

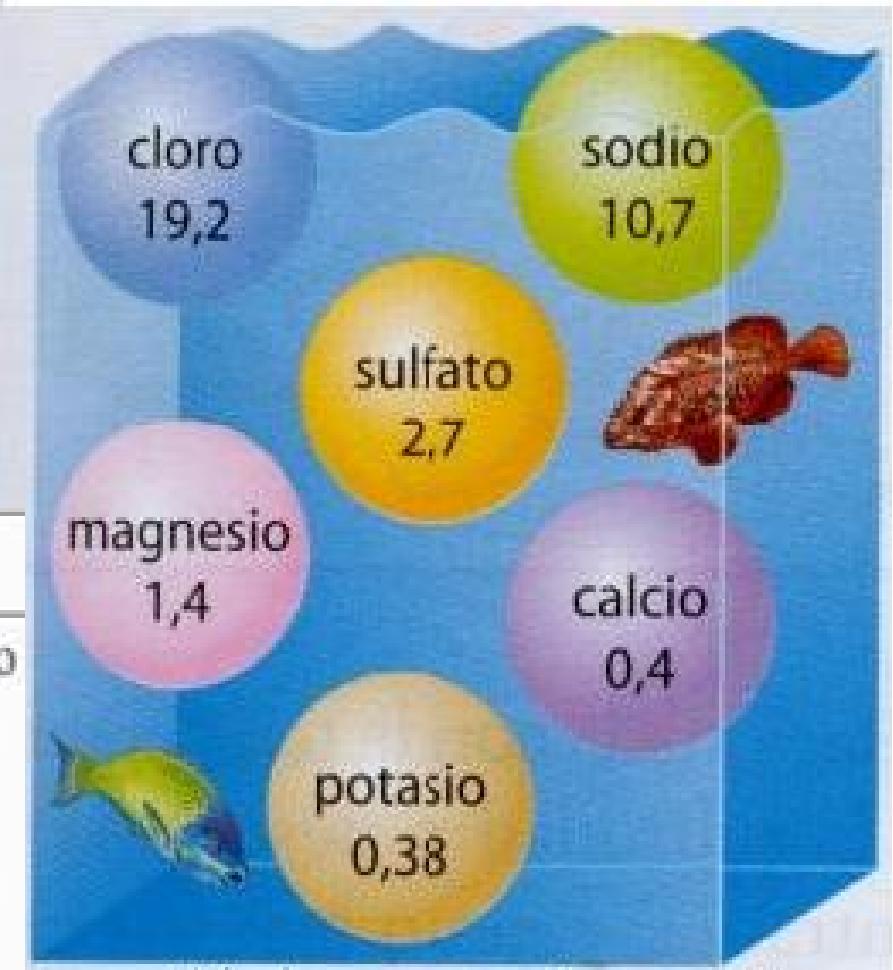
# Nutrientes



# Química del Agua



	Concentración (mg/L)	
	Agua de mar	Agua de pozo
Nitritos	0,13	0,15
Nitratos	1,67	44,01
Amonio total	0,00	0,00
Fosfatos	0,32	3,09
Calcio	311,12	54,34
Magnesio	22,85	1,40
Sodio	8.935,83	433,13
Potasio	535,00	8,70
Cloruros	22.147,69	1.830,72
pH	7,90	8,00



cantidades expresadas en g/L

## Composición de solutos sólidos del agua de mar, cada uno expresado como porcentaje del total

Aniones		Cationes	
Cloruro ( $\text{Cl}^-$ )	55,29	Sodio ( $\text{Na}^+$ )	30,75
Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	7,75	Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	3,70
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	0,41	Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	1,18
Bromuro ( $\text{Br}^-$ )	0,19	Potasio ( $\text{K}^+$ )	1,14
Flúor ( $\text{F}^-$ )	0,0037	Estroncio ( $\text{Sr}^{++}$ )	0,022
Molécula no disociada		Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	0,076

# **Clasificación de los Elementos**

- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| <b>1. Elementos Mayores</b> | <b>0.05 to 750 mM</b> |
| <b>2. Elementos Menores</b> | <b>0.05 to 50 μM</b>  |
| <b>3. Elementos Traza</b>   | <b>0.05 to 50 nM</b>  |

# Aplicaciones del Principio de Constancia en la Composición

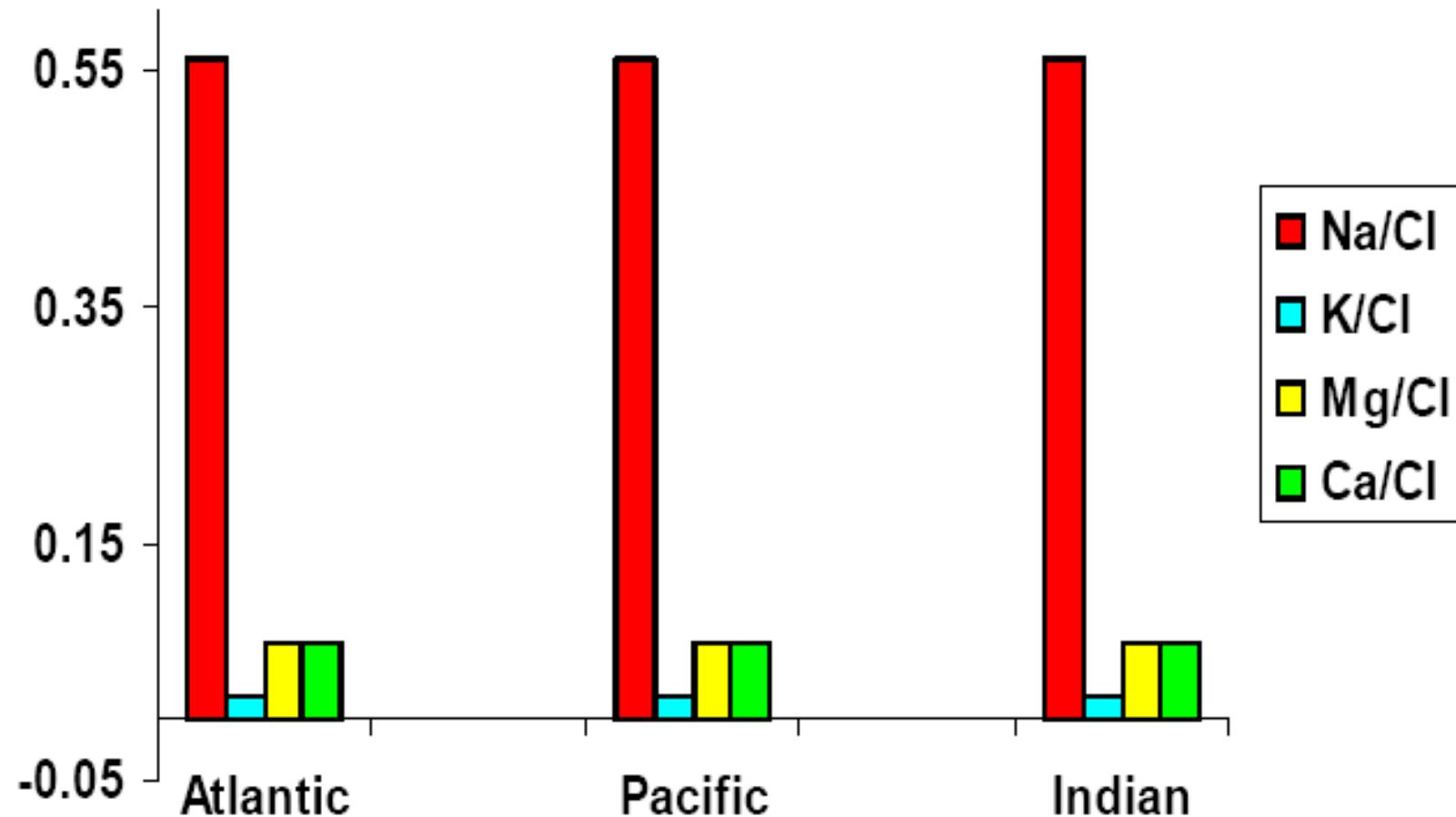
Este principio que constituye una verdadera 1<sup>a</sup> Ley de la Oceanografía Química permite el uso de uno de los componentes mayores como indicador del conjunto.

En ello se basan los conceptos de Clorinidad y de Salinidad: se usa la concentración del ion Cloruro para determinar el contenido total de sales y de ahí se deriva la densidad del agua de mar.

# **El Principio de Marcet**

**La Composición Relativa del  
Agua de mar es Constante  
para todas las Aguas  
Oceánicas**

# Relación de algunos Cationes al Cloruro



# **Causas de Variación en la Composición Relativa de los Componentes Mayores**

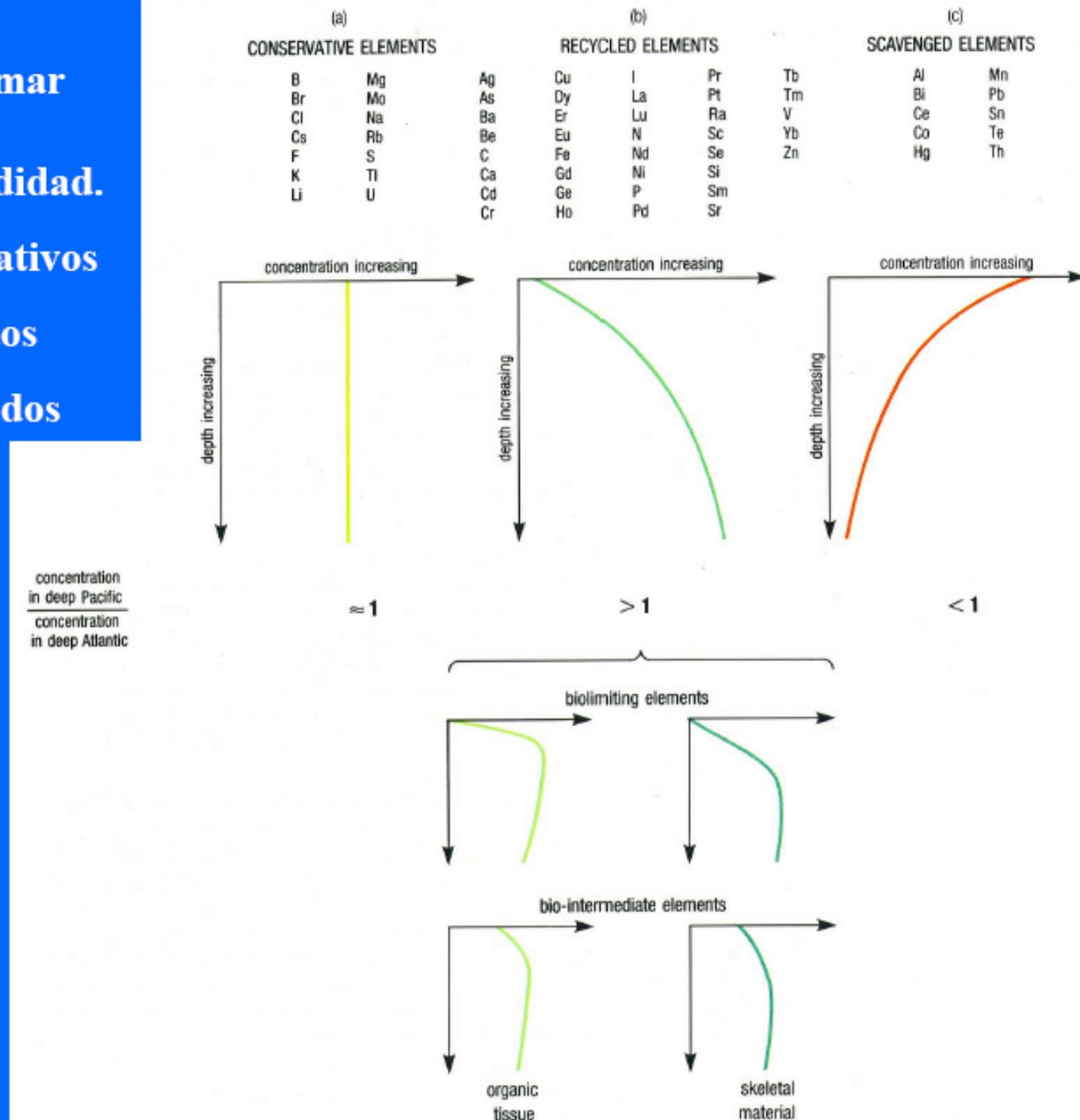
- 1. Mezcla Estuarina**
- 2. Cubetas Anóxicas**
- 3. Congelación**
- 4. Precipitación y Disolución**
- 5. Evaporación**
- 6. Vulcanismo Submarino**
- 7. Mezclas con Salmueras**

# Distribución de los Elementos en el Agua del Océano

1. Perfil Conservativo (**mayor**)
2. Perfile Tipo Nutriente (**Cd, Ge**)
3. Enriquecimiento Superficial y Depleción en Profundidad (**Pb**)
4. Mínimo a media Profundidad (**Al**)
5. Máximo a media Profundidad (**Mn**)
6. Máximo y Mínimo a media Profundidad (**Fe, Mn** – cubetas anóxicas)

# Clasificación de los elementos en agua de mar según su perfil concentración-profundidad.

- a) Elementos Conservativos
- b) Elementos Reciclados
- c) Elementos Arrastrados



# Clasificación de los elementos

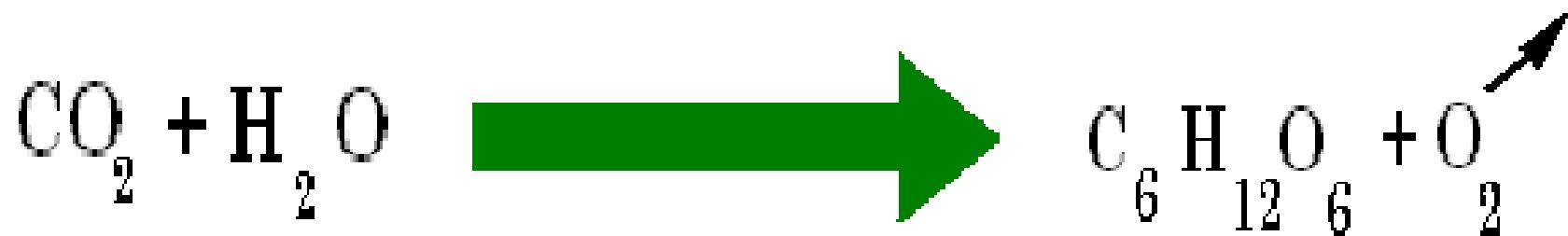
Los elementos mayores ya vimos que tienen un comportamiento conservativo.

Los elementos menores y traza pueden tener un comportamiento análogo al de los nutrientes o bien presentar un perfil que indica su arrastre hacia el fondo/sedimento.

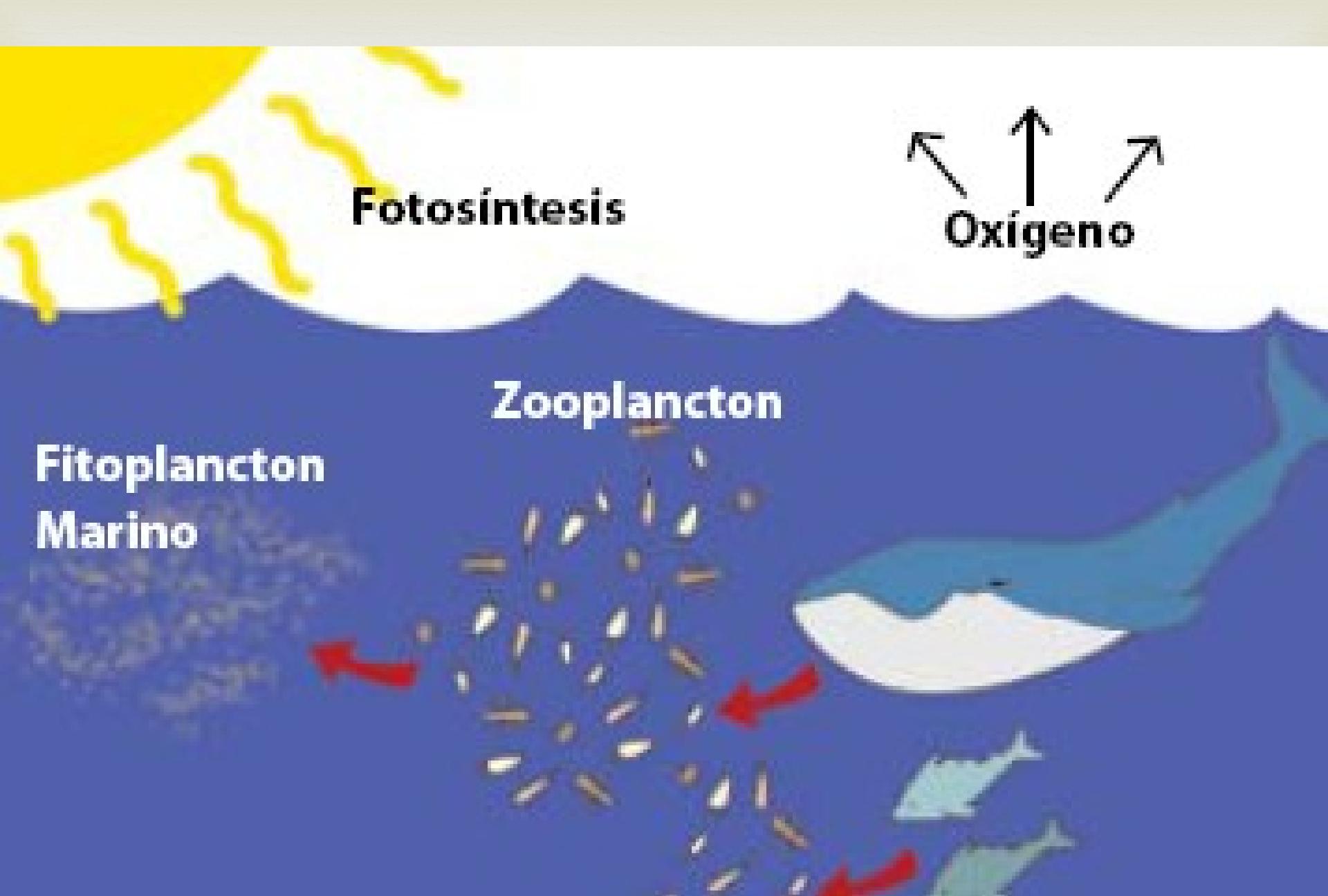
Los gases tienen tambien su propio comportamiento muy importante en el seguimiento temporal de las masas de agua.

# Fotosíntesis

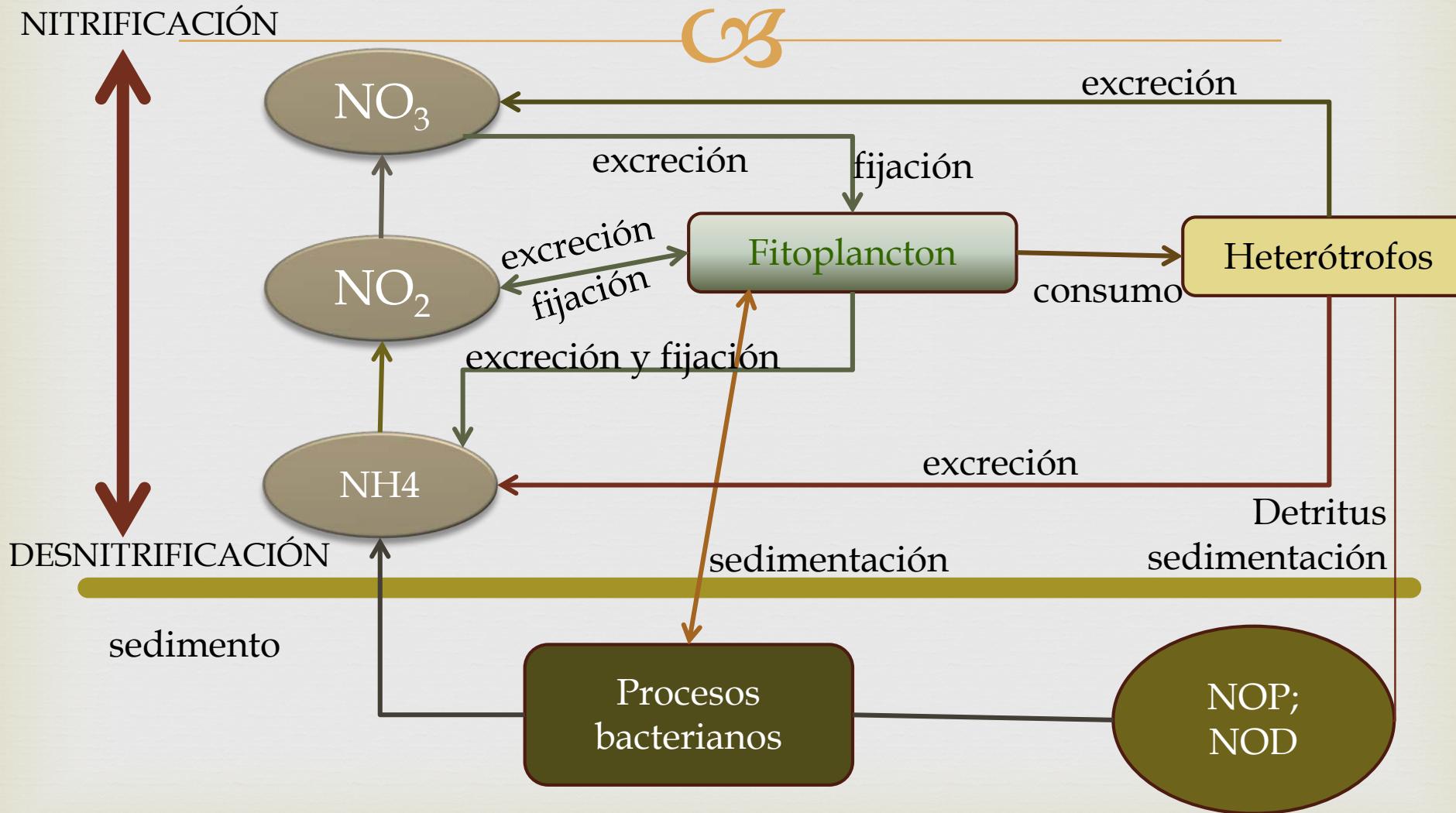
Luz Solar



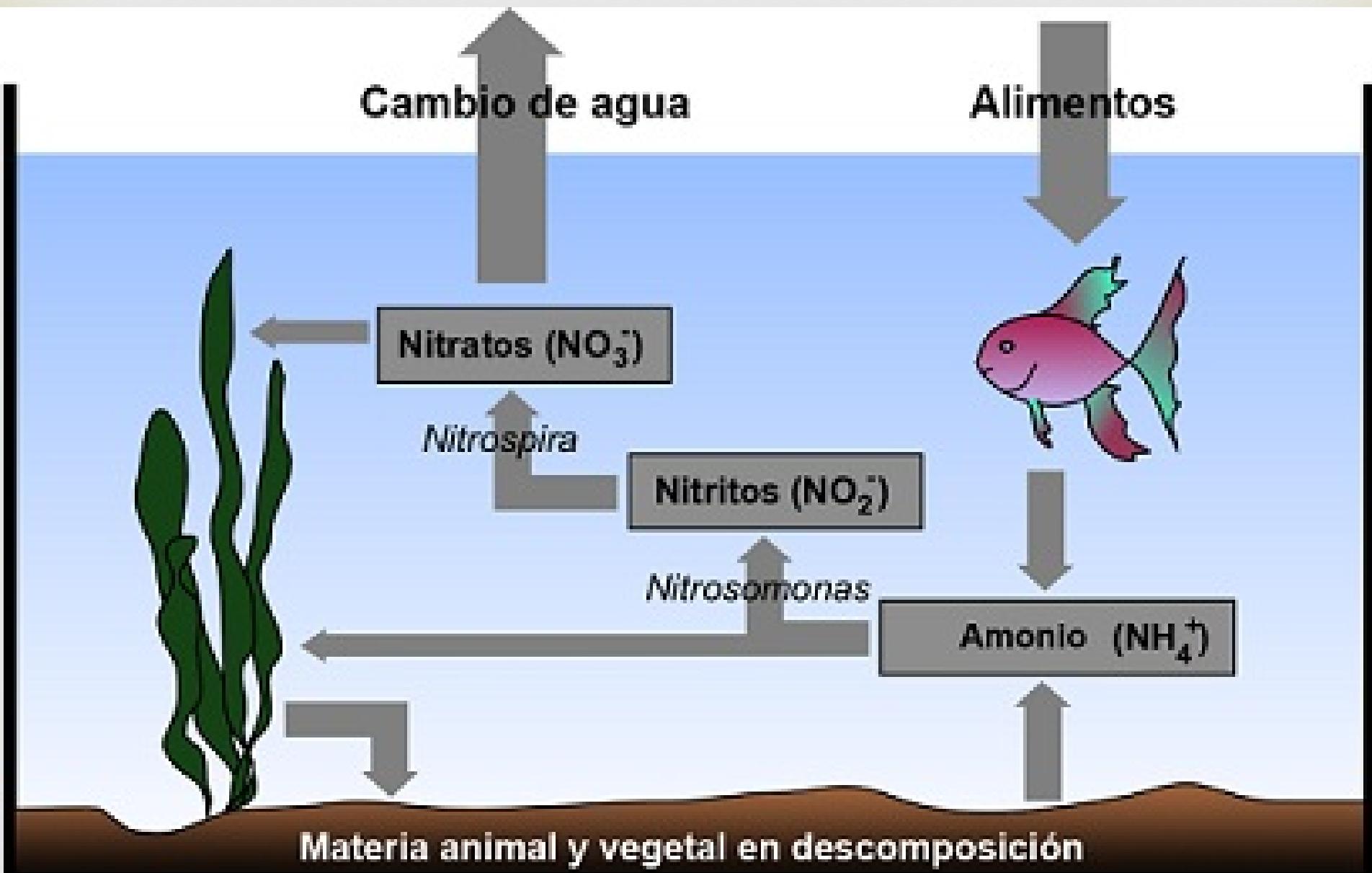
Clorofila



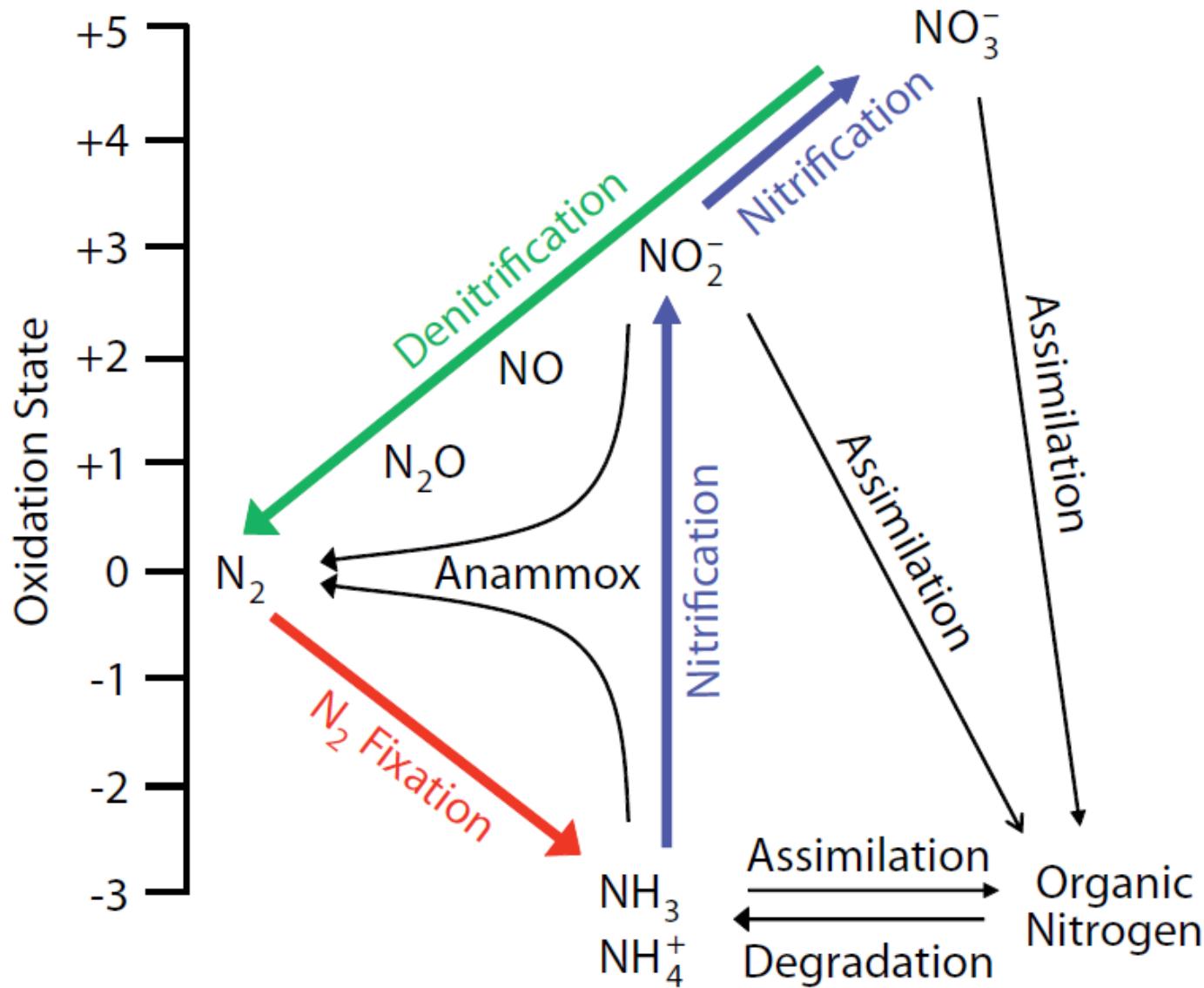
# Nitrógeno



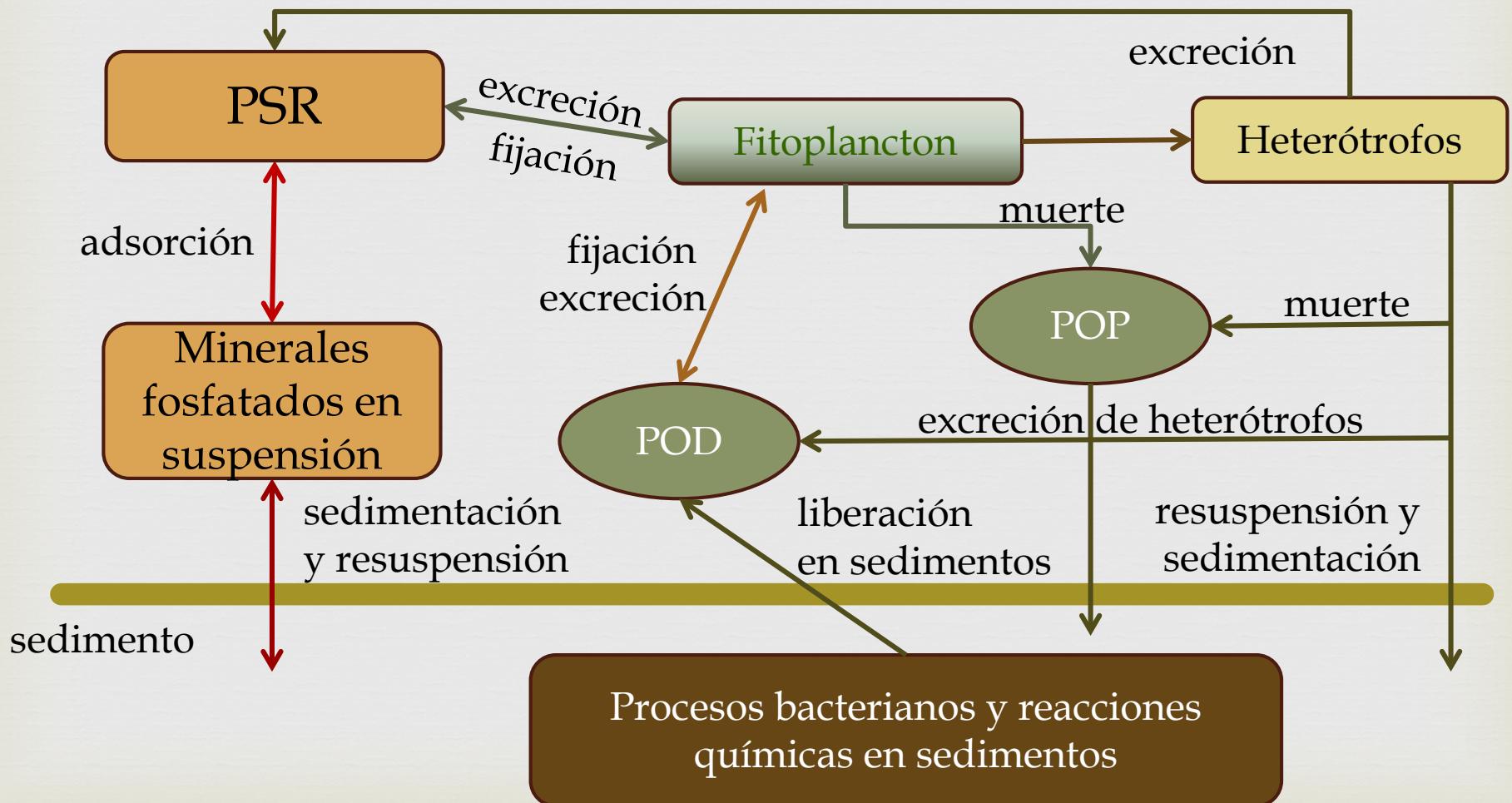
# Nitrógeno



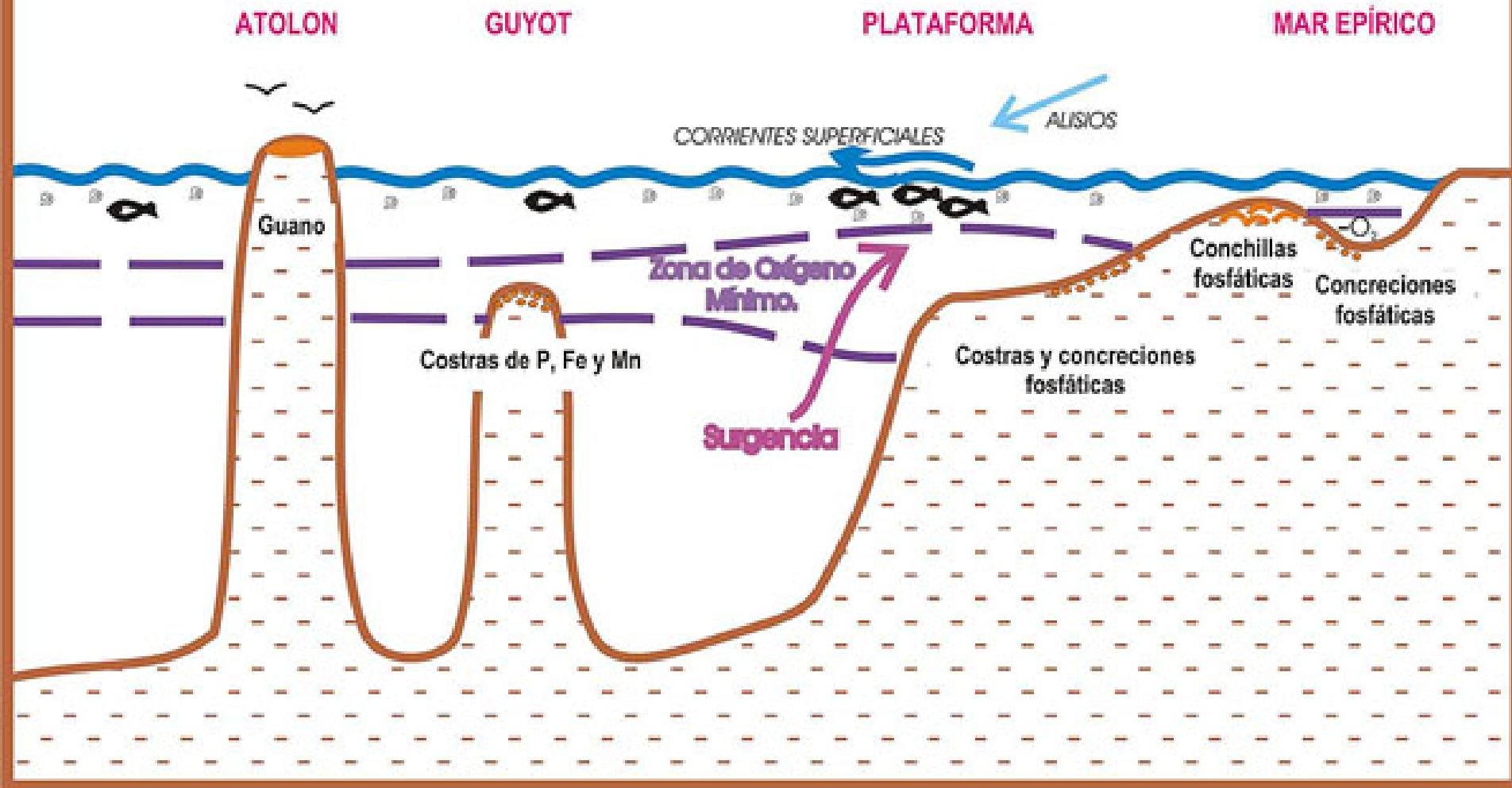
# THE MARINE NITROGEN CYCLE



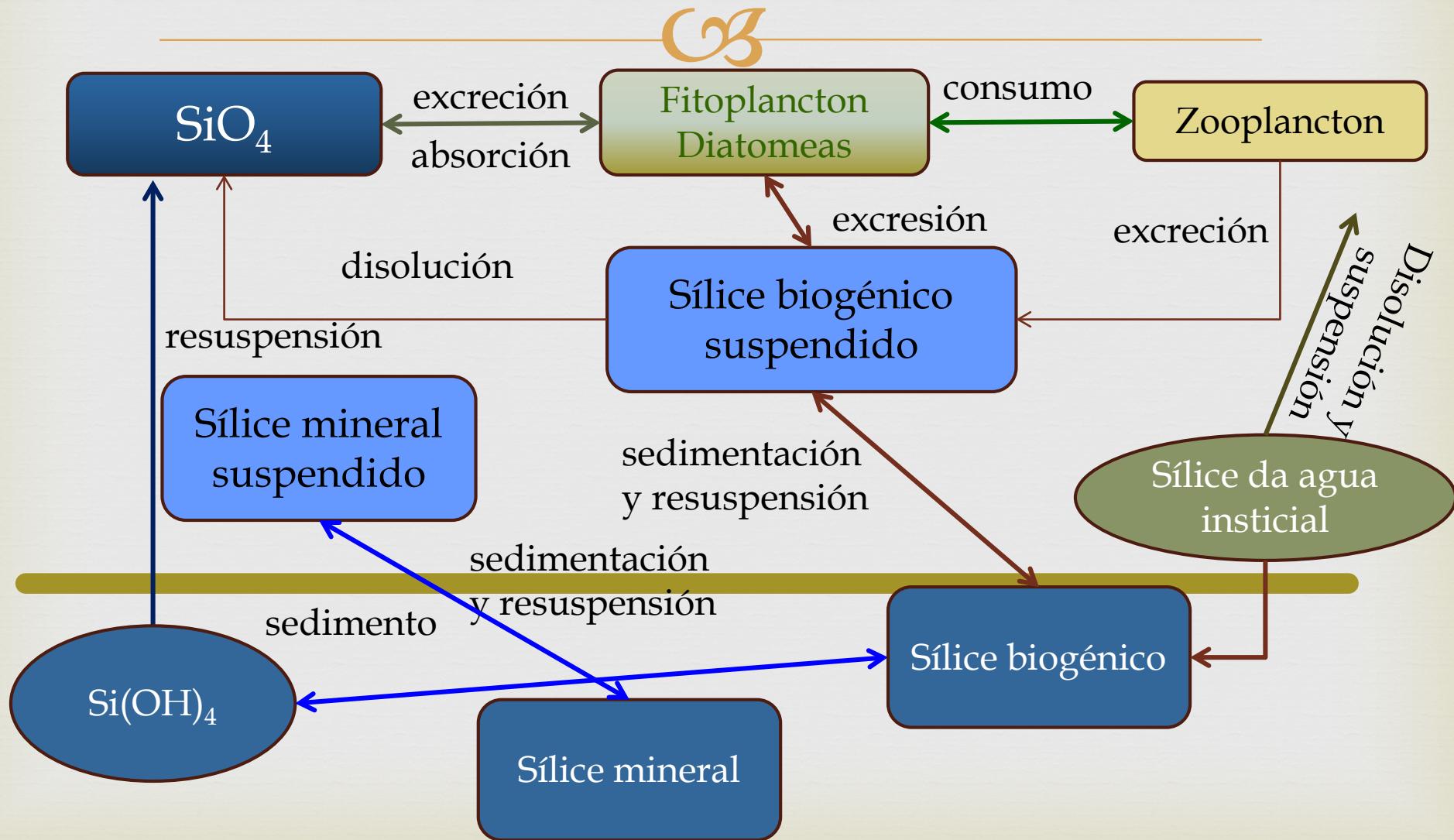
# Fósforo



## AMBIENTES MARINOS CON FORMACIÓN DE FOSFATOS



# Sílice



# TÉCNICAS DE ANÁLISIS

---

## DETERMINACIÓN DE FOSFATOS POR

❖ Método Amarillo del Ácido Vanadomolibdofosfórico.

Solución diluida de ortofosfato,  
molibdato amónico en condiciones ácidas

heteropoliácido,  
ácido molibdofosfórico.

En presencia de vanadio  
forma ácido vanadomolibdofosfórico amarillo.

La intensidad del color amarillo es  
proporcional a la concentración de  
fosfatos.

## ❖ Método Azul el Ácido Ascórbico. P inorgánico u ortofosfatos

en medio ácido el anión fosfato  
y el molibdato amónico en  
presencia de tartrato de K y Sb

ácido fosfomolibdico

reducido mediante ácido ascórbico  
generando una coloración azul debida al  
Mo y susceptible de determinación  
colorimétrica a 850 nm 0.03 a 5 $\mu$ moles/L

## ❖ Método Colorimétrico del Fósforo Total.

La digestión con persulfato amónico de la muestra convierte la mayoría de compuestos orgánicos de P, polifosfatos, hexametafosfatos y fosfitos inorgánicos en ortofosfatos susceptibles en las determinaciones colorimétricas explicadas en los puntos anteriores.

# Amonío



## ❖ Método del azul de indofenol

- ❖ El ion amonio reacciona en un medio citrato alcalino con hipoclorito de sodio.
- ❖ Forma monocloroamina, la cual en presencia de fenol y nitropuciato de sodio, que actúa como catalizador, forma el azul de indofenol y un complejo de citrato con los iones Ca y Mg.
- ❖ La absorbancia de la solución resultante se mide espectrofotométricamente a 640nm
- ❖ La mínima cantidad detectable es de 0.1 $\mu$ g.at.N-NH<sub>4</sub>/L

# Nitritos y Nitratos

---



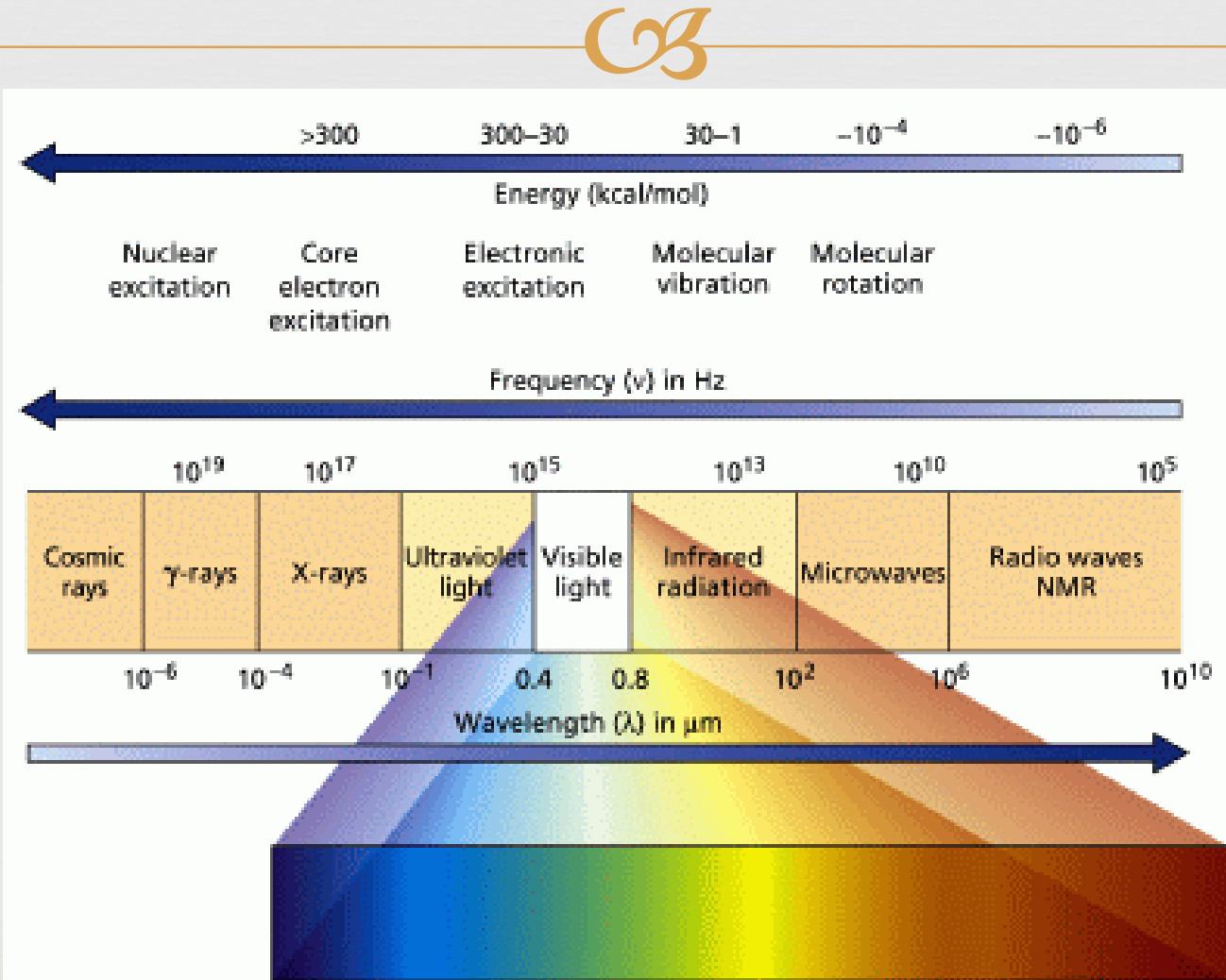
- ❖ El nitrito  $\text{NO}_2$  es determinado a través de la formación de un compuesto azo rojo producido a un pH de 2 a 2.5, acoplando sulfanilamida diazotizada con N-(1-naftil) etilendiamina dicloruro (NED dicloruro). La absorbancia es medida a 543nm. Raro
- ❖ El nitrato  $\text{NO}_3$  se reduce a ion nitrito, cuando la muestra se hace fluir a través de una columna que contiene cadmio recubierto por cobre coloidal. La reducción se hace a pH cercano a 8.5, por lo que la muestra antes de pasar a la columna se trata con una solución de cloruro de amonio, que actúa como buffer. El ión nitrito se determina de acuerdo al método antes descrito.

# Sílice



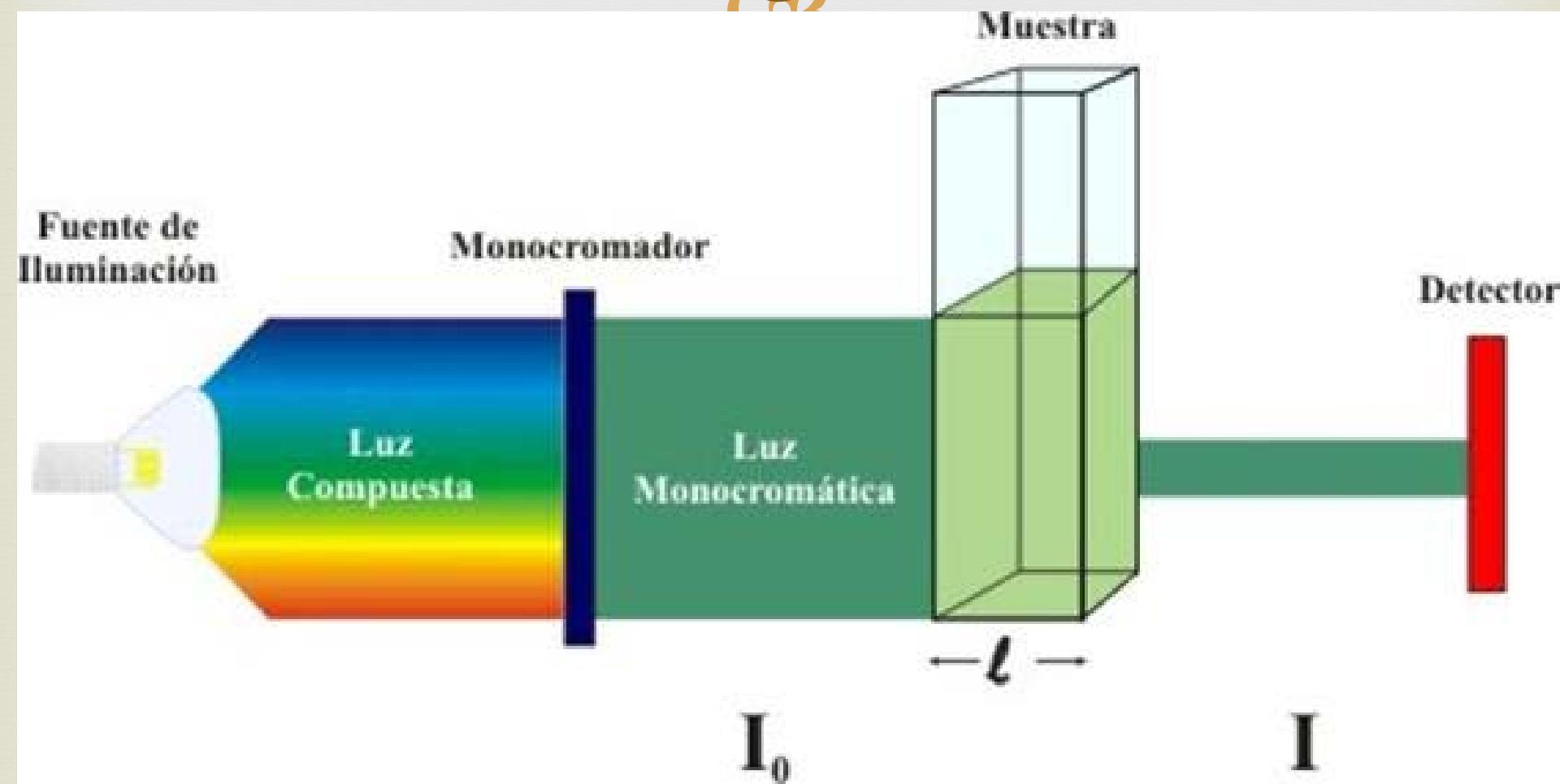
- ❖ Su evaluación depende de la producción del complejo silicomolibdato, al hacer reaccionar el agua de mar con molibdato de amonio, que posteriormente se reduce a un compuesto azul, cuya intensidad es medida espectrofotométricamente.
- ❖ La absorbancia de la solución se mide a 810nm y puede detectar entre 0.05 a 1.4 µg-at/L de Si

# Técnicas colorimétricas

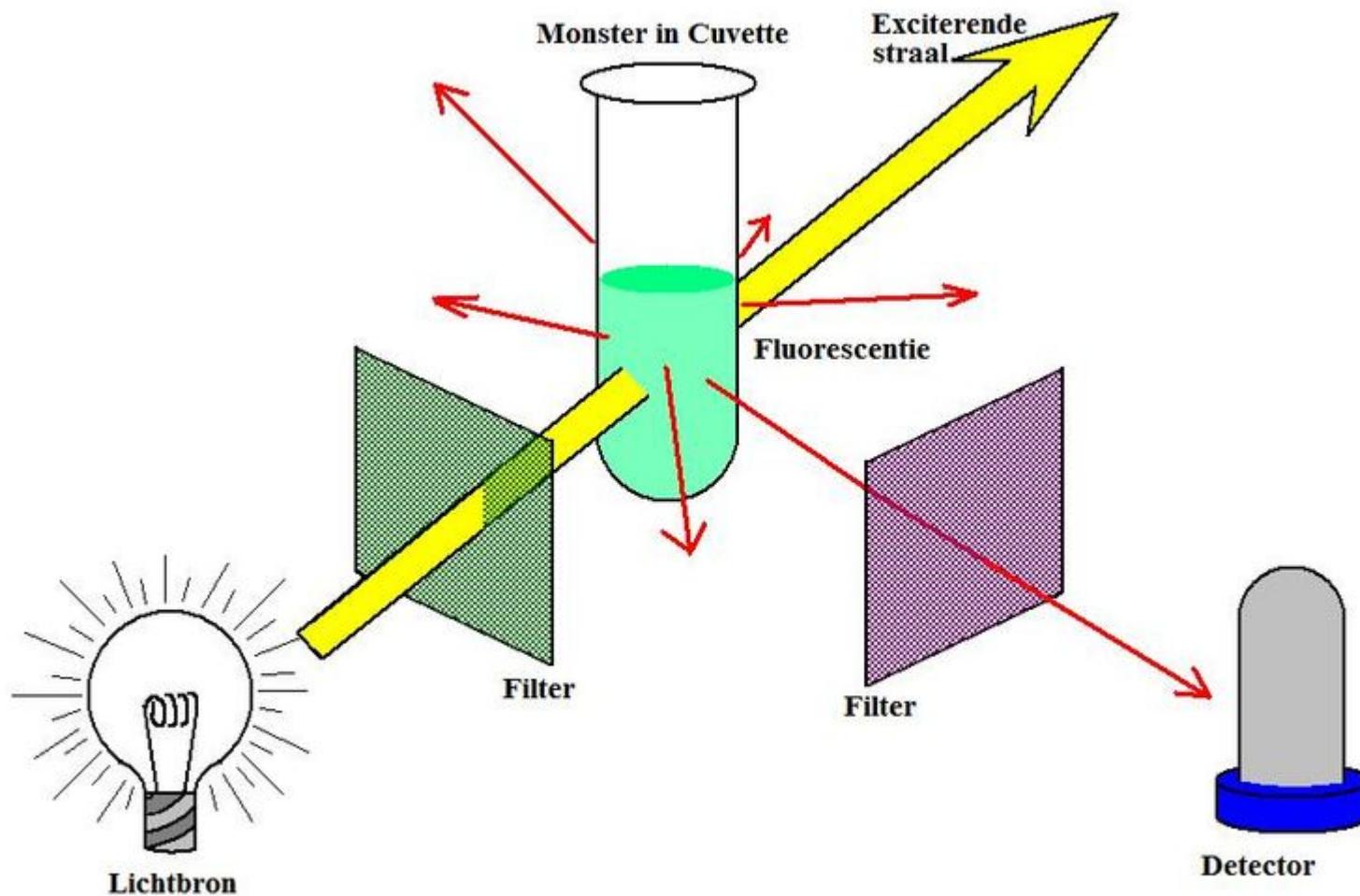


# Fluorómetro

## Una sola longitud de onda



# Espectrofotómetro



# Autoanalizador



- ❖ El mol es una unidad que expresa g de soluto en 1000 ml (1000 ml es 1 L), por lo tanto se expresa como **micromol** =  $\mu\text{mol}$  =  $\mu\text{M}$
- ❖ Para **convertir micromoles por litro**, multiplicas por mil y por el peso molecular del soluto.

1. Calcula el peso molecular del soluto en la solución. Por ejemplo, cloruro de sodio, NaCl. Para encontrar el peso molecular del cloruro de sodio, añade el peso de Na (22.99) a Cl (35.45) = 58.44 gramos por mol.
2. Para convertir miligramos por litro a molaridad, utiliza esta fórmula:

$$\text{molaridad} = \frac{\text{concentración en mg/L}}{(\text{peso molecular del soluto}) \times 1.000}$$

la ecuación es:

$$\text{molaridad} = \frac{0.5 \text{ NaCl mg/L}}{58.44 \times 1000} = 8.557 \mu\text{M.}$$

**TABLA PERIÓDICA GENERAL: NÚMERO ATÓMICO Y MASA ATÓMICA**

1 <b>H</b> 1,008													2 <b>He</b> 4,003				
3 <b>Li</b> 6,94	4 <b>Be</b> 9,01																
11 <b>Na</b> 22,99	12 <b>Mg</b> 24,31																
19 <b>K</b> 39,10	20 <b>Ca</b> 40,08	21 <b>Sr</b> 44,96	22 <b>Ti</b> 47,87	23 <b>V</b> 50,94	24 <b>Cr</b> 52,00	25 <b>Mn</b> 54,94	26 <b>Fe</b> 55,85	27 <b>Co</b> 58,93	28 <b>Ni</b> 58,69	29 <b>Cu</b> 63,55	30 <b>Zn</b> 65,39	31 <b>Ga</b> 69,72	32 <b>Ge</b> 72,61	33 <b>As</b> 74,92	34 <b>Se</b> 78,96	35 <b>Br</b> 79,90	36 <b>Kr</b> 83,80
37 <b>Rb</b> 85,47	38 <b>Sr</b> 87,62	39 <b>Y</b> 88,91	40 <b>Zr</b> 91,22	41 <b>Nb</b> 92,91	42 <b>Mo</b> 95,94	43 <b>Tc</b> (98,91)	44 <b>Ru</b> 101,07	45 <b>Rh</b> 102,91	46 <b>Pd</b> 106,42	47 <b>Ag</b> 107,87	48 <b>Cd</b> 112,41	49 <b>In</b> 114,82	50 <b>Sn</b> 118,71	51 <b>Sb</b> 121,76	52 <b>Te</b> 127,60	53 <b>I</b> 126,90	54 <b>Xe</b> 131,29
55 <b>Cs</b> 132,91	56 <b>Ba</b> 137,33	57 <b>La</b> 138,91	72 <b>Hf</b> 178,49	73 <b>Ta</b> 180,95	74 <b>W</b> 183,84	75 <b>Re</b> 186,21	76 <b>Os</b> 190,23	77 <b>Ir</b> 192,22	78 <b>Pt</b> 195,08	79 <b>Au</b> 196,97	80 <b>Hg</b> 200,59	81 <b>Tl</b> 204,38	82 <b>Pb</b> 207,20	83 <b>Bi</b> 208,98	84 <b>Po</b> (208,98)	85 <b>At</b> (209,99)	86 <b>Rn</b> (222,02)
87 <b>Fr</b> (223,02)	88 <b>Ra</b> (226,03)	89 <b>Ac</b> (227,03)	104 <b>Rf</b> (261,11)	105 <b>Db</b> (262,11)	106 <b>Sg</b> (263,12)	107 <b>Bh</b> (264,12)	108 <b>Hs</b> (265,13)	109 <b>Mt</b> (268)	110 <b>Ds</b> (269)	111 <b>Rg</b> (272)	112 <b>Uub</b> (277)		114 <b>Uuq</b> (285)		116 <b>Uuh</b> (289)		

58 <b>Ce</b> 141,12	59 <b>Pr</b> 140,91	60 <b>Nd</b> 144,24	61 <b>Pm</b> (144,91)	62 <b>Sm</b> 150,36	63 <b>Eu</b> 151,96	64 <b>Gd</b> 157,25	65 <b>Tb</b> 158,93	66 <b>Dy</b> 162,50	67 <b>Ho</b> 164,93	68 <b>Er</b> 167,26	69 <b>Tm</b> 168,93	70 <b>Yb</b> 173,04	71 <b>Lu</b> 174,97
90 <b>Th</b> 232,04	91 <b>Pa</b> 231,04	92 <b>U</b> 238,03	93 <b>Np</b> (237,05)	94 <b>Pu</b> (244,06)	95 <b>Am</b> (243,06)	96 <b>Cm</b> (247,07)	97 <b>Bk</b> (247,07)	98 <b>Cf</b> (251,08)	99 <b>Es</b> (252,08)	100 <b>Fm</b> (257,10)	101 <b>Md</b> (258,10)	102 <b>No</b> (259,10)	103 <b>Lr</b> (262,11)