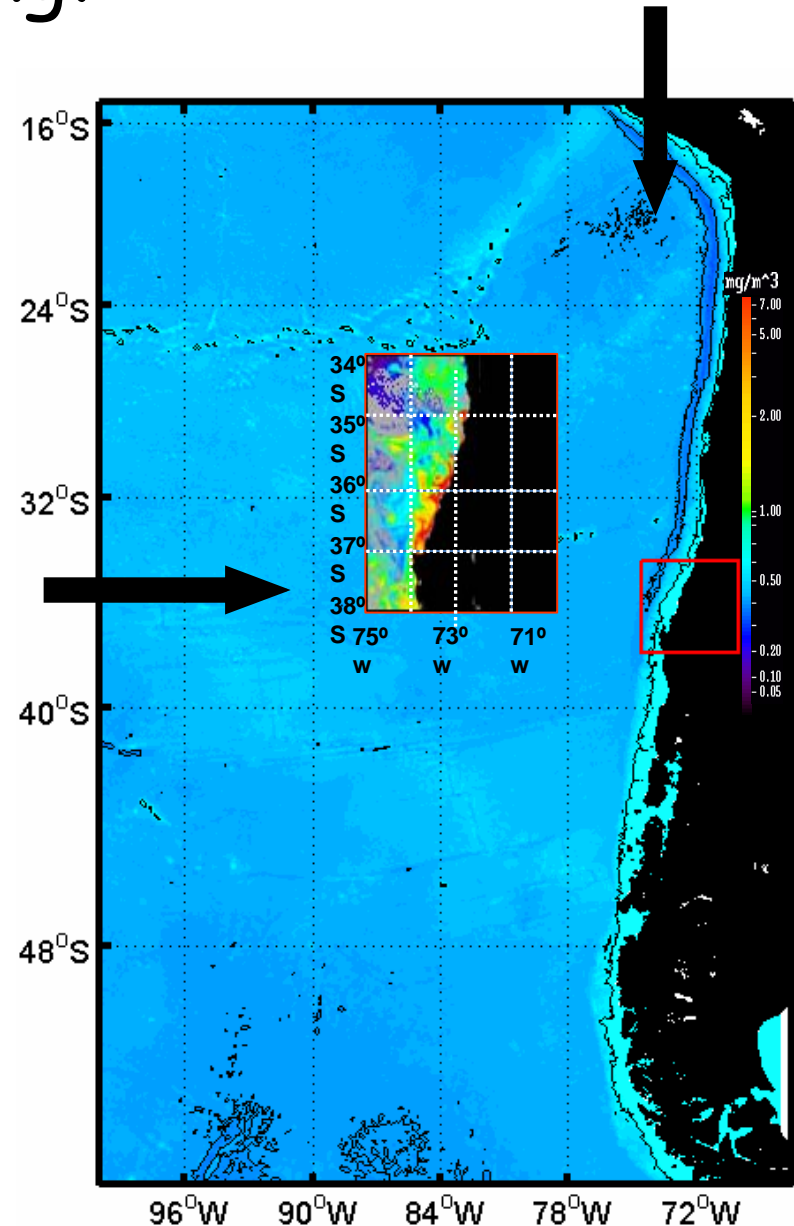


Mezcla diapycnal

# ¿Cuáles son las consecuencias biogeoquímicas del upwelling?

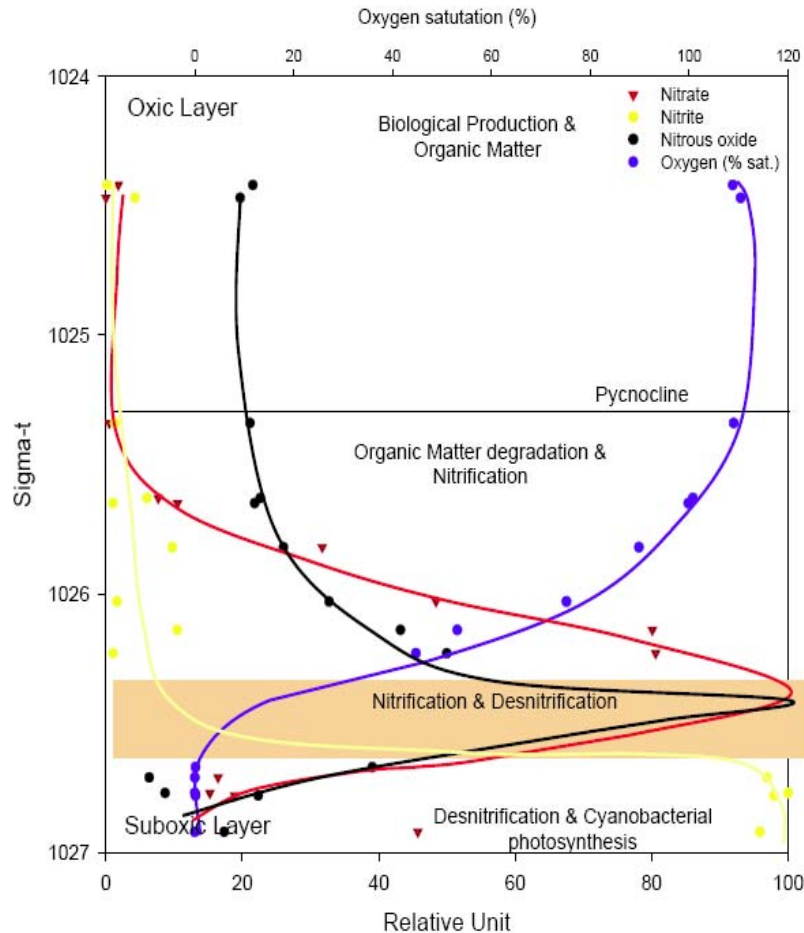


Upwelling of subsurface water promotes nutrient fertilization and a strong outgassing of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  to the atmosphere

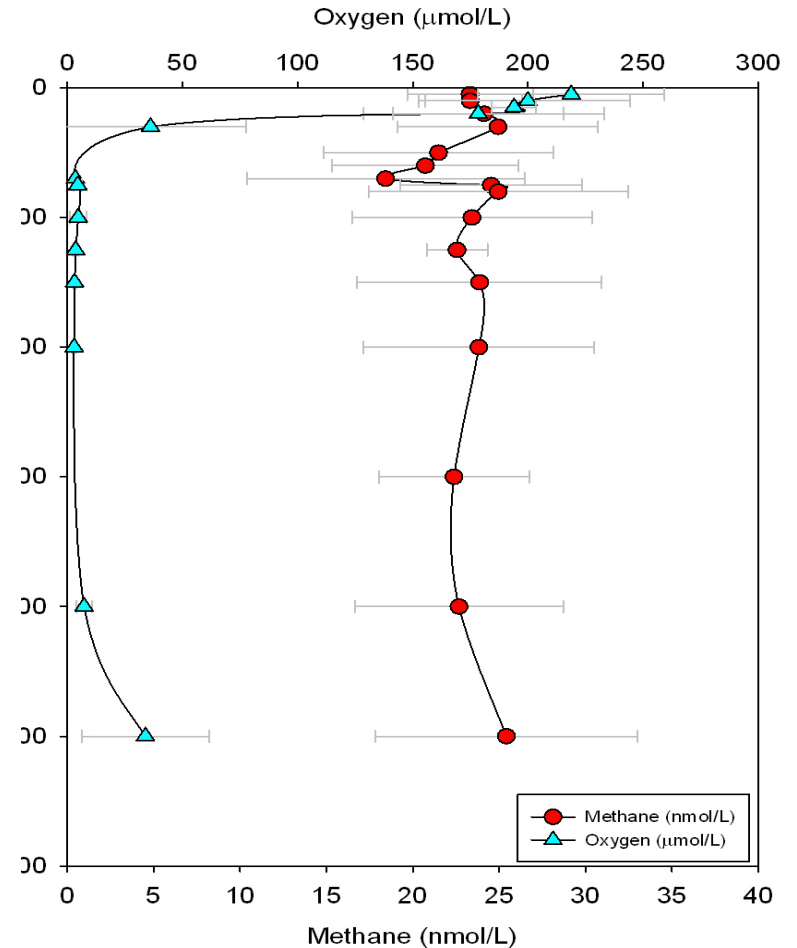


Verticalmente.....

# Distribución vertical de gases invernadero en la zona norte de Chile



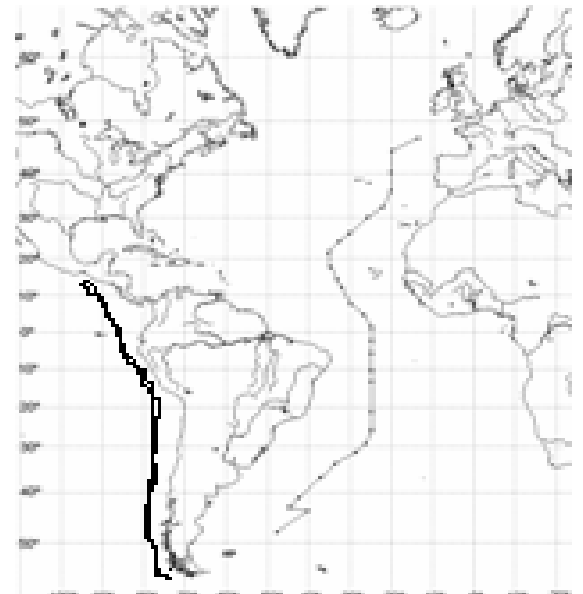
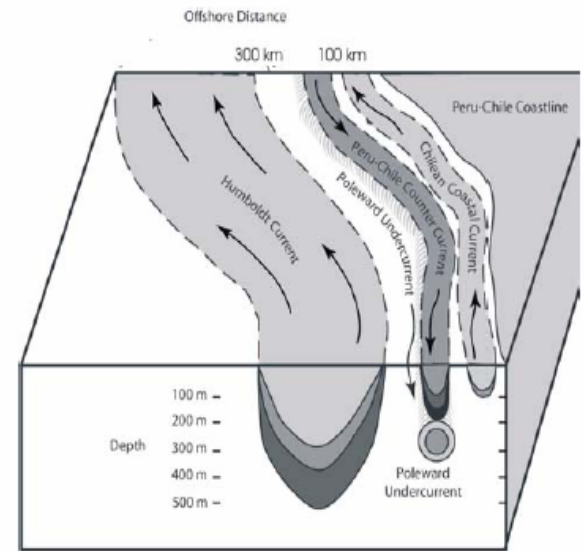
Farías et al 2007, DSRI



Faundez et al., in prep.

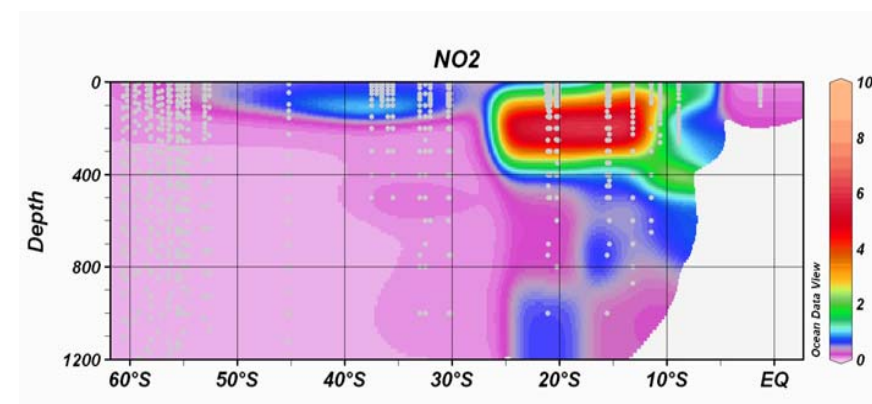
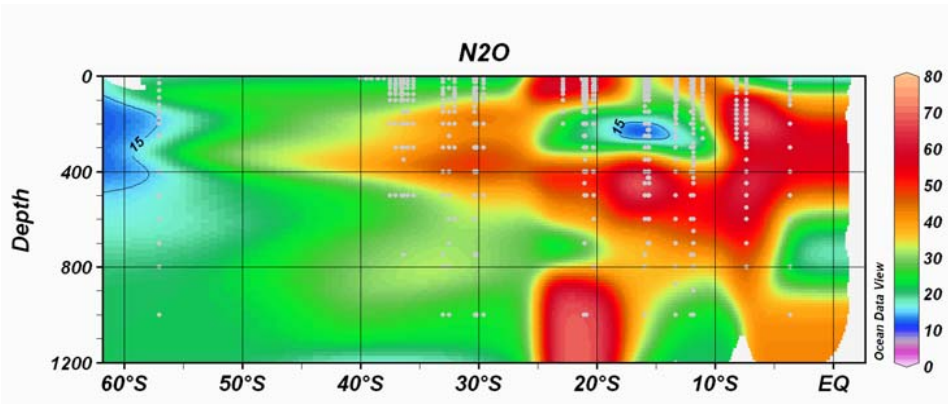
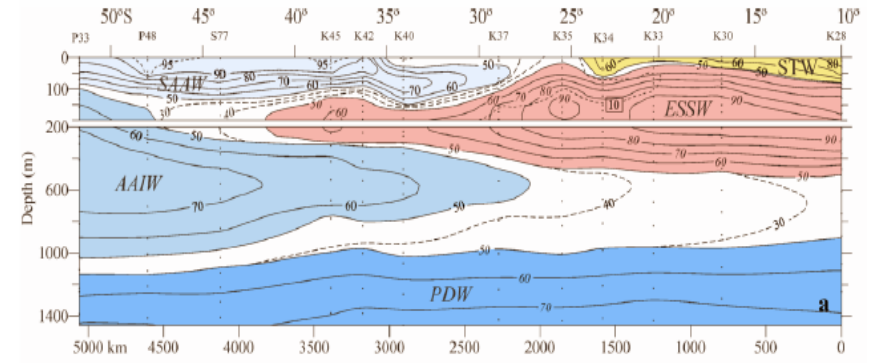
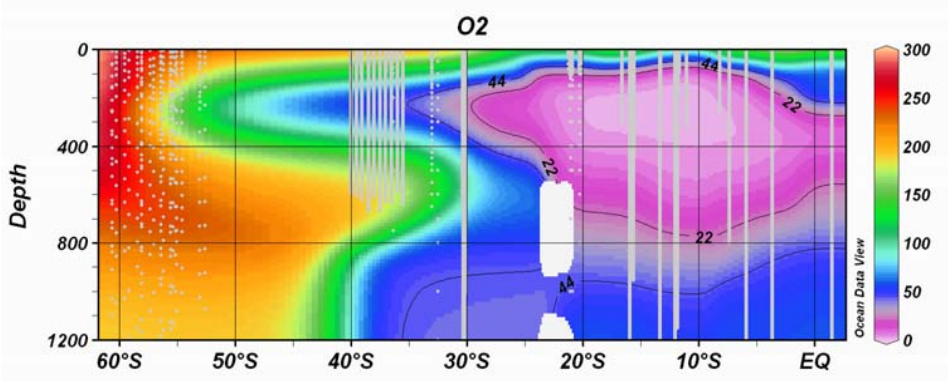
# Meridional.....

**El caso del sistema de corrientes de Humboldt**



# Biogeochemical indicators along Perú-Chile coast

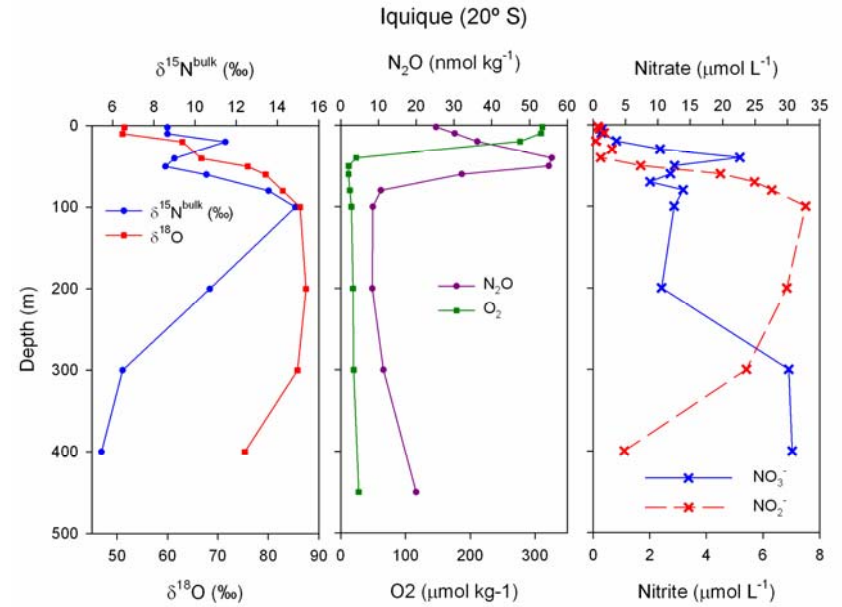
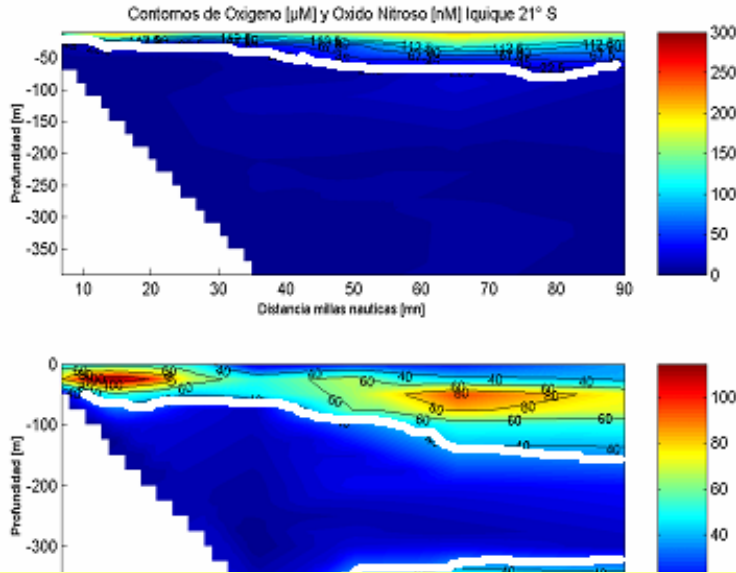
Local or advected denitrification?



AAIW and OMZ  
cruises on board RV  
Knorr, 2005,  
Cornejo et. al

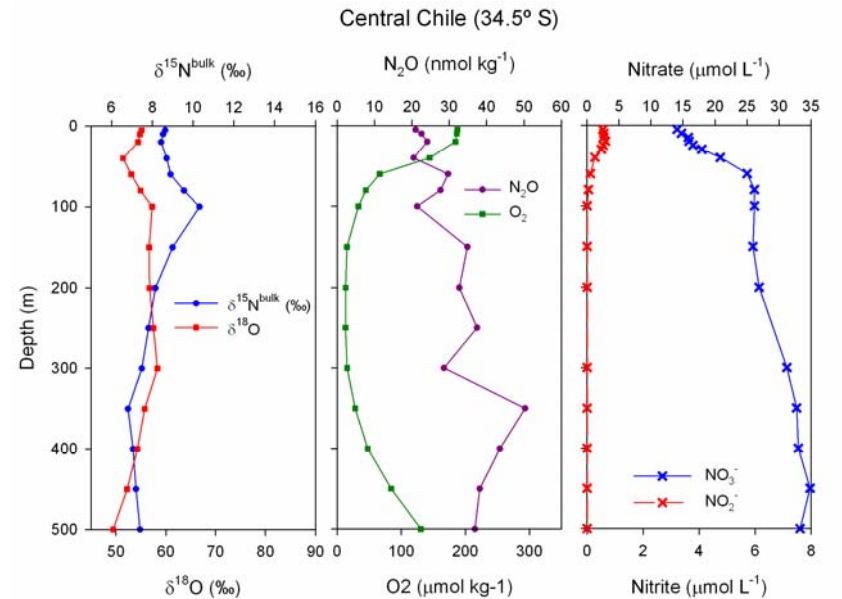
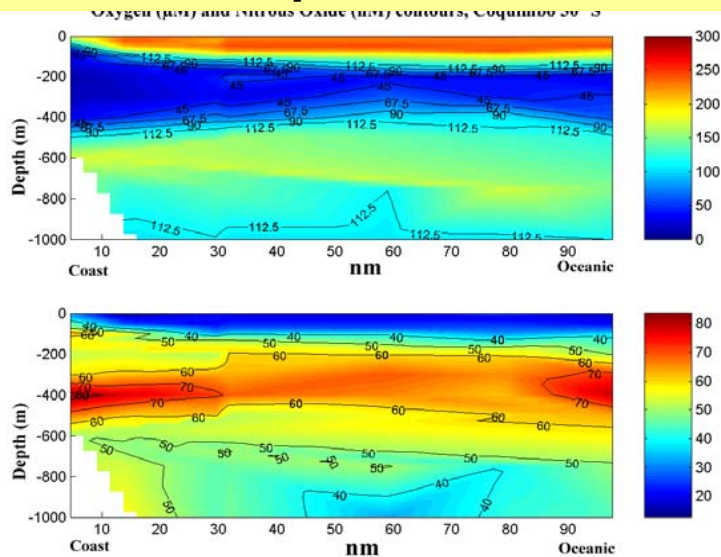
# How fast do biogeochemical conditions in the water mass change as water moves towards central Chile?

Iquique 21° S

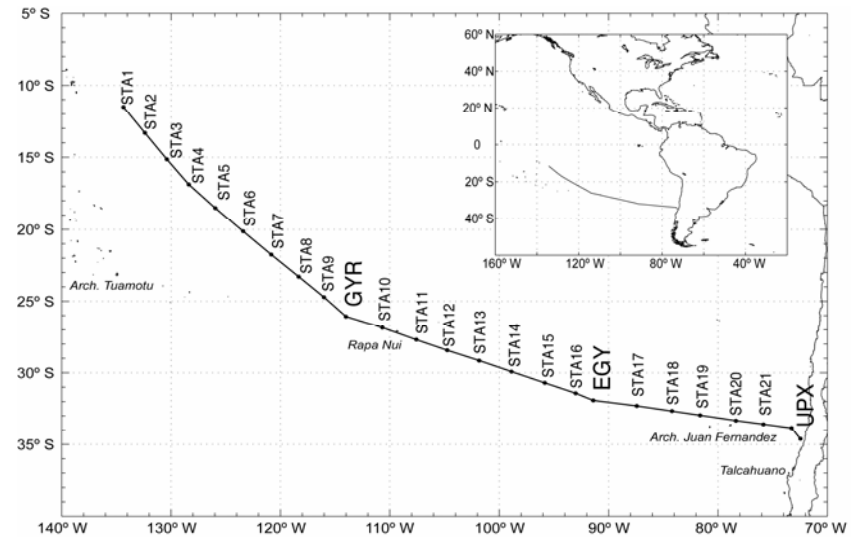


Nitrification, denitrification, both or other processes?

Coquimbo 30° S

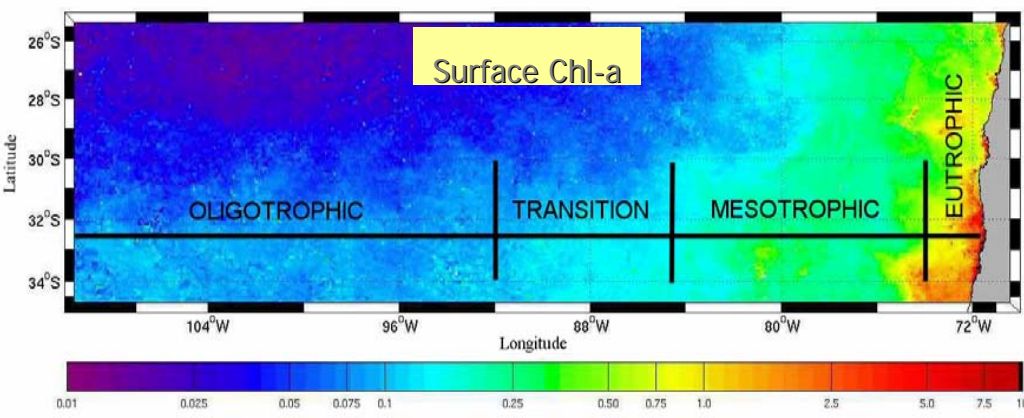


Zonalmente....

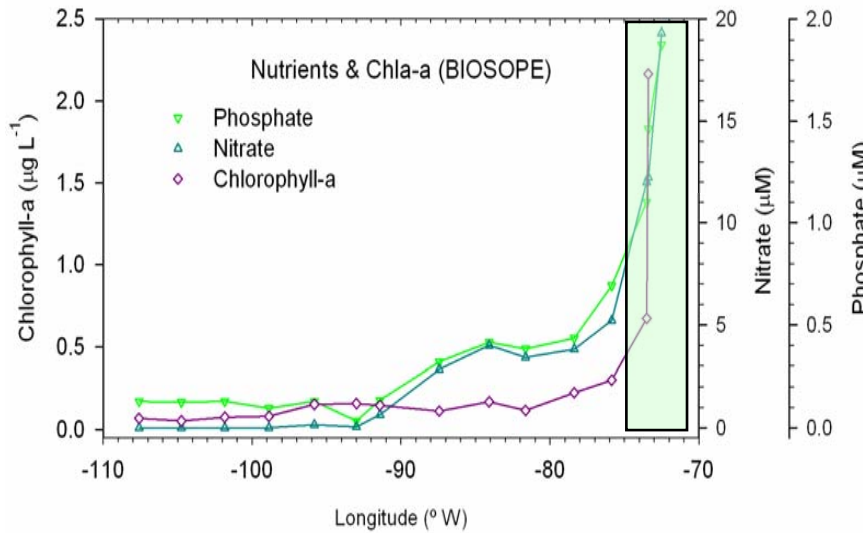
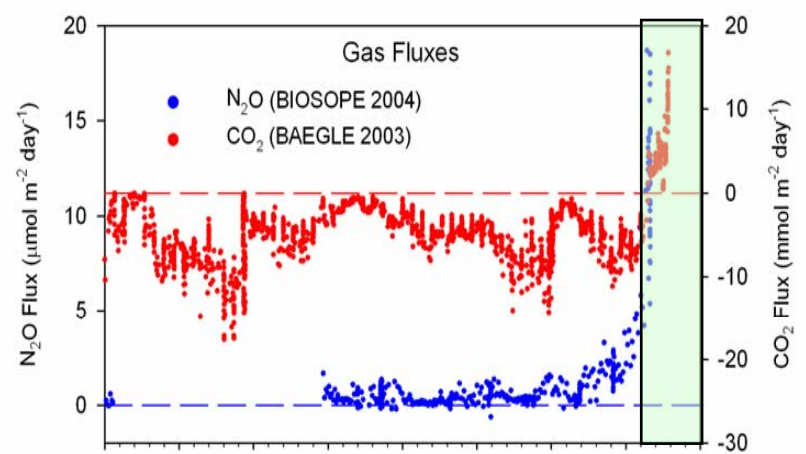
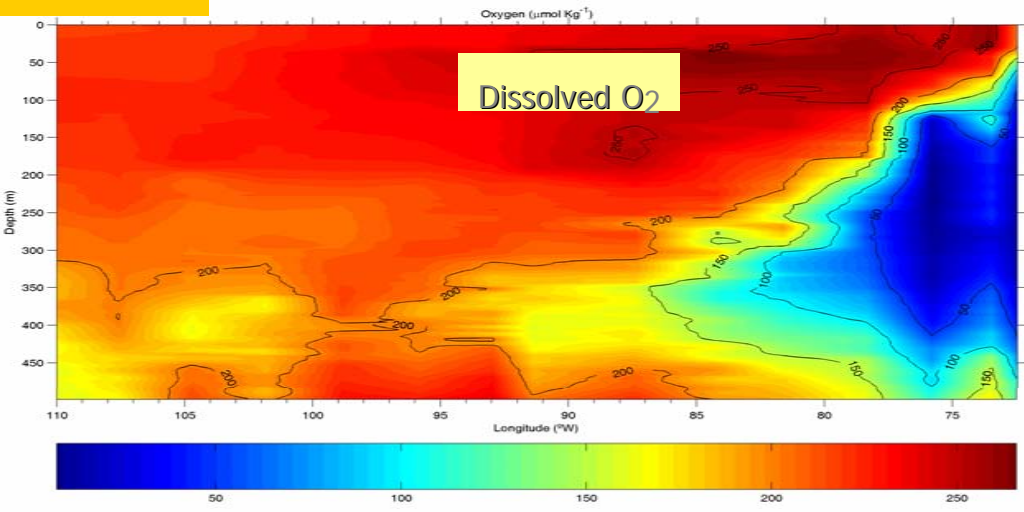


El caso de Giro del Pacífico  
subtropical

# Zonal variations of biogeochemical conditions from Easter Island to central Chile



32° S

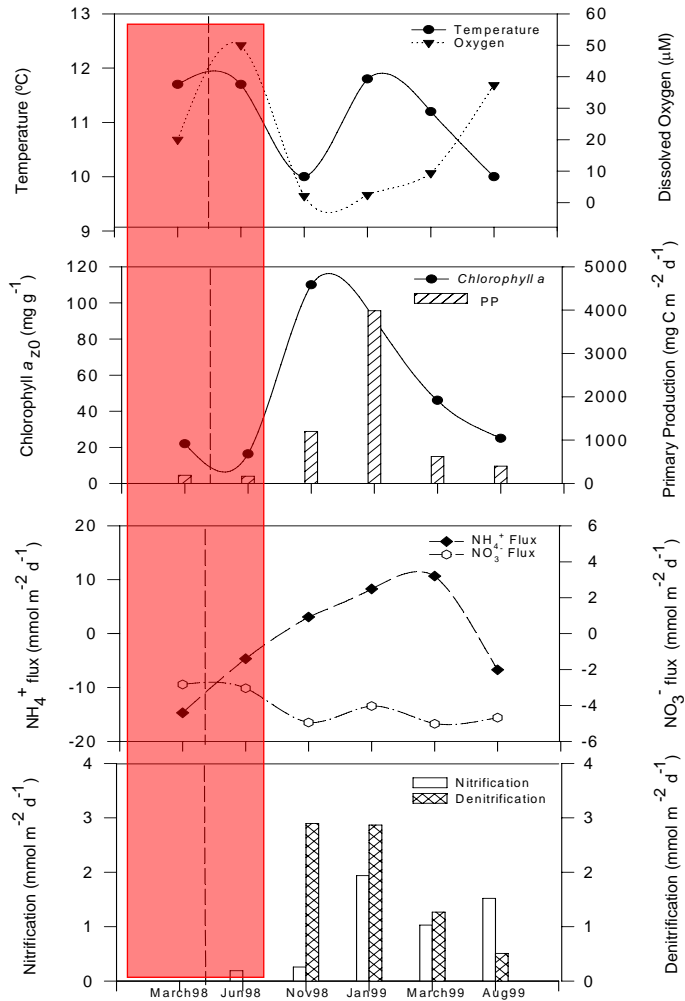


Strong CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions have been observed on coastal upwelling off central Chile

# Temporalmente

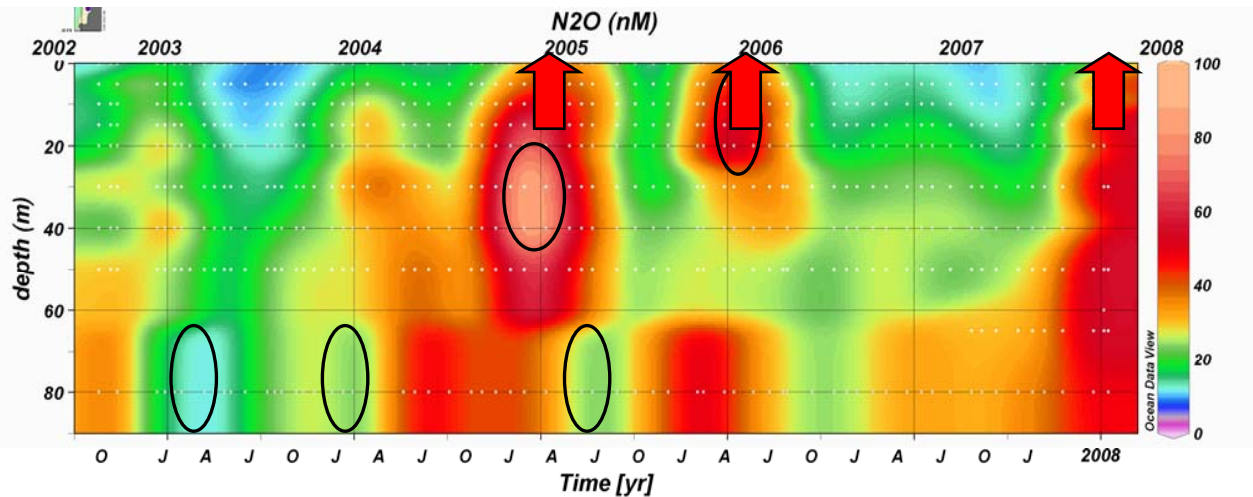
Surgencia estacional y ciclo  
ENSO

# Durante El Niño 97-98 .....

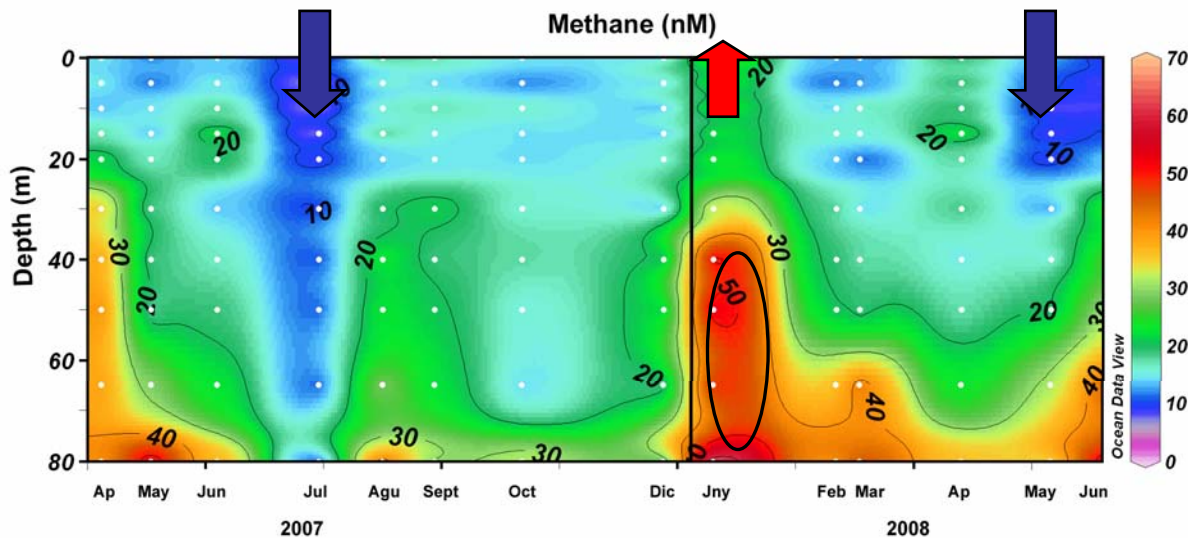


**Water warmer, ,and more oxygenated and less promary production, low expeortation flux toward sediment and lower rates of Ncycling rate in sediment conditions were observed..**

# Contenido de gases invernaderos y sus flujos a través de la interfase mar-atmósfera.



$N_2O$  air-sea fluxes in the central Chile ranged from  $-9.8$  to  $195 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$ . Average global oceanic flux is  $3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$  (Nevinson 1995)



$CH_4$  air-sea fluxes in the central Chile ranged from  $-0.04$  to  $3.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$ . Average global oceanic flux is  $0.39 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$  (NOAA sources)

# Métodos de medición de Gases

1. Equilibrio o stripping con un gas inerte y medición a través de G.C., M.S. or I.R.(N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, Ar, etc.).
2. Medidas directas en solución (O<sub>2</sub> por método Winkler).

