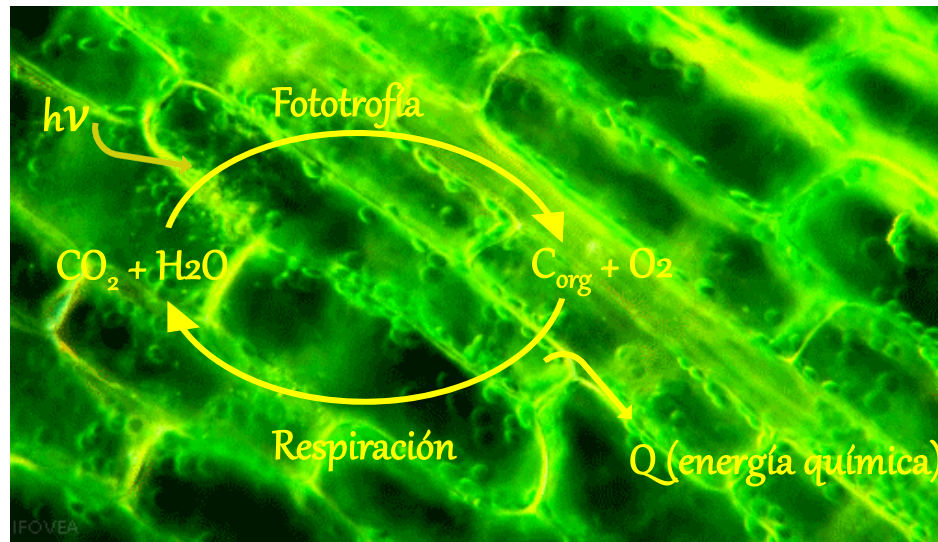
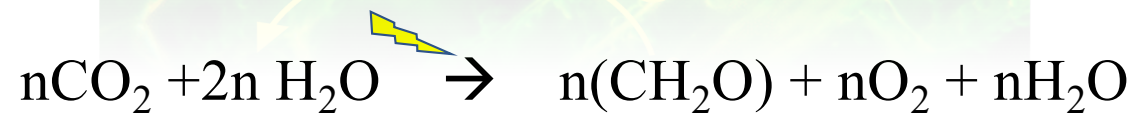


Patrones globales de producción primaria en el océano

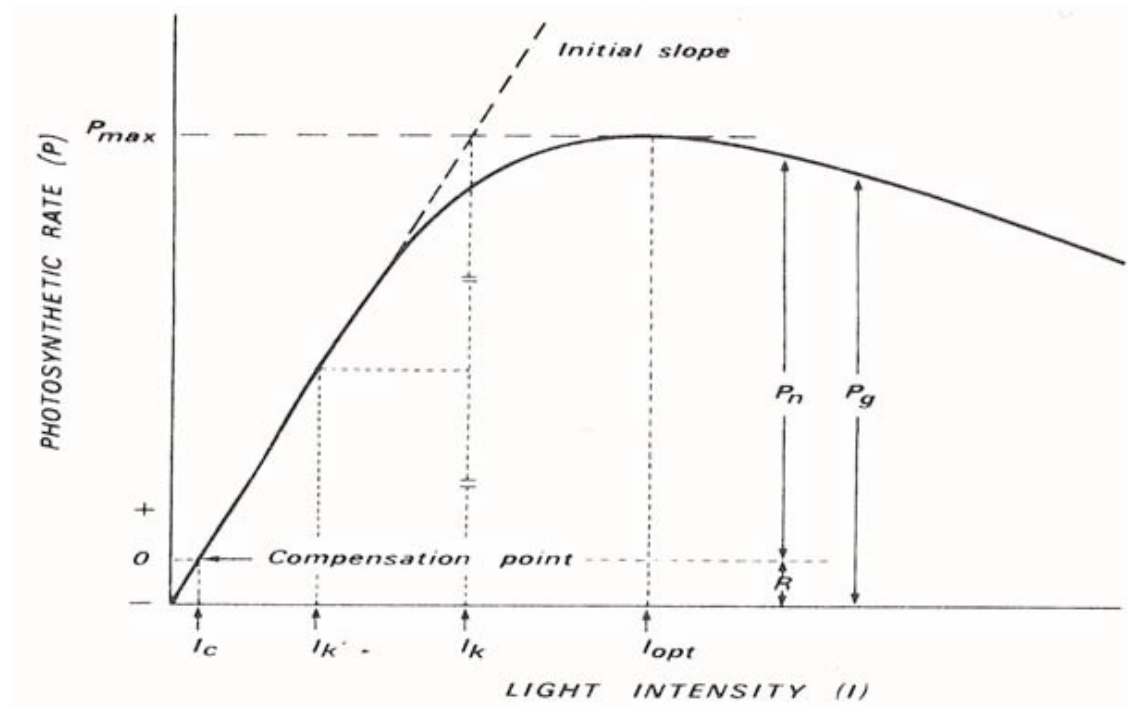
Producción primaria



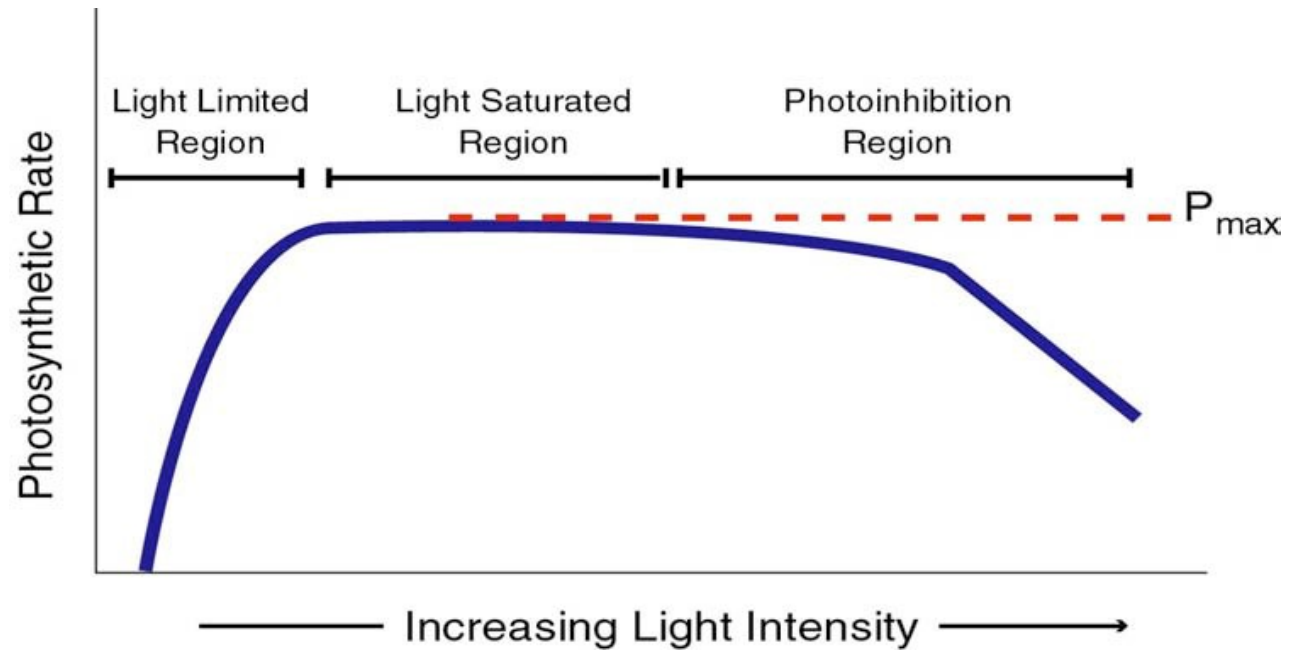
La fotosíntesis requiere de luz, agua y bióxido de carbono



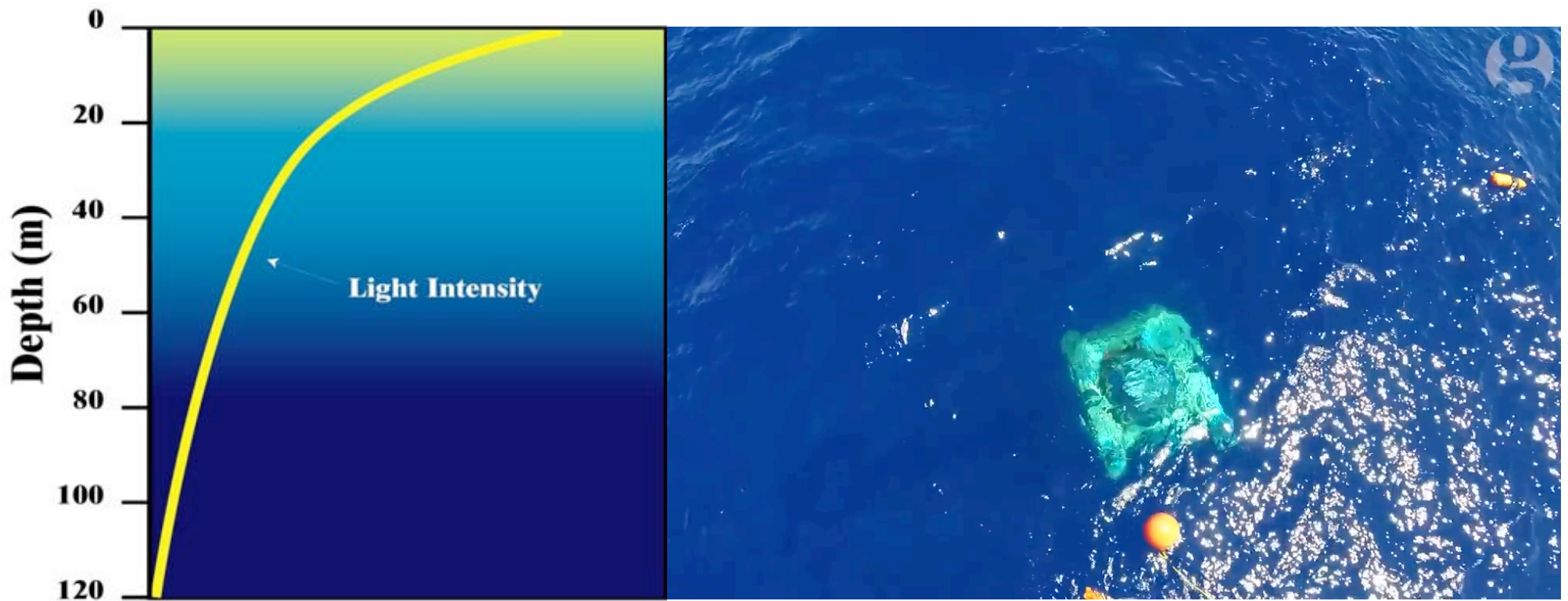
Requerimientos para la fotosíntesis: luz



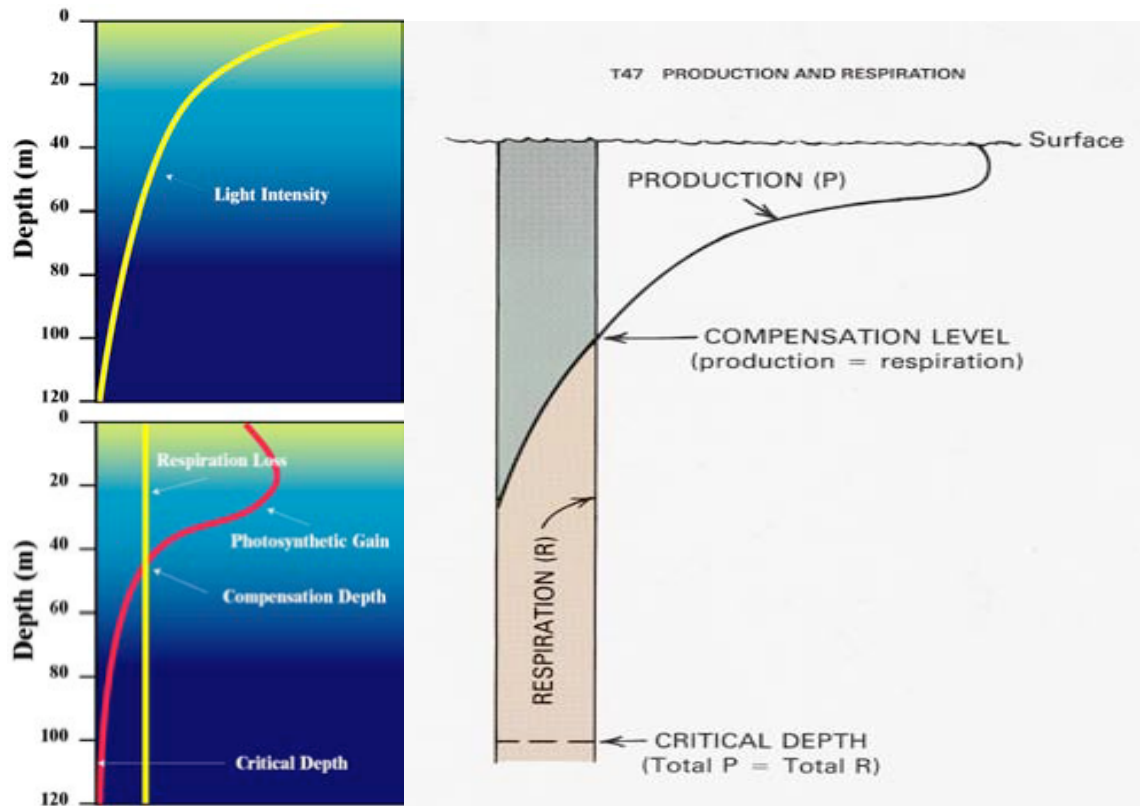
Tasa fotosintética vs. intensidad de la luz



Distribución vertical de la luz en el océano

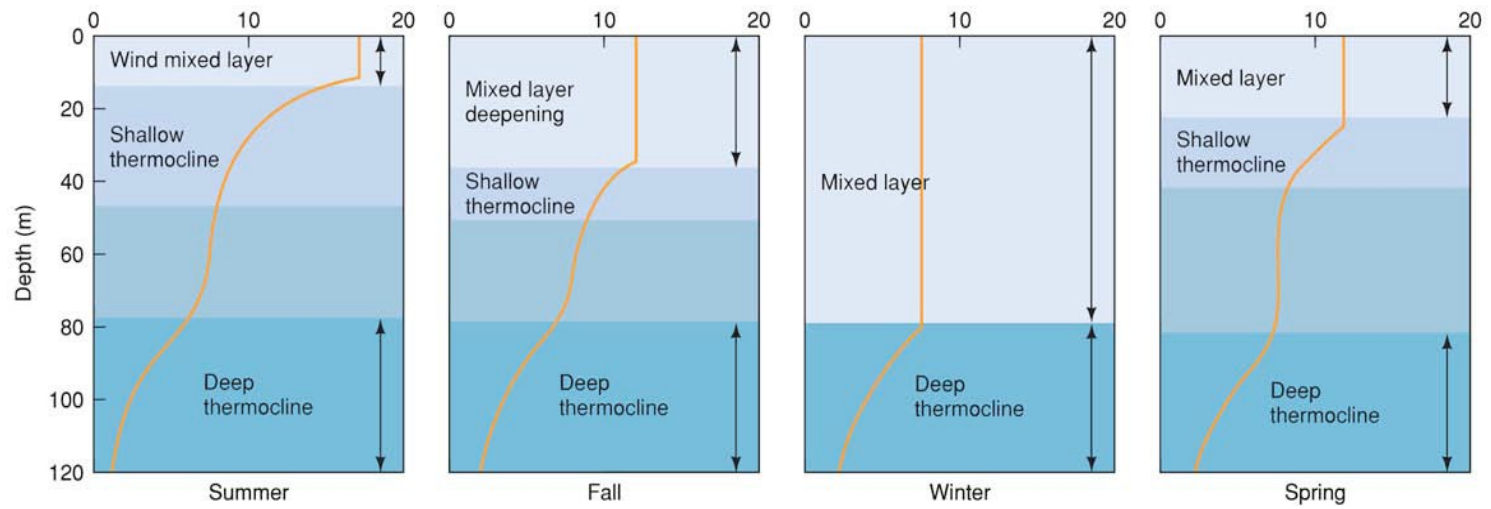


La profundidad crítica



Variaciones estacionales

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.
Temperature (°C)



Consideraciones globales

Latitudes altas:

Aguas mezcladas, la luz es limitante en el invierno

Profundidad crítica: florecimientos de primavera

Nutrientes limitantes o efectos del pastoreo en verano

Latitudes bajas:

Usualmente, no se consideran sistemas limitados por la luz

Usualmente, los nutrientes son limitantes al igual que los efectos del pastoreo

Razones de Redfield-Ketchum-Richards (macronutrientes)

Alfred Redfield (un fisiólogo norteamericano) analizó datos empíricos para concluir que el agua de todos los océanos tiene una razón atómica de N y P que se mantiene cerca de 16:1 y es, **sorprendentemente**, muy similar a la razón N:P del fitoplancton

¡El problema era similar al clásico dilema de causalidad del huevo o la gallina!

Redfield propuso dos mecanismos mutuamente no excluyentes para explicar esta paradoja:

I) La razón N:P en el plancton refleja la composición N:P del agua de mar. Las especies de fitoplancton con diferentes requerimientos de N y P compiten dentro del mismo medio y, finalmente, presentan la misma composición de nutrientes que la del agua de mar

II) La razón N:P en el agua de mar tiende hacia la composición N:P del plancton. Además, Redfield propuso un escenario similar a un termostato en el que las actividades de los fijadores de nitrógeno y los desnitrificadores mantienen la proporción de nitrato a fosfato en el agua de mar cerca de los **requisitos del protoplasma**

Razones de Redfield-Ketchum-Richards (macronutrientes)

Atomic Ratios of the Principal Elements Present in Plankton

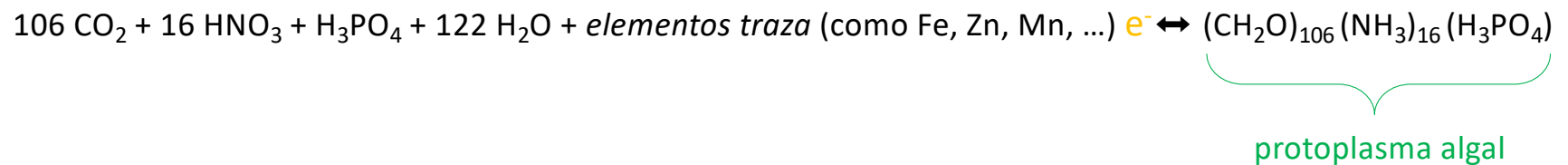
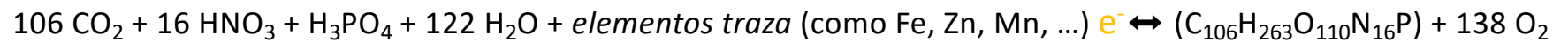
	C	N	P
Zooplankton	103	16.5	1
Phytoplankton	108	15.5	1
Average	106	16	1

Redfield, Ketchum and Richards (1963) The Sea Vol. 2

Las razones elementales promedio de las partículas marinas son:

$$\mathbf{P : N : C = 1 : 16 : 106}$$

Razones de Redfield-Ketchum-Richards (macronutrientes)



Razones de Redfield-Ketchum-Richards (macronutrientes)

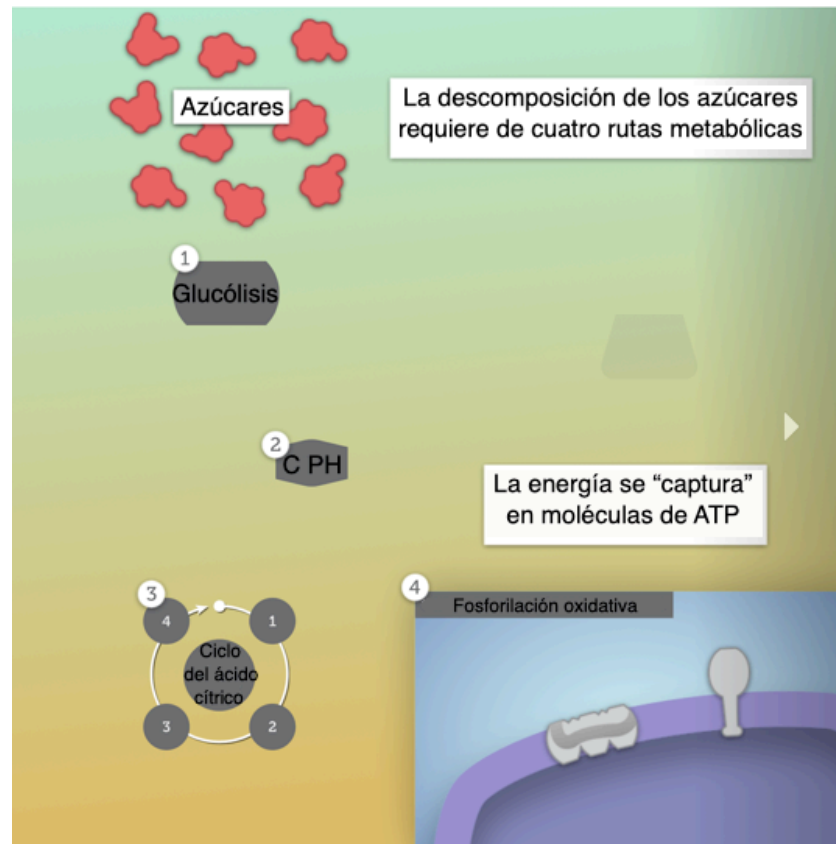
Relación estequiométrica

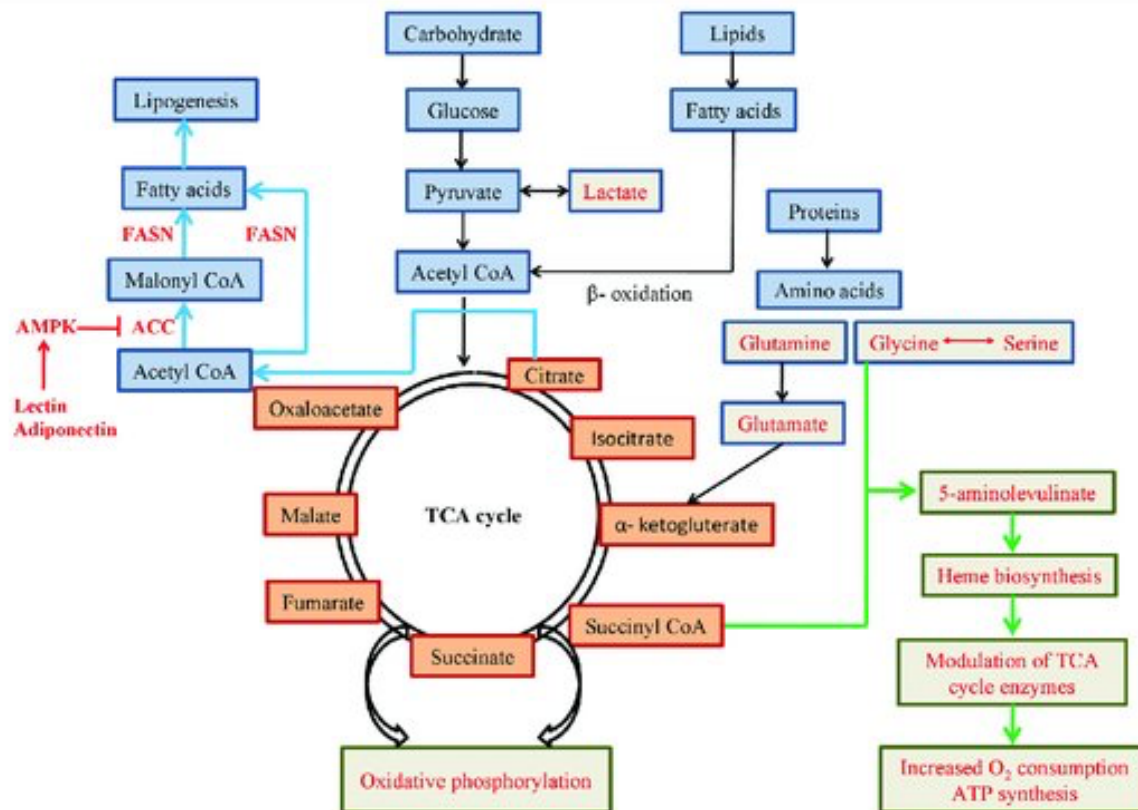
Producción *de novo* de macromoléculas orgánicas



Estos (N, P) y algunos otros (Si, Fe, ...) se conocen como elementos biolimitantes

1. Los reservorios en los océanos son relativamente pequeños
2. Tiempos de renovación (turnover) rápidos
3. Necesarios para muchos tipos de actividad biológica







Azúcares

La descomposición de los azúcares requiere de cuatro rutas metabólicas

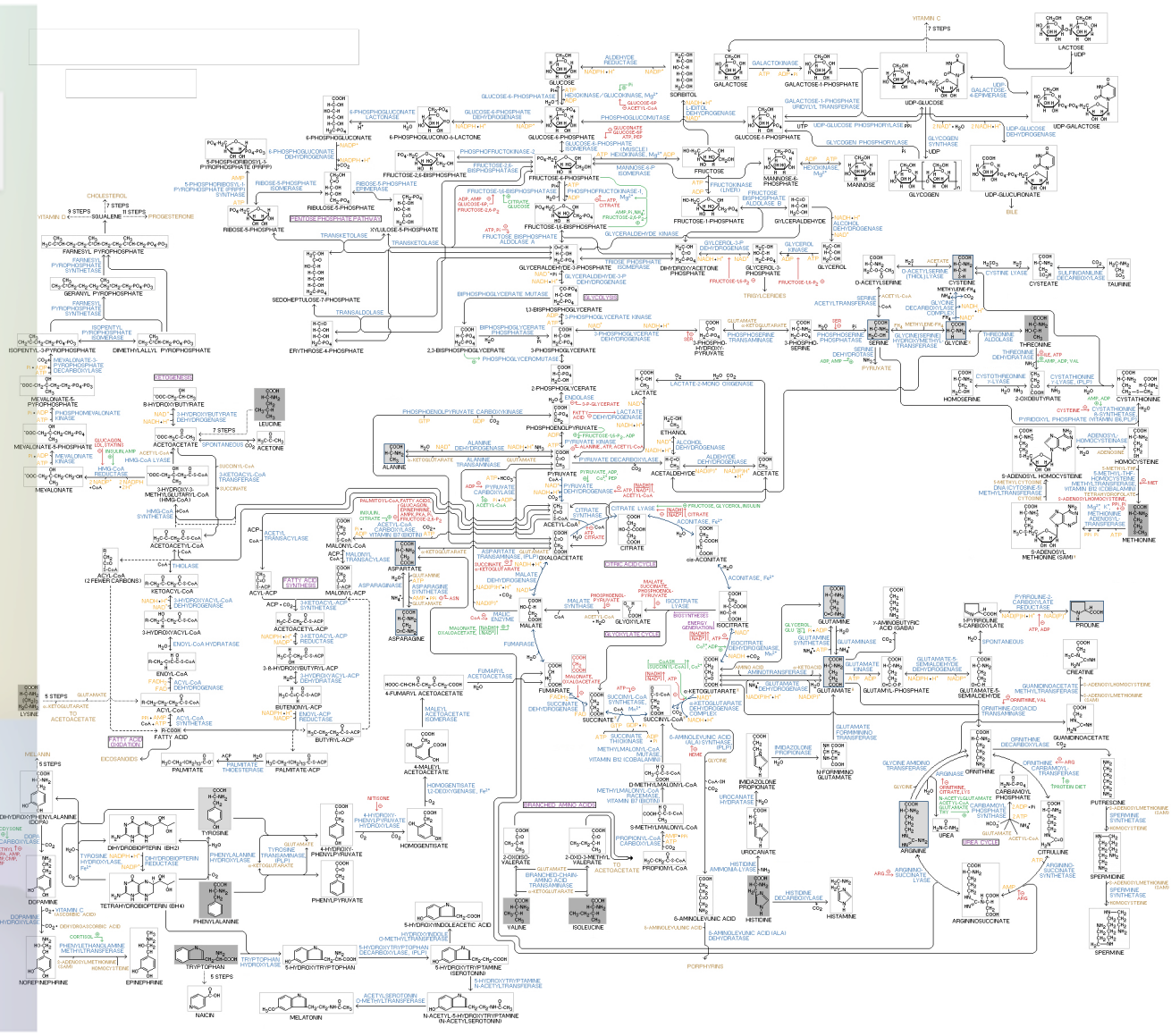
1 Glucólisis

2 CPH

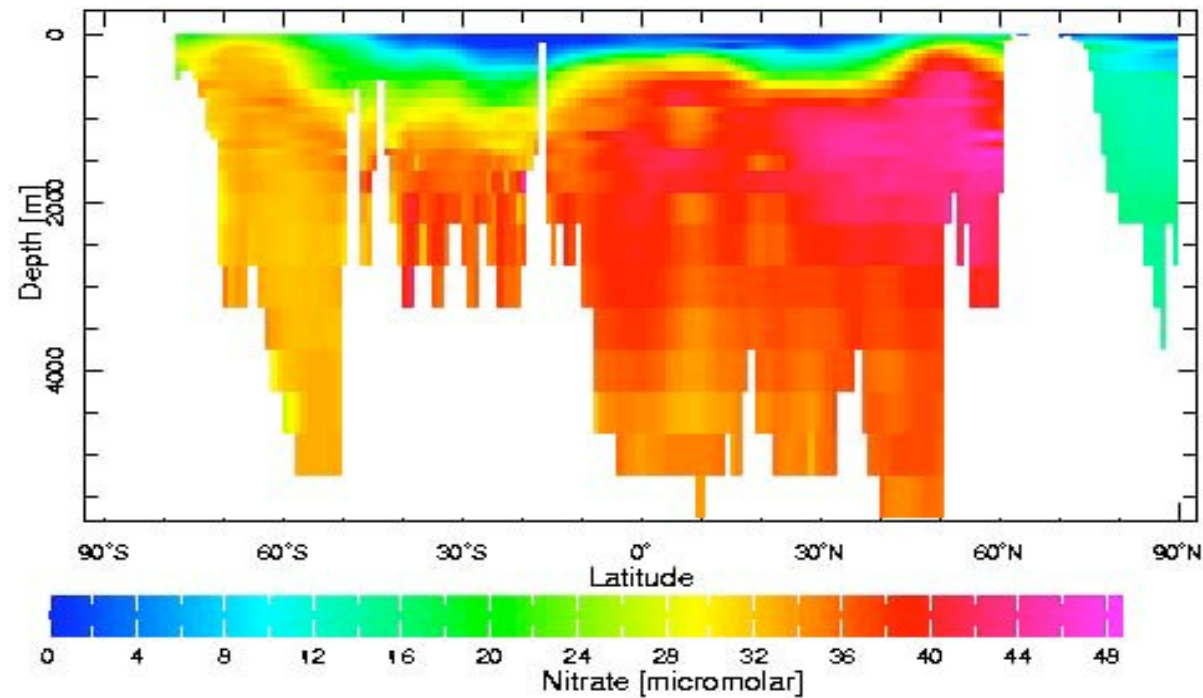
La energía se "captura" en moléculas de ATP



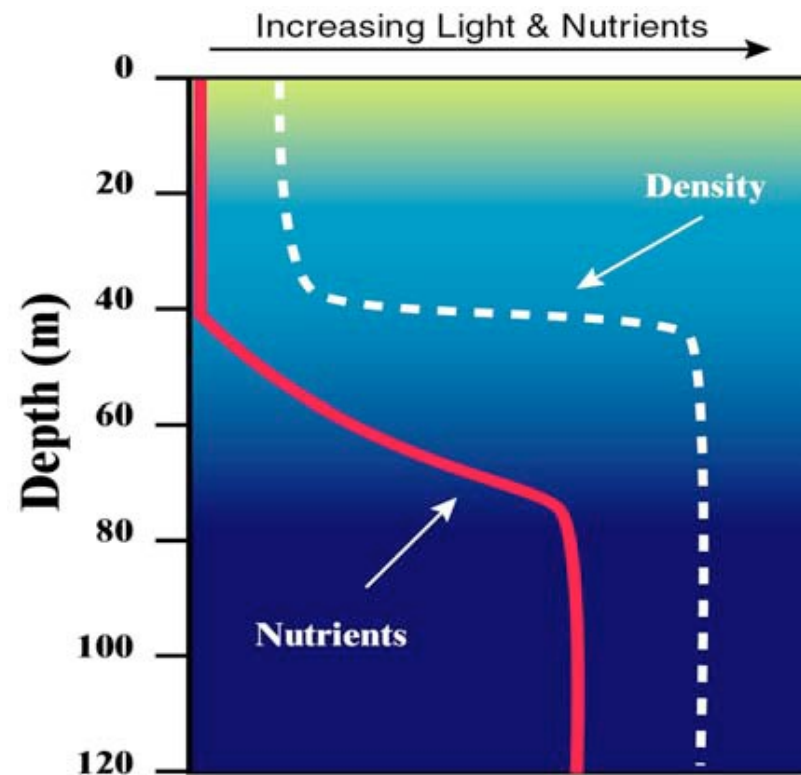
4 Fosforilación oxidativa



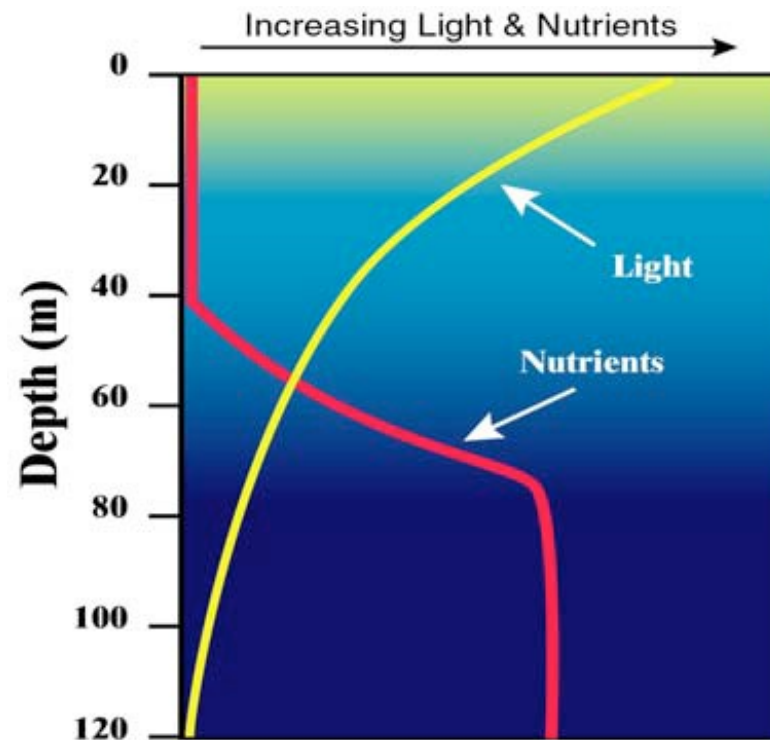
Perfiles verticales de la concentración de nitratos in en el océano Pacífico occidental (180° W)



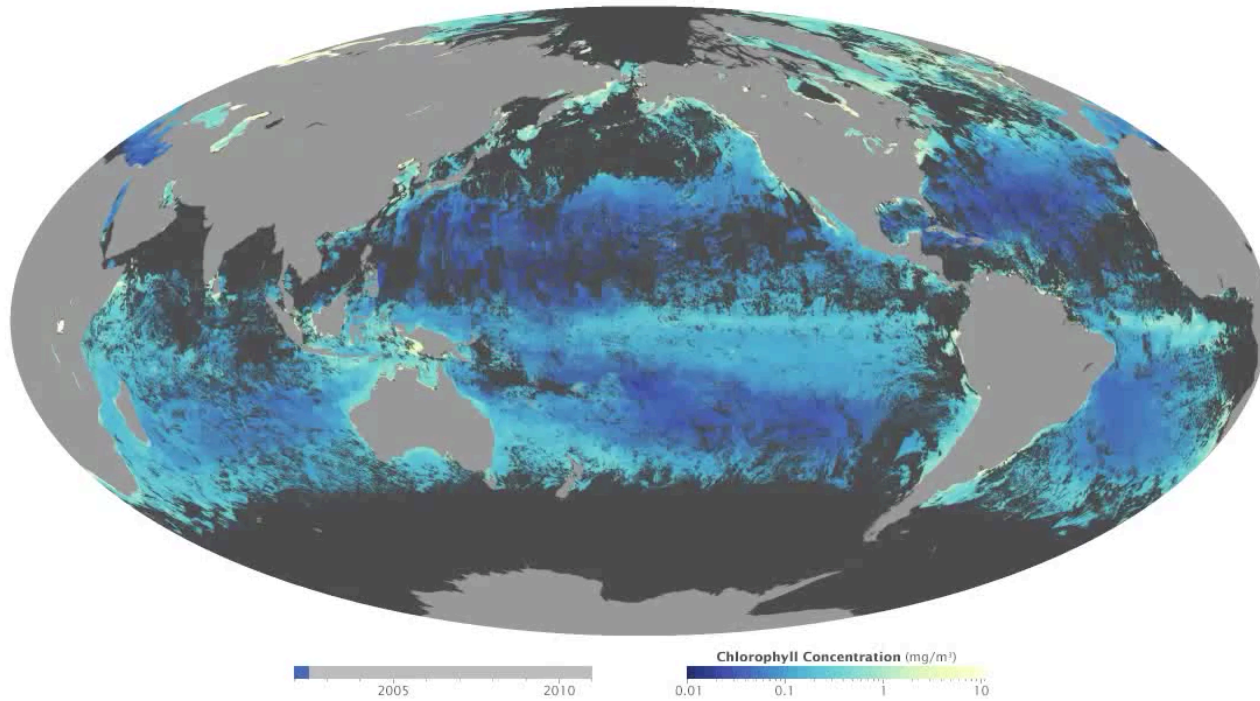
Distribución vertical de nutrientes en relación con la piconoclina



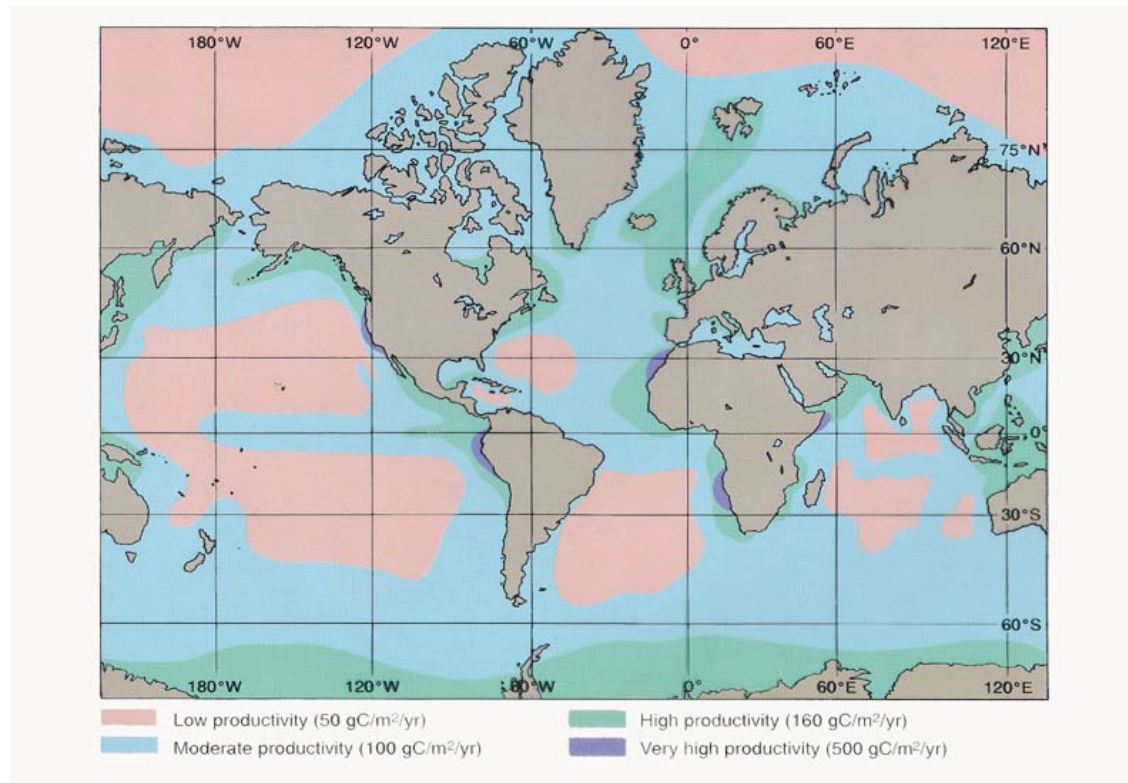
La distribución espacial y temporal de la producción primaria en el océano está determinada por aquellos lugares y momentos en los que se presentan buenas condiciones de iluminación y disponibilidad de nutrientes



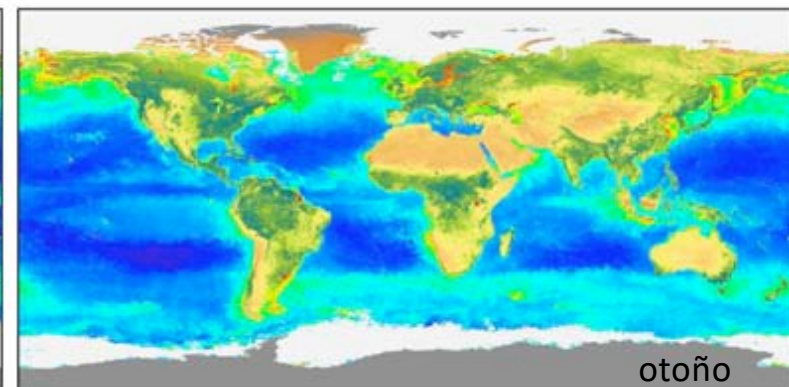
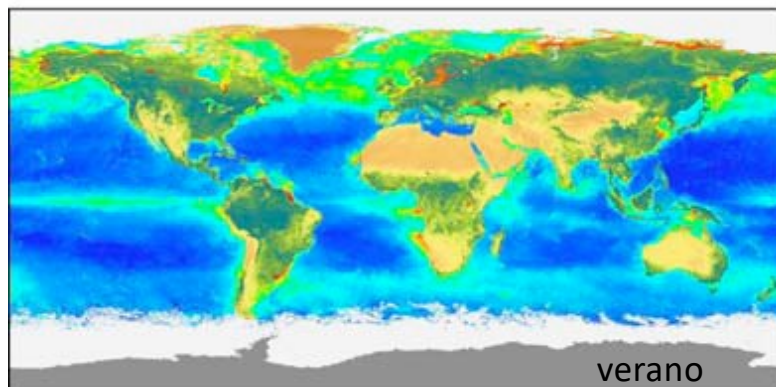
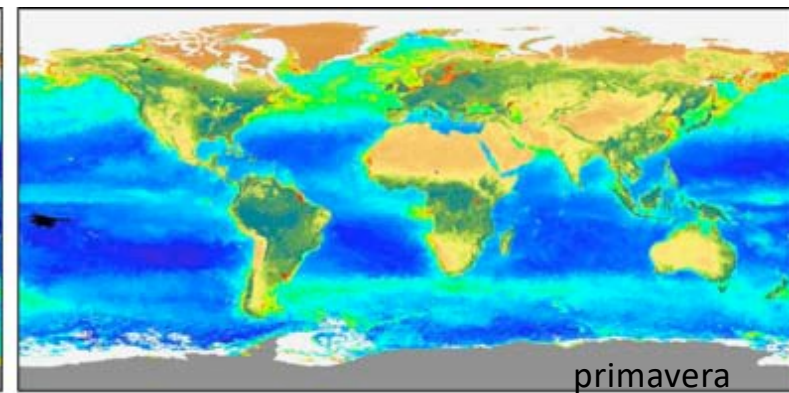
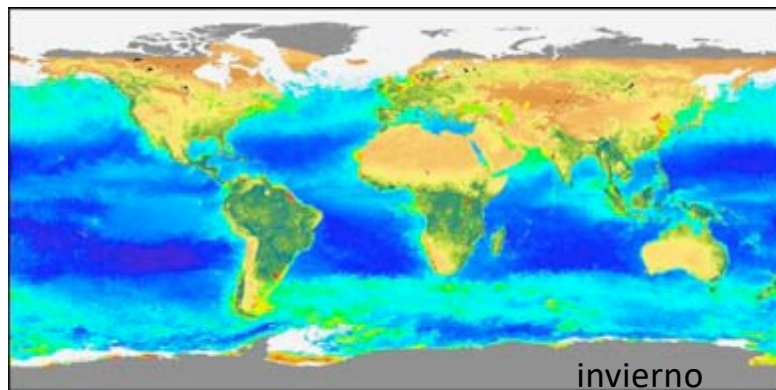
Patrones globales de producción primaria



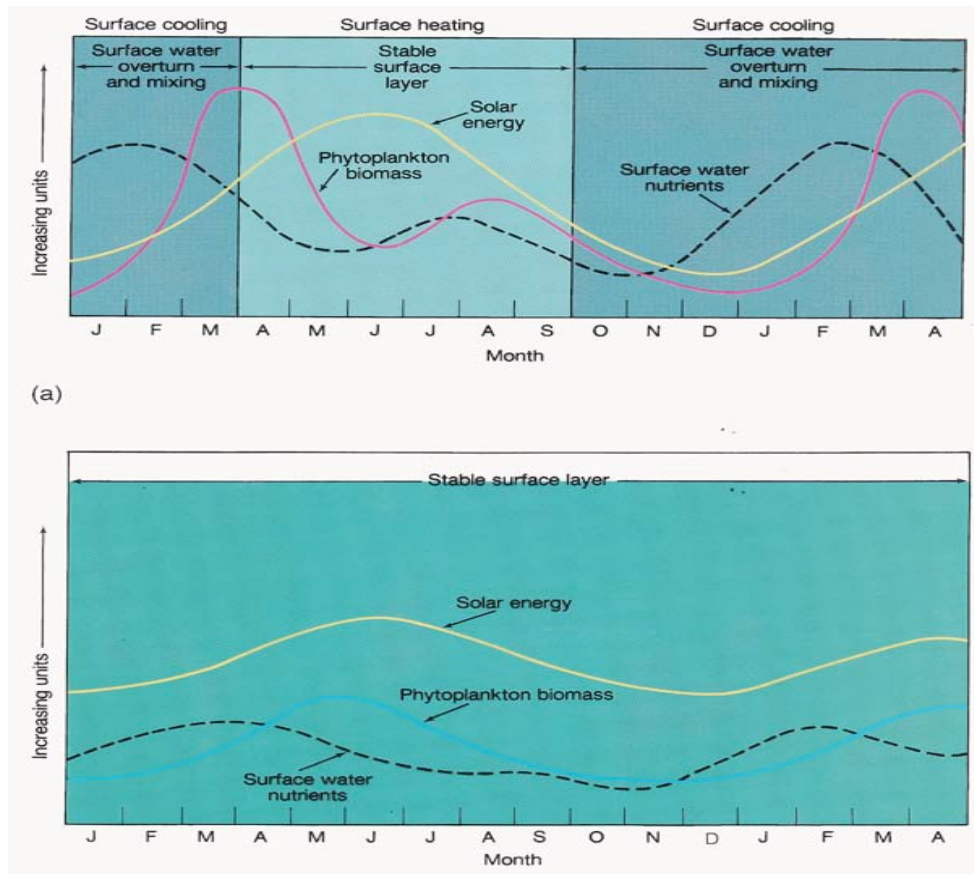
Patrones globales de producción primaria: patrones espaciales



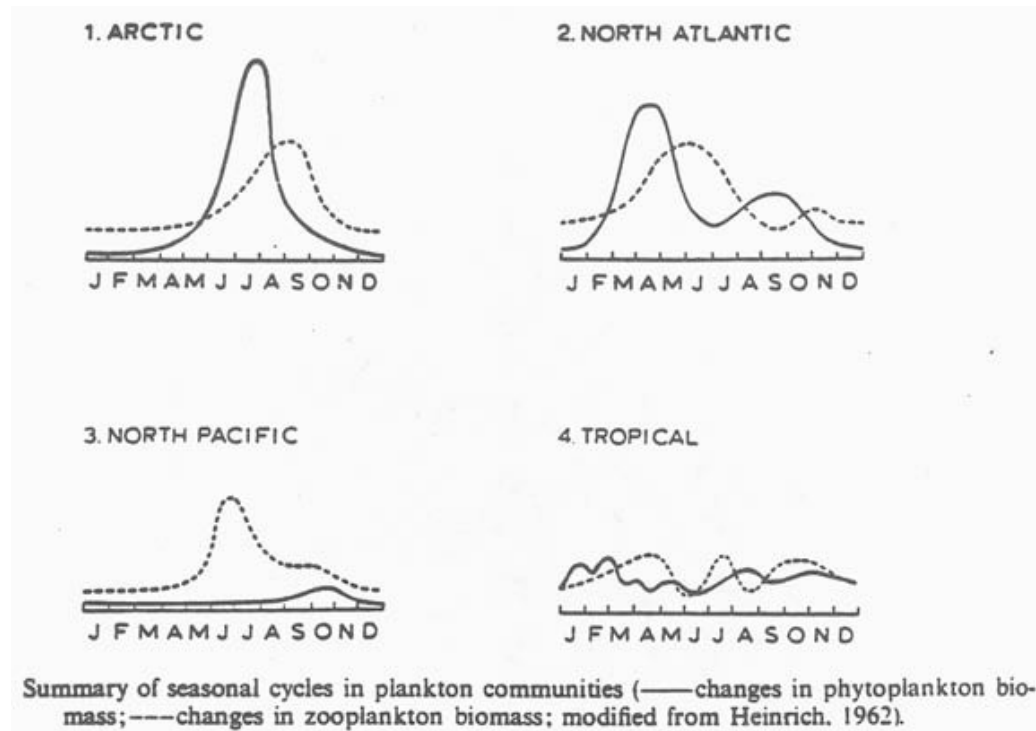
Variaciones temporales en la concentración de clorofila



Patrones globales de producción primaria: patrones temporales



Patrones globales de abundancia de plancton: ciclos temporales



Comparaciones globales de producción primaria

TABLE 1: World Ocean Primary Productivity

Area	Primary productivity (gC/m ² /yr)	World ocean area		Total primary productivity (metric tons carbon/yr)
		(km ²)	(%)	
Upwellings	640	0.36 × 10 ⁶	0.1	0.23 × 10 ⁹
Coasts	160	54 × 10 ⁶	15.0	8.6 × 10 ⁹
Open oceans	130	307 × 10 ⁶	85.0	39.9 × 10 ⁹
All ocean areas	135	361 × 10 ⁶	100.0	48.73 × 10 ⁹

TABLE 2: Gross Primary Productivity Land and Ocean

Ocean area	Range (gC/m ² /yr)	Average (gC/m ² /yr)	Land area	Amount (gC/m ² /yr)
Open ocean	50-160	130±35	Deserts, grasslands	50
Coastal ocean	100-250	160±40	Forests, common crops, pastures	25-150
Estuaries	200-500	300±100	Rain forests, moist crops, intensive agriculture	150-500
Upwelling zones	300-800	640±150	Sugarcane and sorghum	500-1500
Salt marshes	1000-4000	2471		

Efectos del calentamiento global



Conclusiones

- La mayoría de los patrones espaciales y temporales observados en la producción primaria oceánica global pueden explicarse en términos de disponibilidad de **luz** y **nutrientes**
- Los aumentos dramáticos en la producción primaria ocurren **donde** y **cuando** el agua profunda y rica en nutrientes llega a la superficie del océano
- El nitrógeno a menudo limita el crecimiento del fitoplancton en el océano, pero el hierro y el fósforo pueden limitar el crecimiento en ciertas regiones oceánicas importantes

Conclusiones

- La producción primaria global oceánica global es **comparable** a la de la biosfera terrestre
- La tasa de producción primaria por metro cuadrado en el océano abierto es baja, pero debido a que esta región es tan vasta, el océano abierto en su conjunto **domina** la producción primaria total del océano global