

Algas



Alejandra V. González

Prof. Asociado

Depto. Ciencias Ecológicas

Facultad de Ciencias

Universidad de Chile



Propósitos

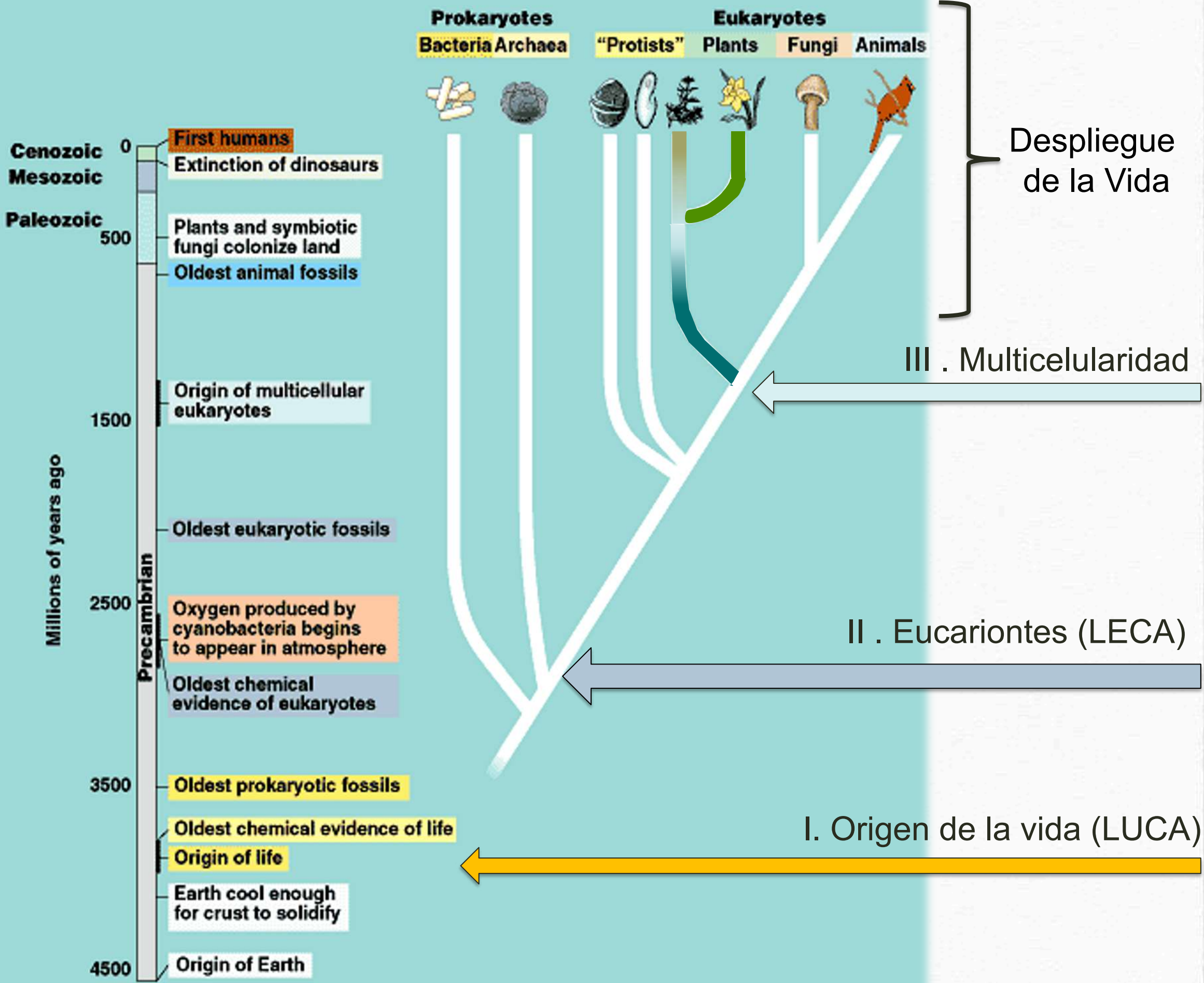
- ✓ Reconocer orígenes, evolución y diversificación de los principales grupos de Algas.
- ✓ Identificar la distribución y función ecológica de las Algas

Contenidos

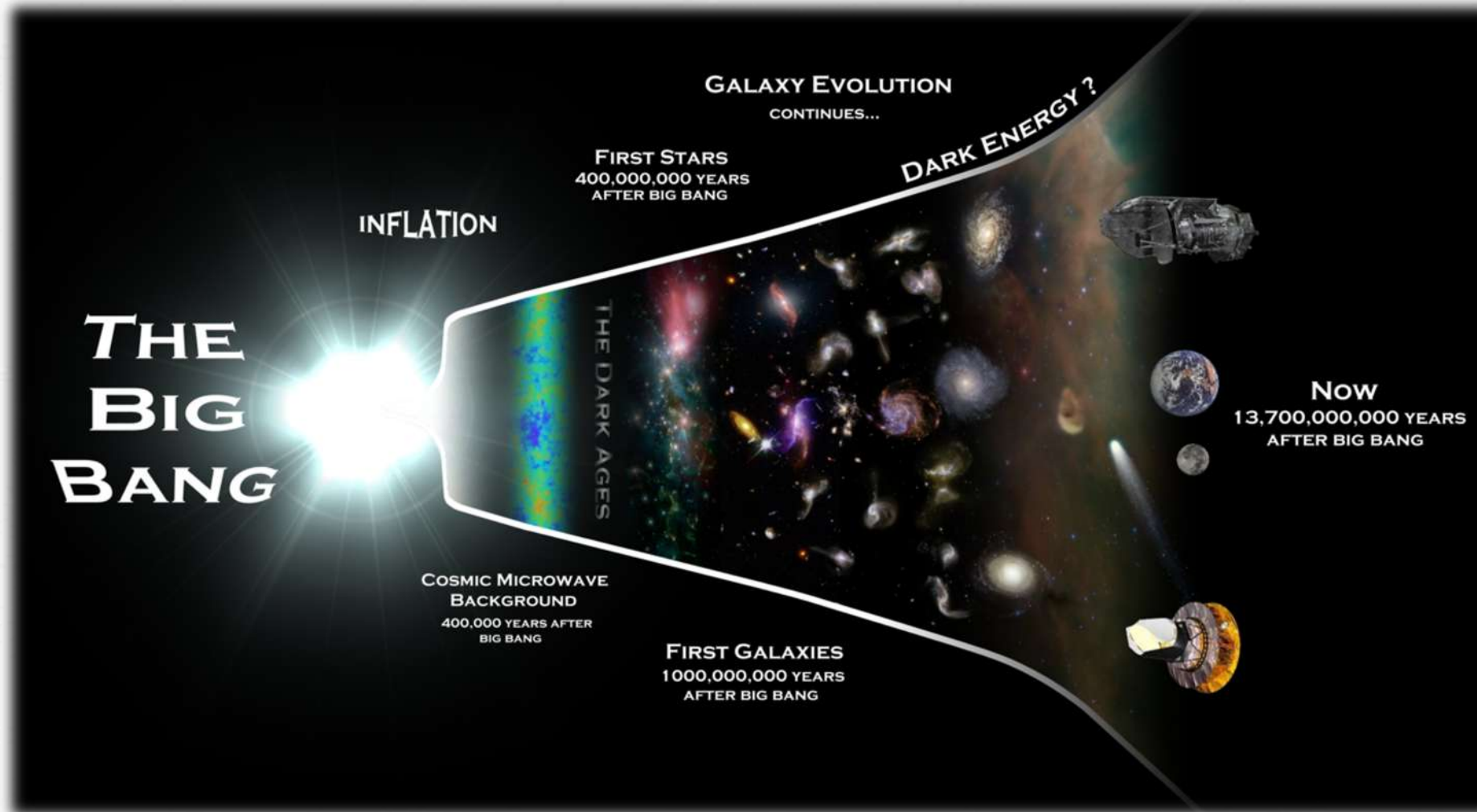
1. Origen organismos
2. Origen y Evolución de los distintos grupos de Algas
 - a. Caracteres ultraestructurales
 - b. Niveles de organización
 - c. Reproducción
4. Diversidad actual y principales grupos taxonómicos
5. Distribución latitudinal
6. Función ecológica



1. Origen organismos fotosintéticos



1. Origen organismos fotosintéticos



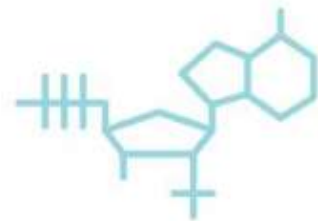
Formation of Earth

4.5



Stable hydrosphere

4.2



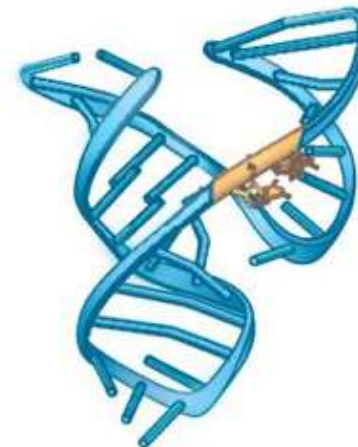
Prebiotic chemistry

4.2–4.0



Pre-RNA world

~4.0



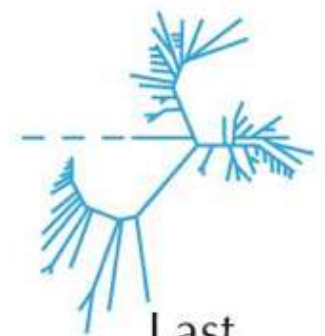
RNA world

~3.8



First DNA/protein life

~3.6



Last universal common ancestor

3.6–present

El creacionismo



I. Origen de la vida (LUCA)

Biogénesis Aristóteles-Pasteur (1860)

Aristóteles pensaba que los seres vivos podían surgir de barro y materia en descomposición. Ej. cocodrilos surgiendo de troncos descomponiéndose en agua

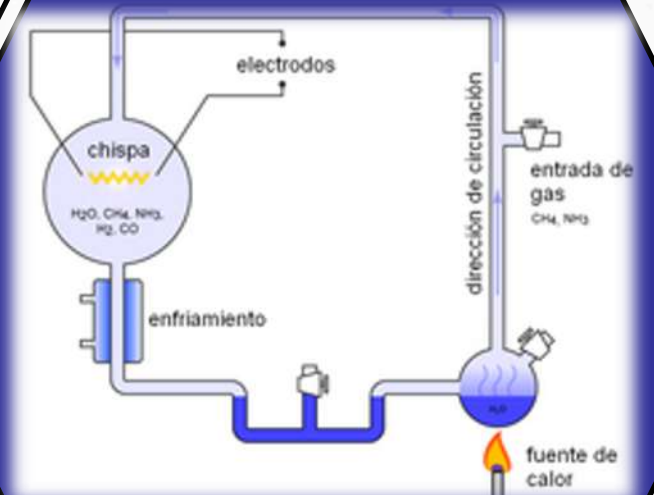
En la edad media, Helmont propuso varias "recetas" para generar animales. El decía que al mezclar trigo y ropa sucia, después de 21 días, obteníamos ratones.

↓ 21 días

Generación espontánea a partir de materia orgánica

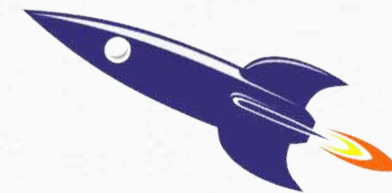
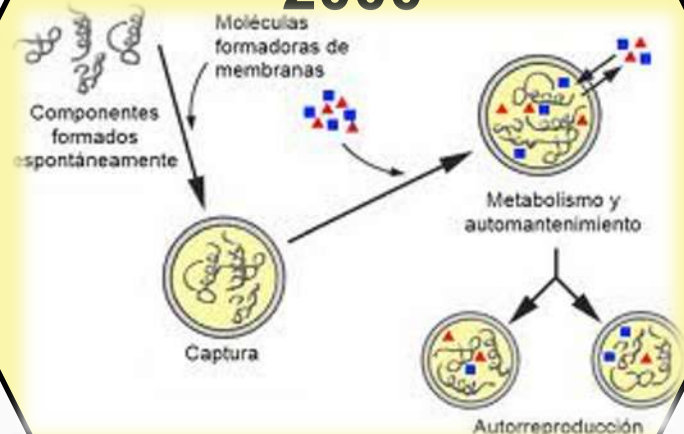
Exogénesis

Cometa Temple 1



Experimento de Milley y Urey, 1952

Virus (ARN-ADN) 2000



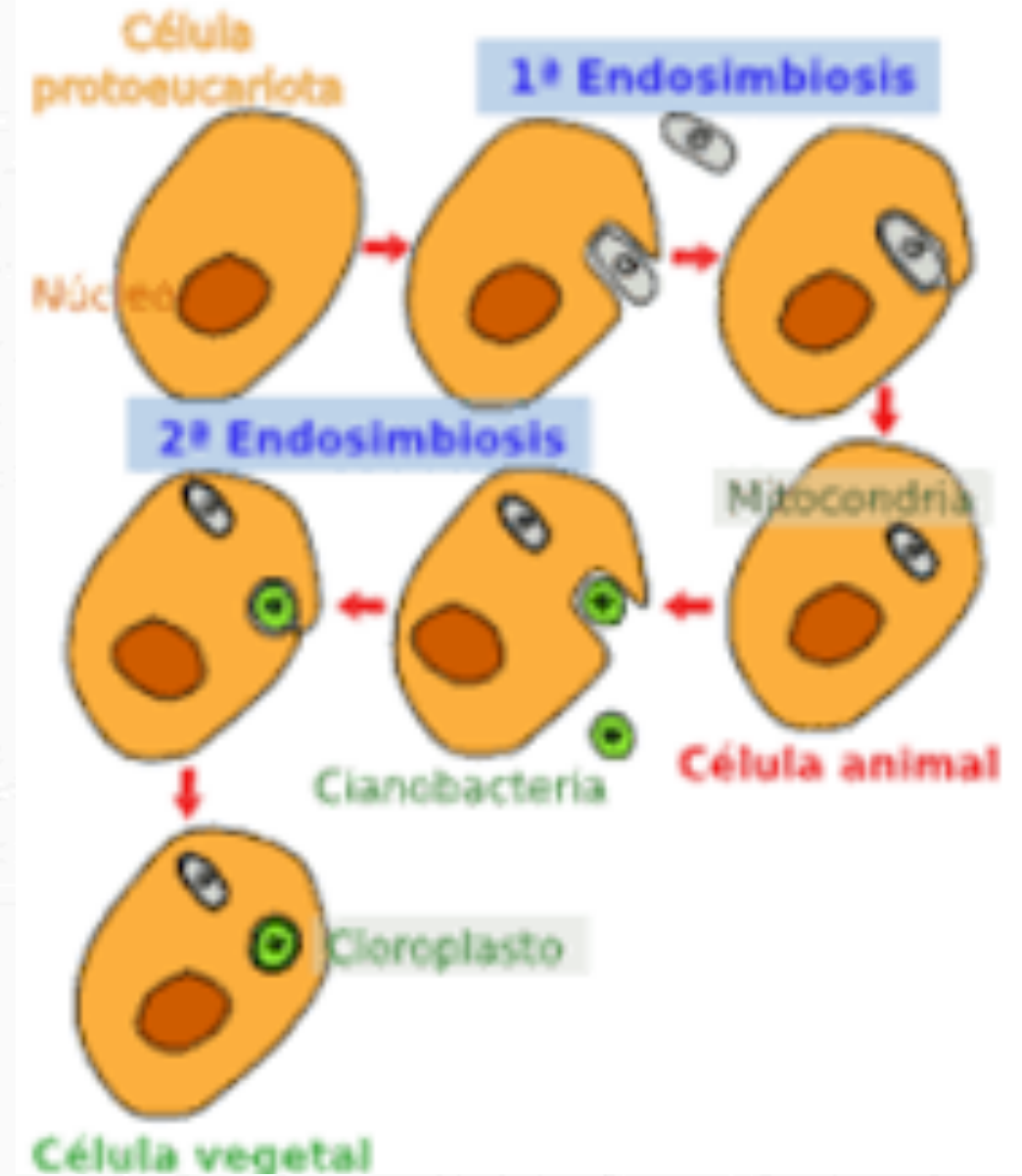
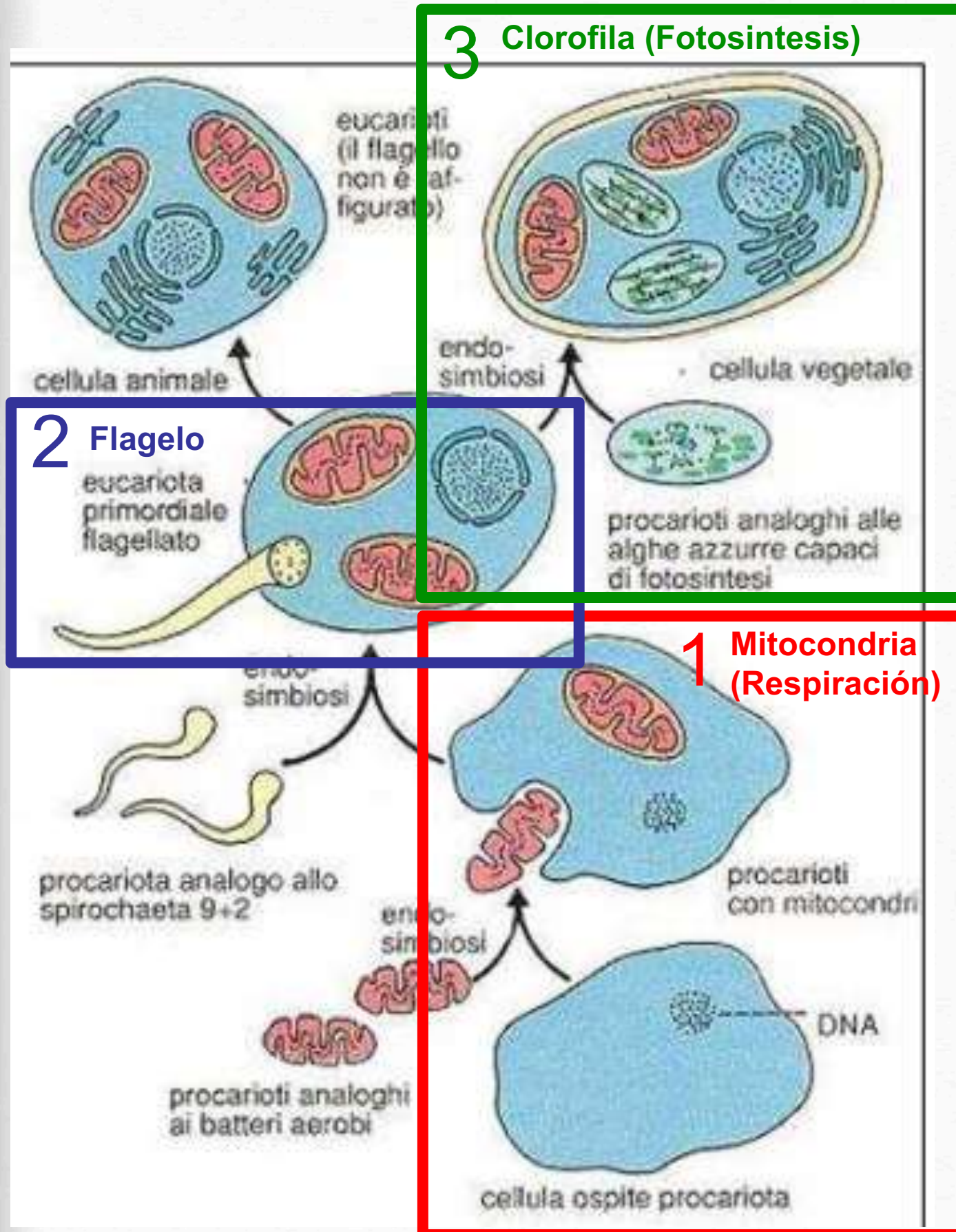
Mision Deep Impact
Nasa 2005, Cohete Delta
Arcilla Silicato hidratado
(Al₂O₃-2SiO₂ -H₂O)

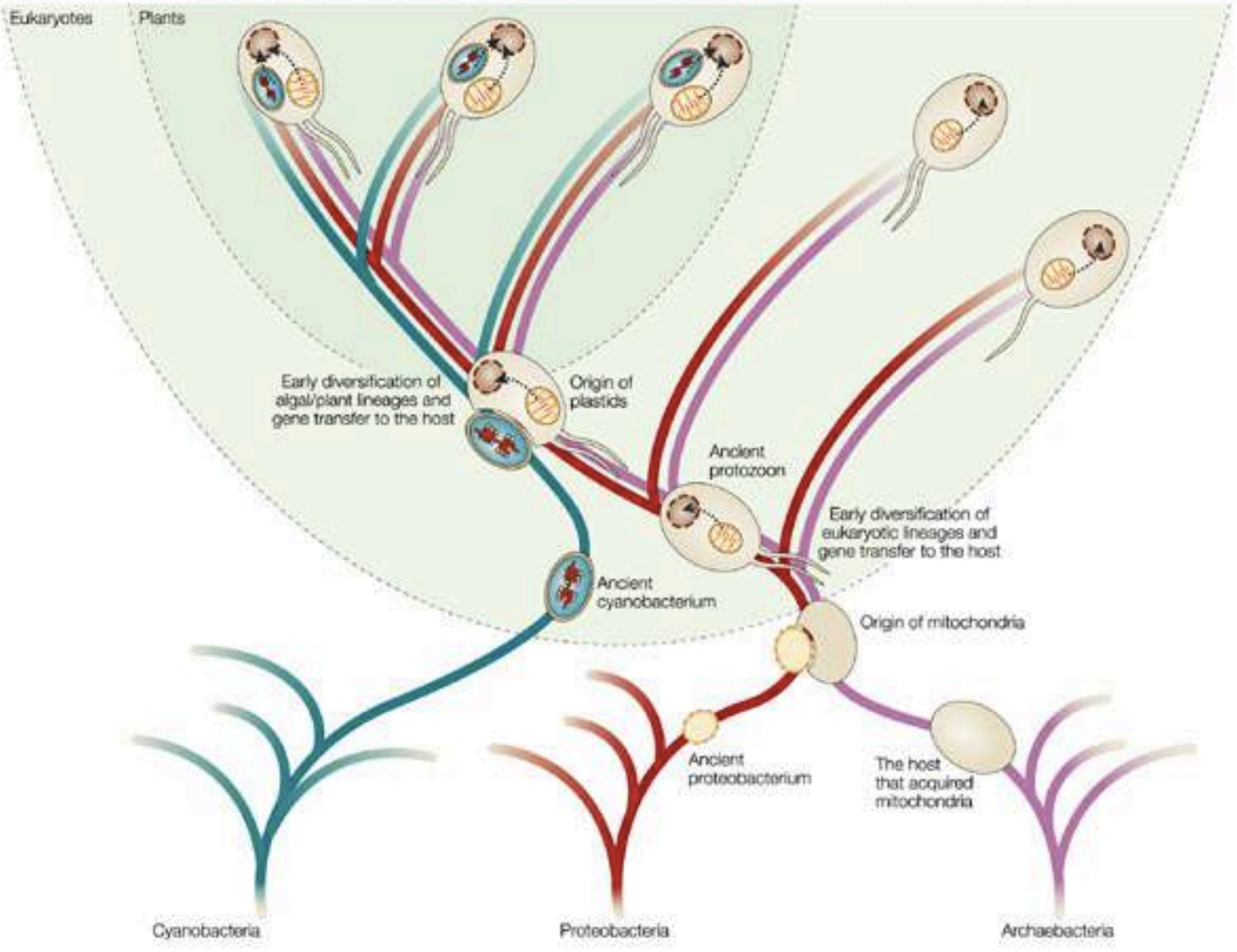
II. Origen de célula eucarionte (LECA)



Endosimbiosis
Seriada, Margulis 1970

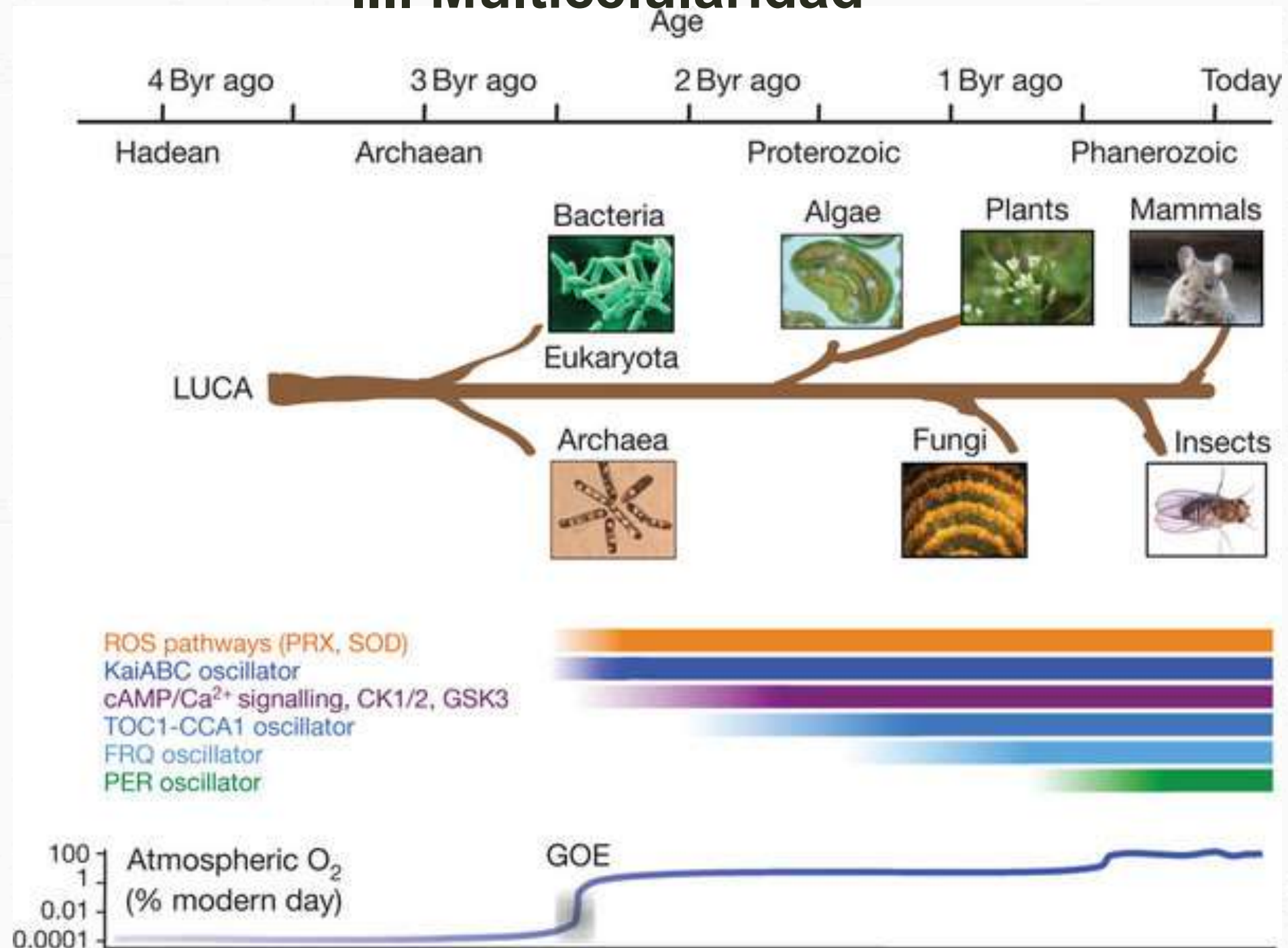
(1938-2011)





Nature Reviews Genetics 5, 123-135 (2004)

III. Multicelularidad



“Revolución del Oxígeno”

- Incremento tasa metabólica
- Multicelularidad
- Incrementa tamaño organismos
- Evolución de tejidos

Multicelularidad

Origen

Clonal (mitosis)

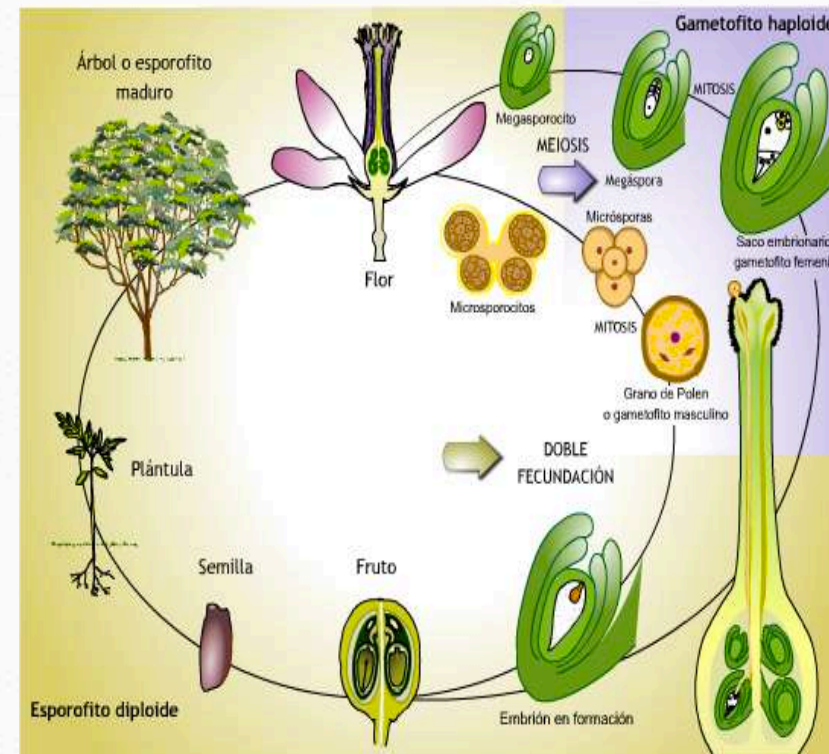
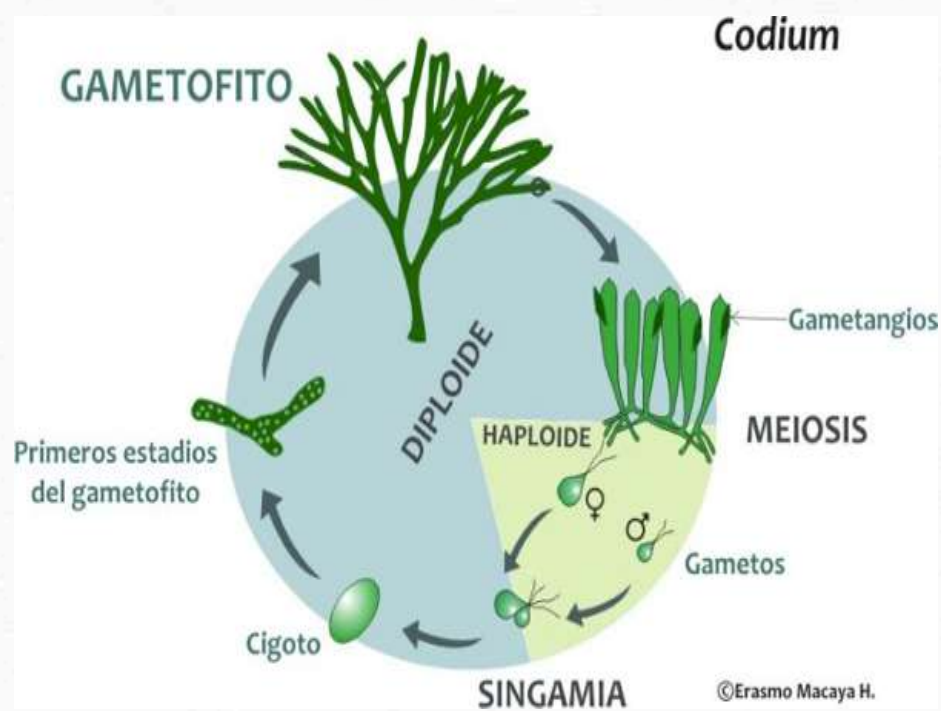
Agregación
(genéticamente distintos)

Ventajas

Funciones diferentes

Incremento tamaño

Algas → Angiospermas



- ✓ **Estadío unicelular (e.g. gametos y esporas) no desaparece.**
- ✓ **Transición uni- multicelular juega rol fundamental en adaptación al ambiente**

División celular principalmente en un plano, ocasionalmente en otros.

División celular en dos planos

División celular solo en un plano

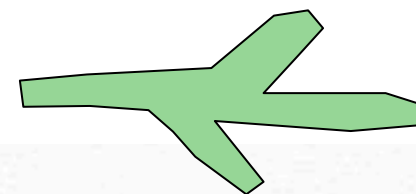
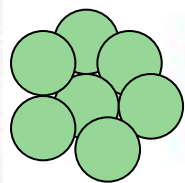
División celular en tres planos

Adhesión después de la división

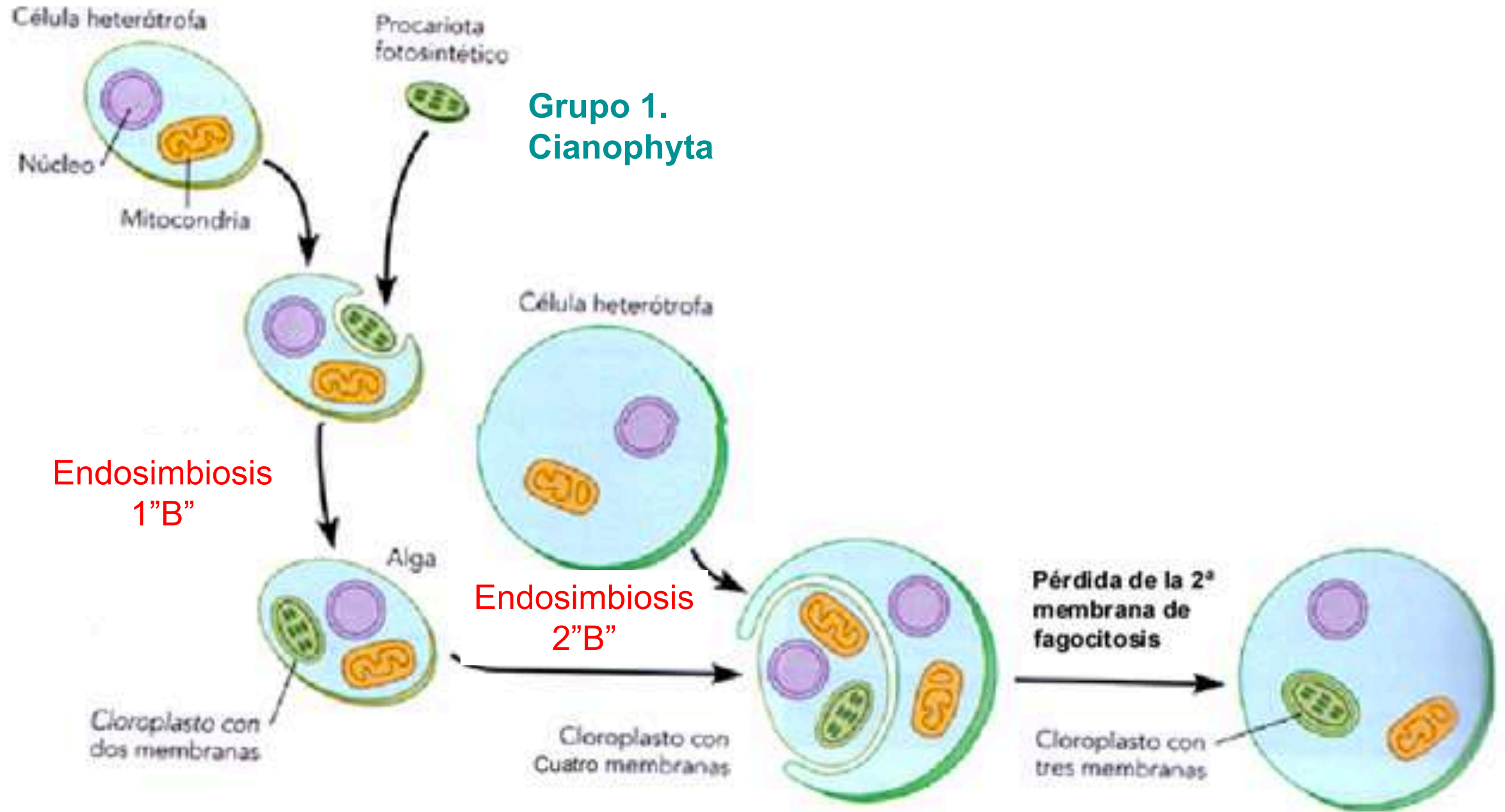
Parénquima

Formas coloniales

Formas coenocíticas



2. Origen y Evolución de los distintos grupos de Algas



Grupo 2. Archaeplastida

Glaucophyta

Rhodophyta

Chlorophyta

Grupo 4.

Cryptophyta

Stramenopiles

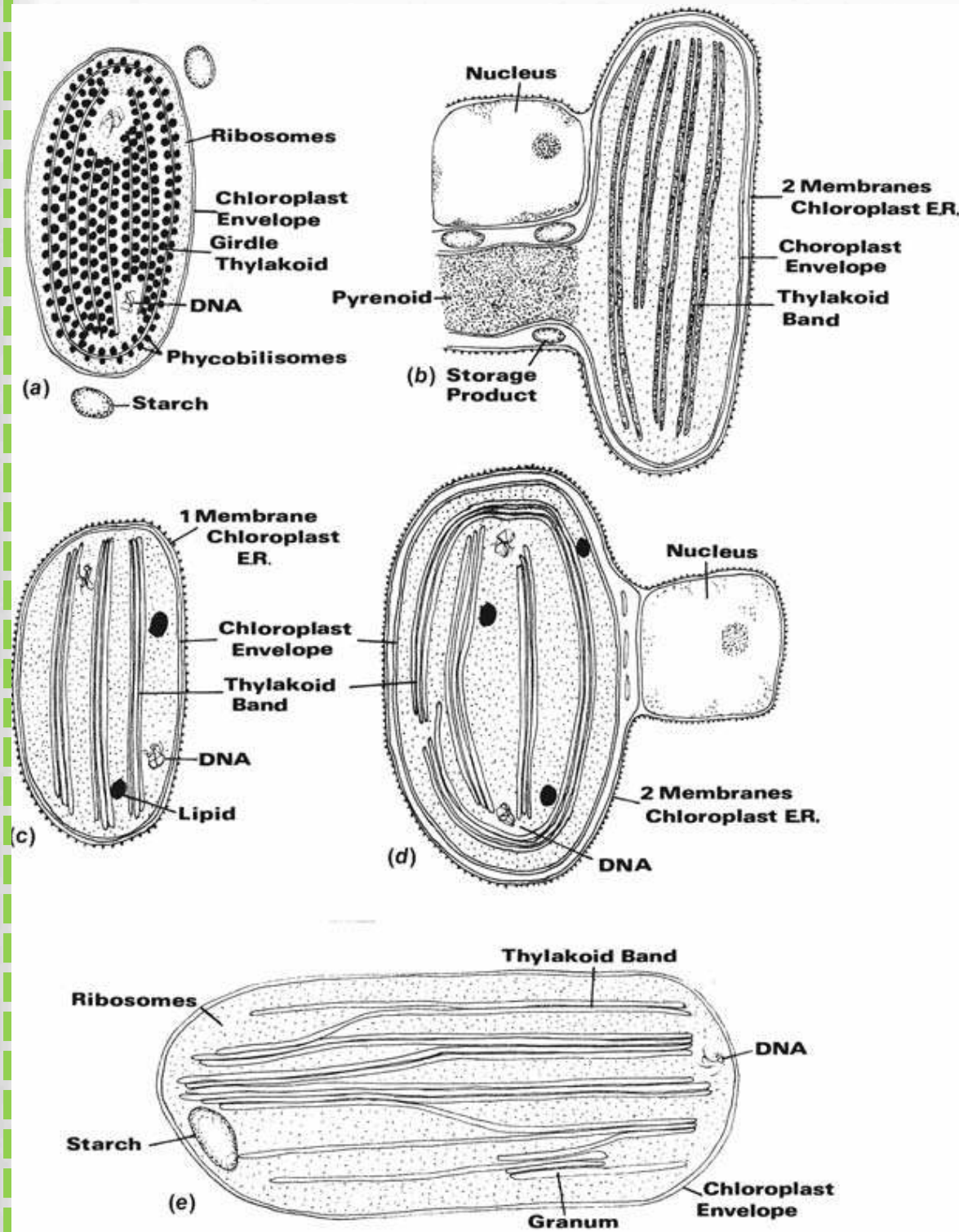
(Heterokontophyta).

Grupo 3

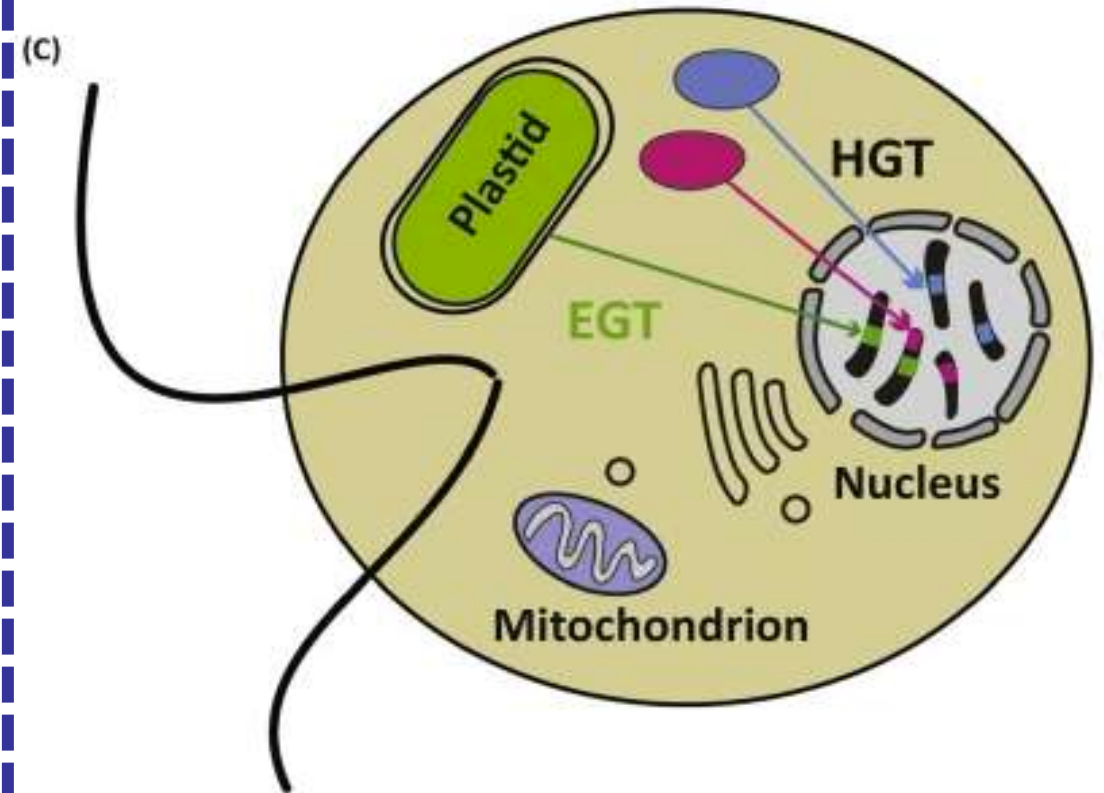
Euglenophyta

Dinophyta

Cloroplastos con muchas MB Derivada de vacuolas fagocitadora



Núcleos con mezclas de DNA Transferencia lateral de genes



Trends in Plant Science

Genes foráneos
 EGT: Transferencia desde Cianobacterias (plastos)
 HGT: Transferencia de otros genes (virus, otras endosimbiosis)

Existe 4 grandes grupos de Algas

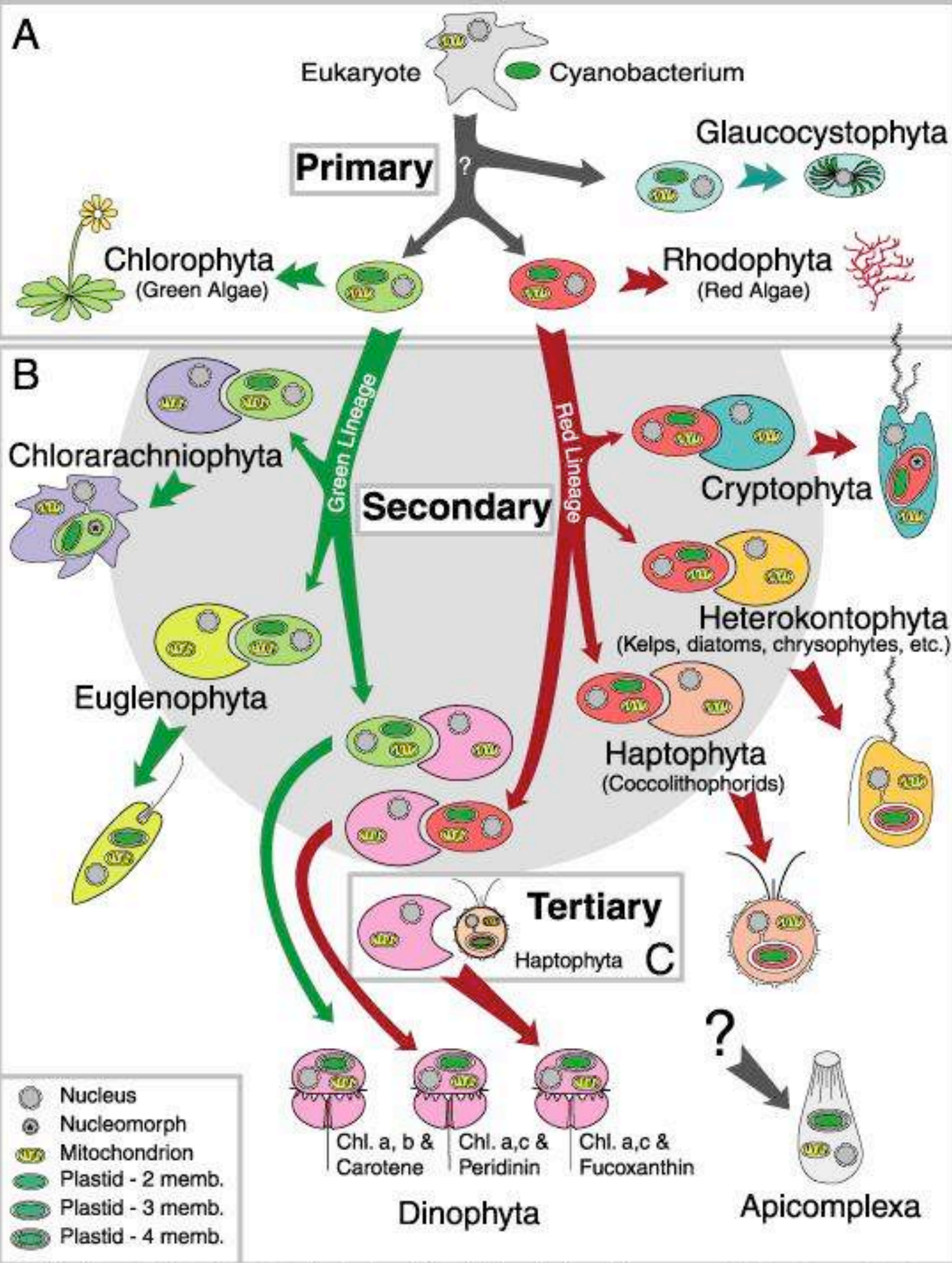
1. Algas procariontes compuesta por Cianobacterias Cyanophyta (cianobacterias verde-azuladas) y Prochlorophyta (cianobacterias verdes sin ficobilinas).

2. Algas eucariontes con el cloroplasto rodeado por membrana doble (interna derivada de cianobacteria ancestral y externa derivada de la vacuola de la fagocitosis de célula receptora): "CA: Archaeoplastidia" (Glaucophyta, Rhodophyta y Chlorophyta).

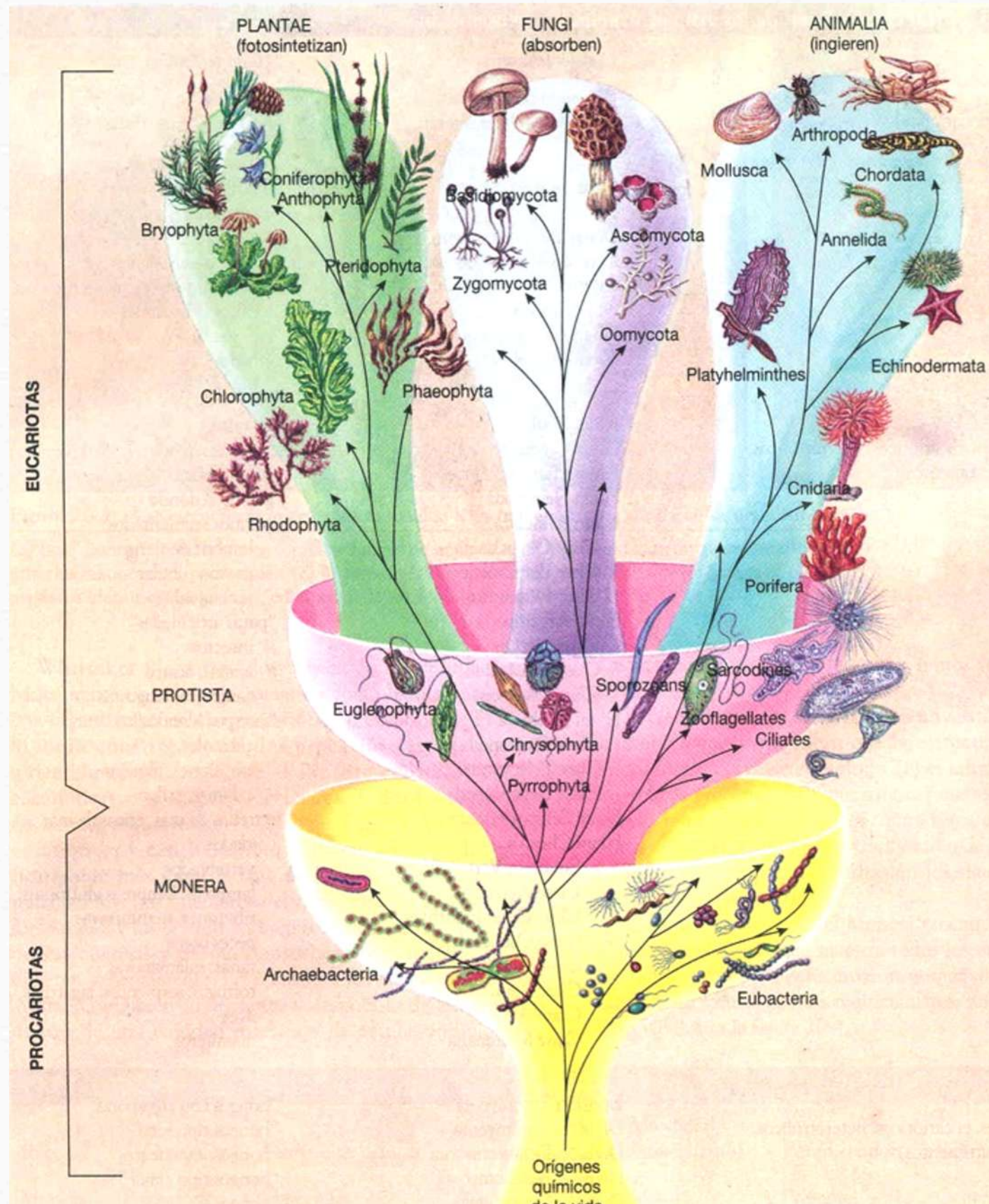
3. Algas eucariontes con el cloroplasto rodeado por una membrana doble (int-ext) más una mb del retículo endoplasmático del cloroplasto: CA +ER (Euglenophyta y Dinophyta).

4. Algas eucariontes con el cloroplasto rodeado por una membrana doble (int-ext), mas dos mb del retículo endoplasmático: CA+2ER+nucleomorfo (núcleo vestigial) Cryptophyta y Stramenopiles (Heterokontophyta).

a) Chrysophyceae (Algas doradas), b) Synurophyceae, c) Eustigmatophyceae, d) Pinguiphyceae, e) Dictyochophyceae (Silicoflagelados), e) Pelagophyceae, f) Bolidophyceae, g) Bacillariophyceae (Diatomeas), h), Raphidophyceae (Chloromonadales), i) Xanthophyceae (Algae verde- amarillo), j) Phaeothamniophyceae, k) Prymnesiophyta (Haptophytas) ,L) **Phaeophyceae (Algas pardas)**



Hoy en día Algas es un grupo polifilético/parafilético
Procariotas (Monera + Protistas (“Primeras criaturas”))+ Plantae



- ✓ Morfología externa
- ✓ Ultraestructura (estructura intracelular, cloroplastos, flagelos)
- ✓ Bioquímicos (pigmentos, pared, material reserva)
- ✓ Moleculares (genomas, secuencias)
- ✓ Filogenias moleculares

a. Caracteres ultraestructurales

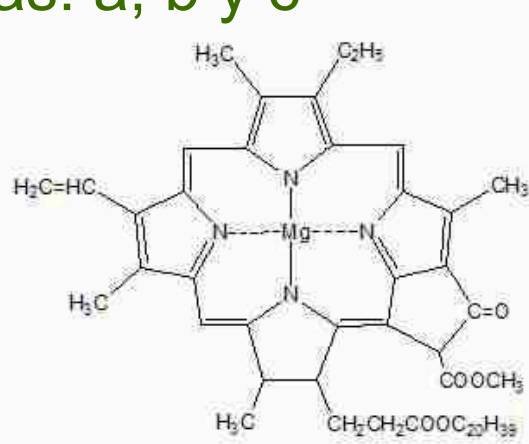
TABLE 1.4

The Main Pigments, Storage Products, and Cell Coverings of the Algal Divisions

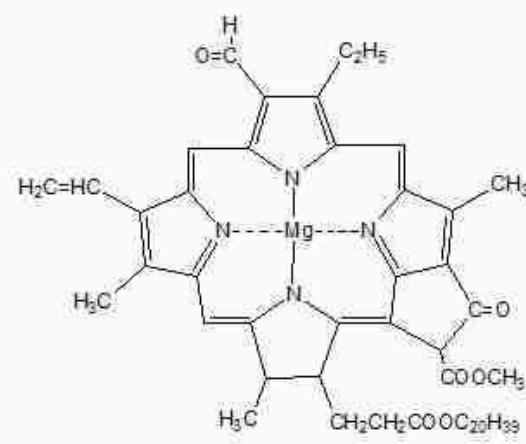
Division	Pigments				Storage Products	Fotosíntesis	Grupo
	Chlorophylls	Phycobilins	Carotenoids	Xanthophylls			
Cyanophyta	<i>a</i>	<i>c</i> -Phycoerythrin <i>c</i> -Phycocyanin Allophycocyanin Phycoerythrocyanin	β -Carotene	Myxoxanthin Zeaxanthin	Cyanophycin (argine and asparagine polymer) Cyanophycean starch (α -1,4-glucan)	Membrana	1
Prochlorophyta	<i>a, b</i>	Absent	β -Carotene	Zeaxanthin	Cyanophycean starch (α -1,4-glucan)		1
Glaucophyta	<i>a</i>	<i>c</i> -Phycocyanin Allophycocyanin	β -Carotene	Zeaxanthin	Starch (α -1,4-glucan)	Tilacoides individuales	2
Rhodophyta	<i>a</i>	<i>r, b</i> -Phycoerythrin <i>r</i> -Phycocyanin Allophycocyanin	α - and β -Carotene	Lutein	Floridean starch (α -1,4-glucan)		2
Cryptophyta	<i>a, c</i>	Phycoerythrin-545 <i>r</i> -Phycocyanin	α -, β -, and ϵ -Carotene	Alloxanthin	Starch (α -1,4-glucan)		3
Heterokontophyta	<i>a, c</i>	Absent	α -, β -, and ϵ -Carotene	Fucoxanthin, Violaxanthin	Chrysolaminaran (β -1,3-glucan)	Tilacoides De 2-3	3*
Haptophyta	<i>a, c</i>	Absent	α - and β -Carotene	Fucoxanthin	Chrysolaminaran (β -1,3-glucan)		3
Dinophyta	<i>a, b, c</i>	Absent	β -Carotene	Peridinin, Fucoxanthin, Diadinoxanthin Dinoxanthin Gyroxanthin	Starch (α -1,4-glucan)		4
Euglenophyta	<i>a, b</i>	Absent	β - and γ -Carotene	Diadinoxanthin	Paramylon (β -1,3-glucan)		4
Chlorarachniophyta	<i>a, b</i>	Absent	Absent	Lutein, Neoxanthin, Violaxanthin	Paramylon (β -1,3-glucan)		4
Chlorophyta	<i>a, b</i>	Absent	α -, β -, and γ -Carotene	Lutein Prasincoxanthin	Starch (α -1,4-glucan)	Tilacoides en grana	2

Pigmentos Fotosintéticos

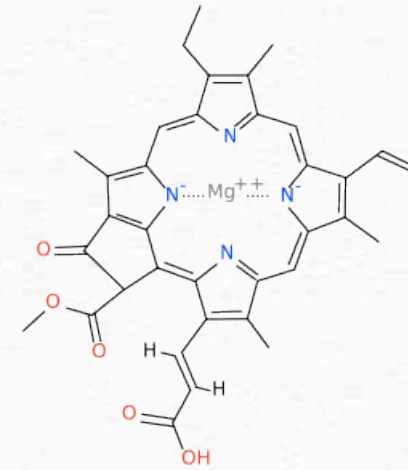
1. Clorofilas: a, b y c



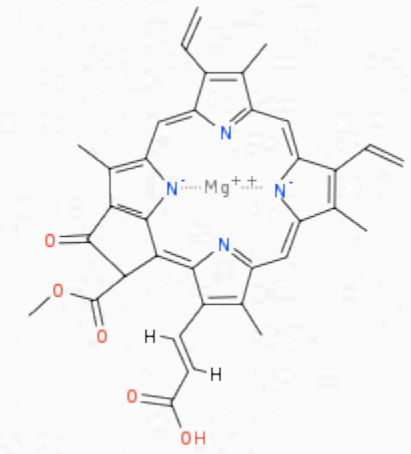
Chlorophyll a



Chlorophyll b

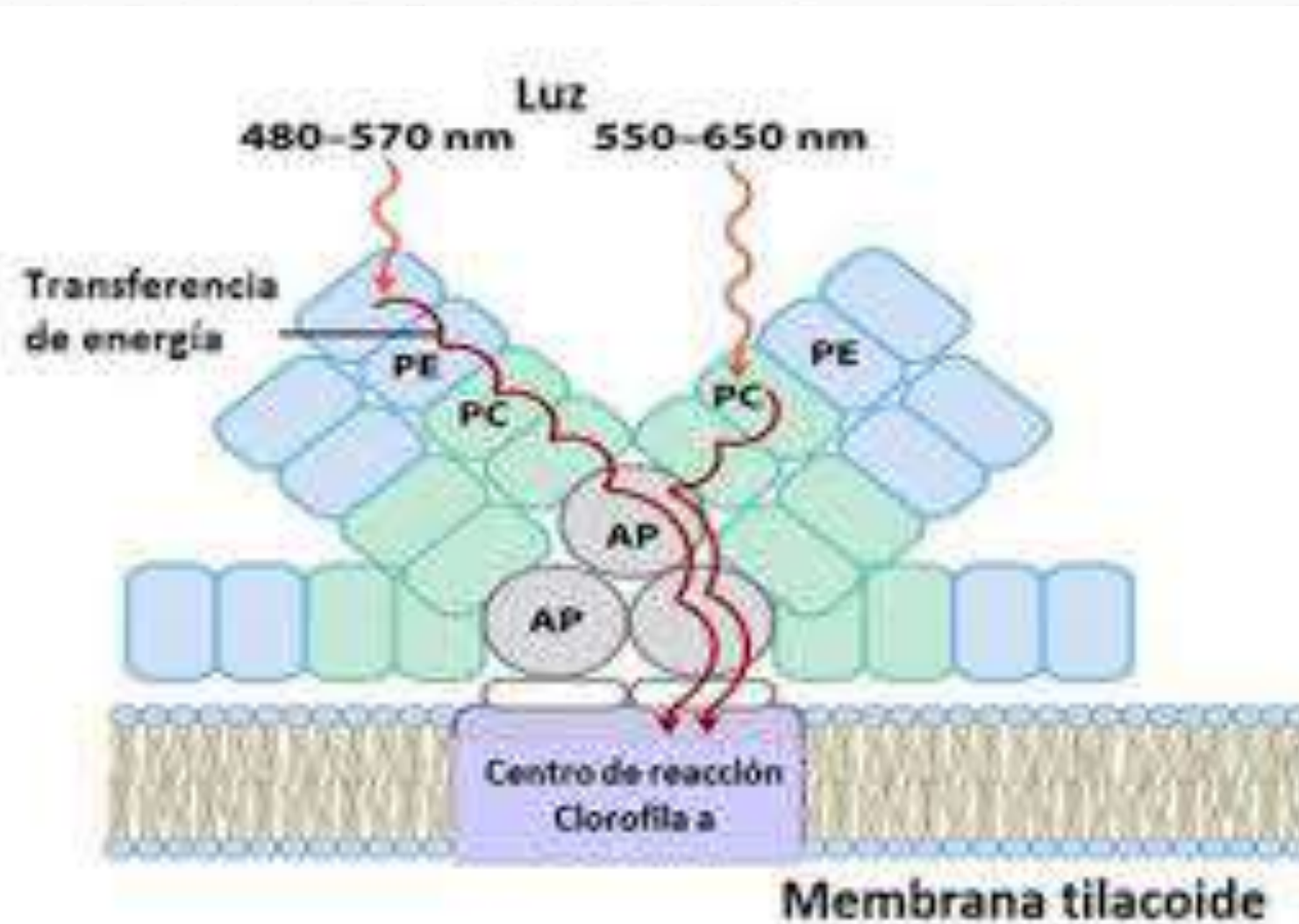


Chlorophyll C1



Chlorophyll C2

2. Ficobilinas (ficoeritrina, ficocianina, alopicocianinas)



- PE: ficoeritrina
- PC: ficocianina
- AP: alopicocianinas

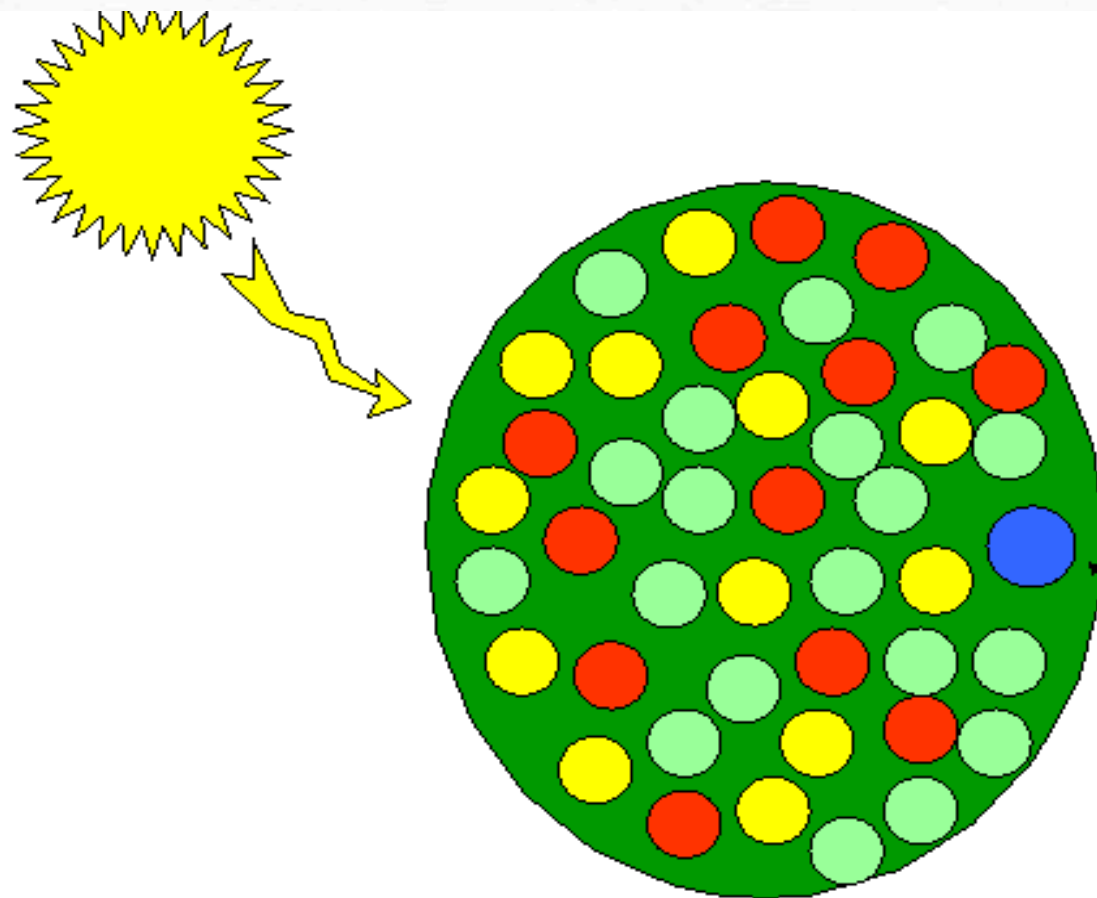
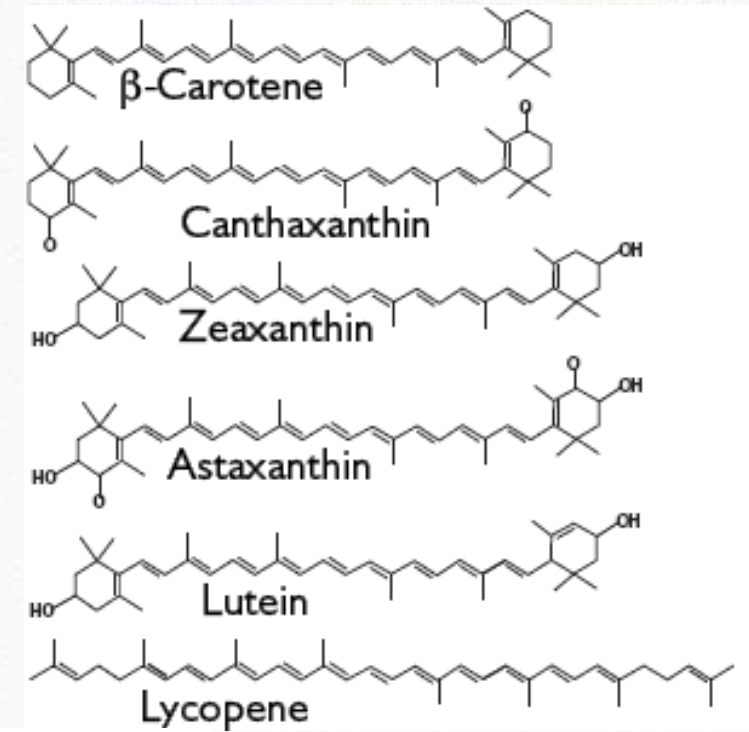
3. Carotenoides

a) Con moléculas de oxígeno: xantophylas

(Luteina, zeaxantina, neoxantina, violoxantina, β criptoxantina)

b) Sin Oxígeno: Carotenos

(α caroteno, β caroteno, licopeno)



Fotosistema

Cada fotosistema contiene carotenos, clorofilas y proteínas. Estas moléculas captan la energía luminosa y la ceden a las moléculas vecinas presentes en cada fotosistema hasta que llega a una molécula de clorofila-a denominada **molécula diana**.

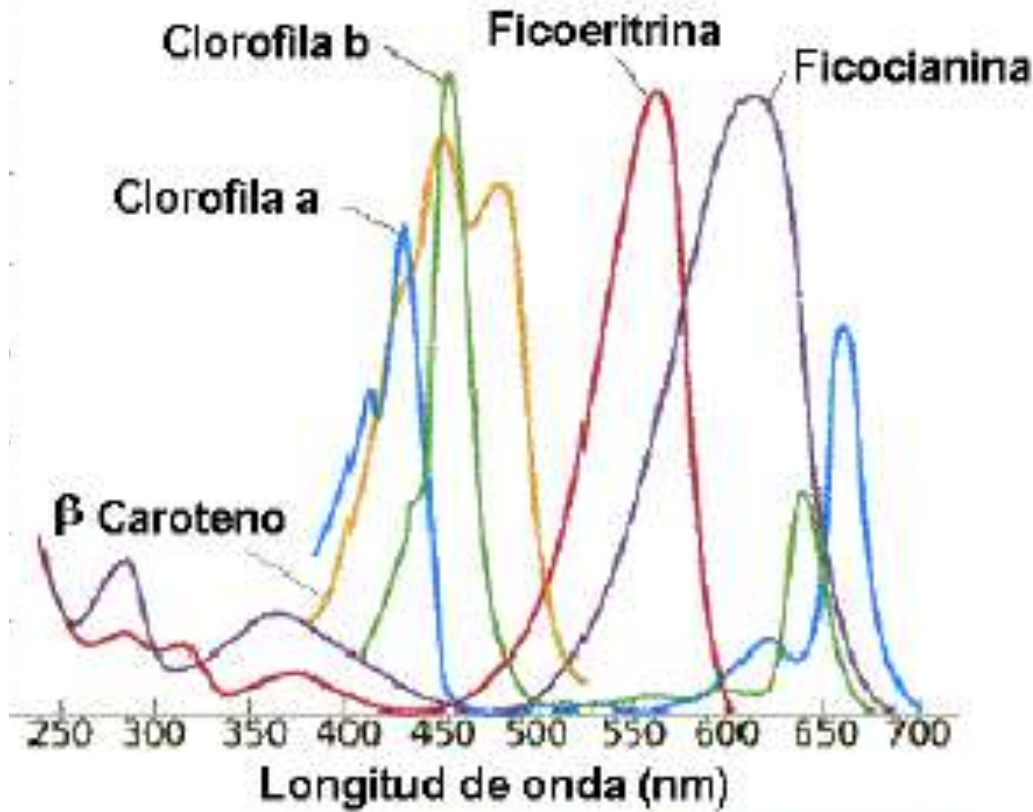
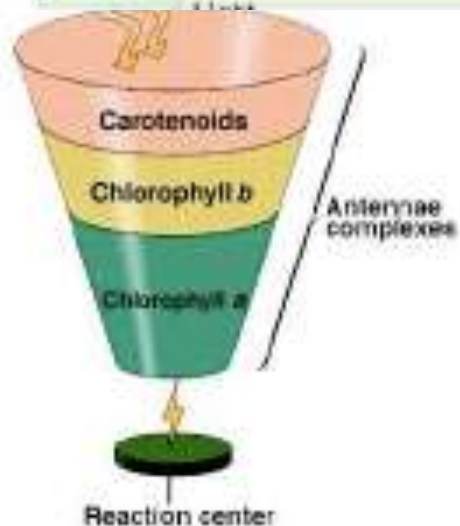
Las diferentes sustancias captan luz de diferente longitud de onda. De esta manera, gran parte de la energía luminosa es captada.

Pigmentos fotosintéticos varían entre los distintos organismos fotosintéticos

Clorofilas



- Clorofila-a
- Clorofila-b
- Clorofila-c (d y f)
- Div-clorofila a y b



Ficobilinas

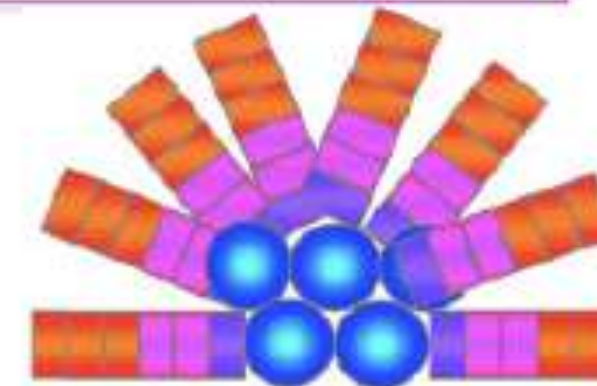


- Ficocianina
- Ficoeritrina
- Ficoeritrocianina
- Alopicocianina

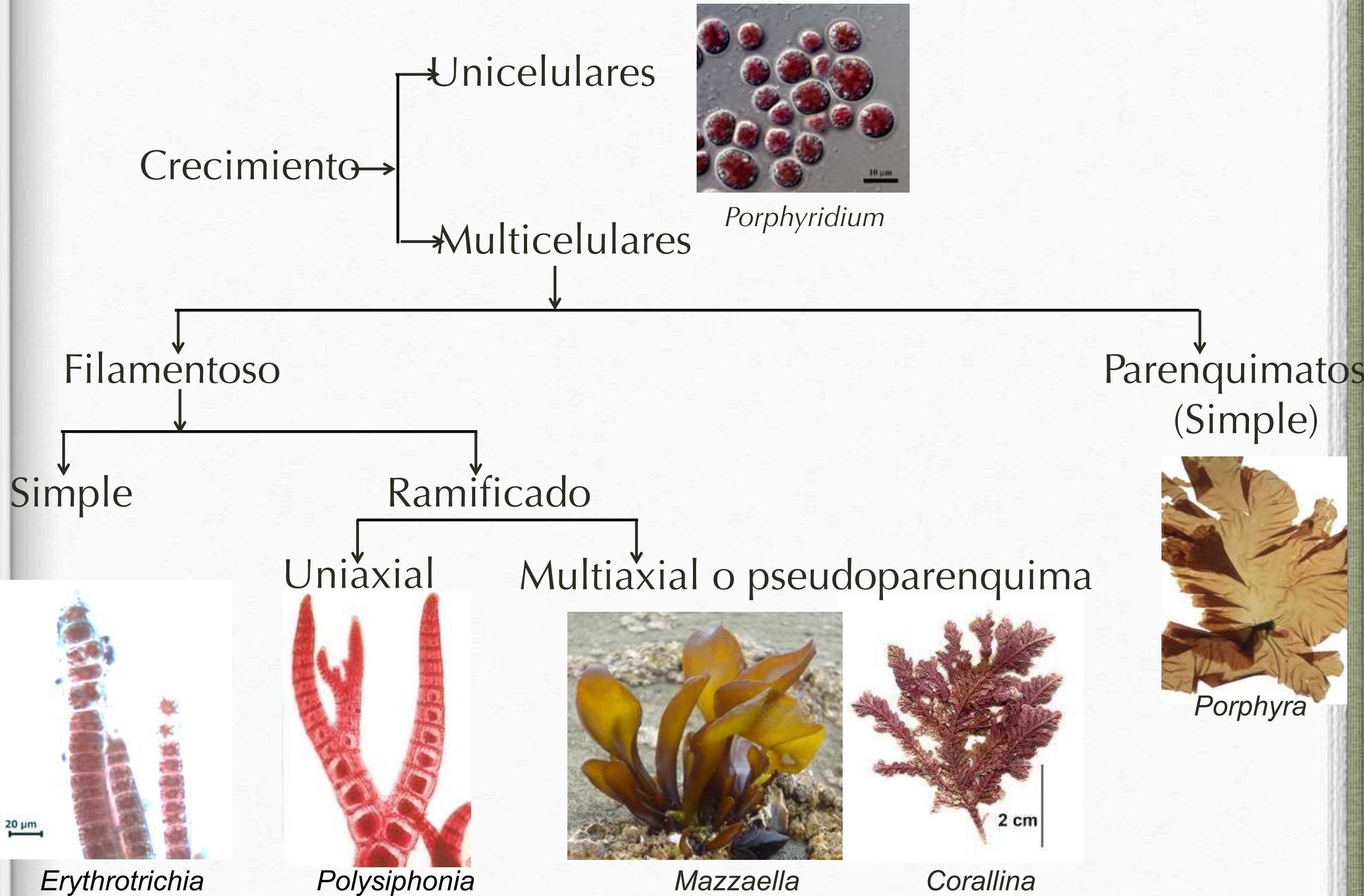
Carotenoides



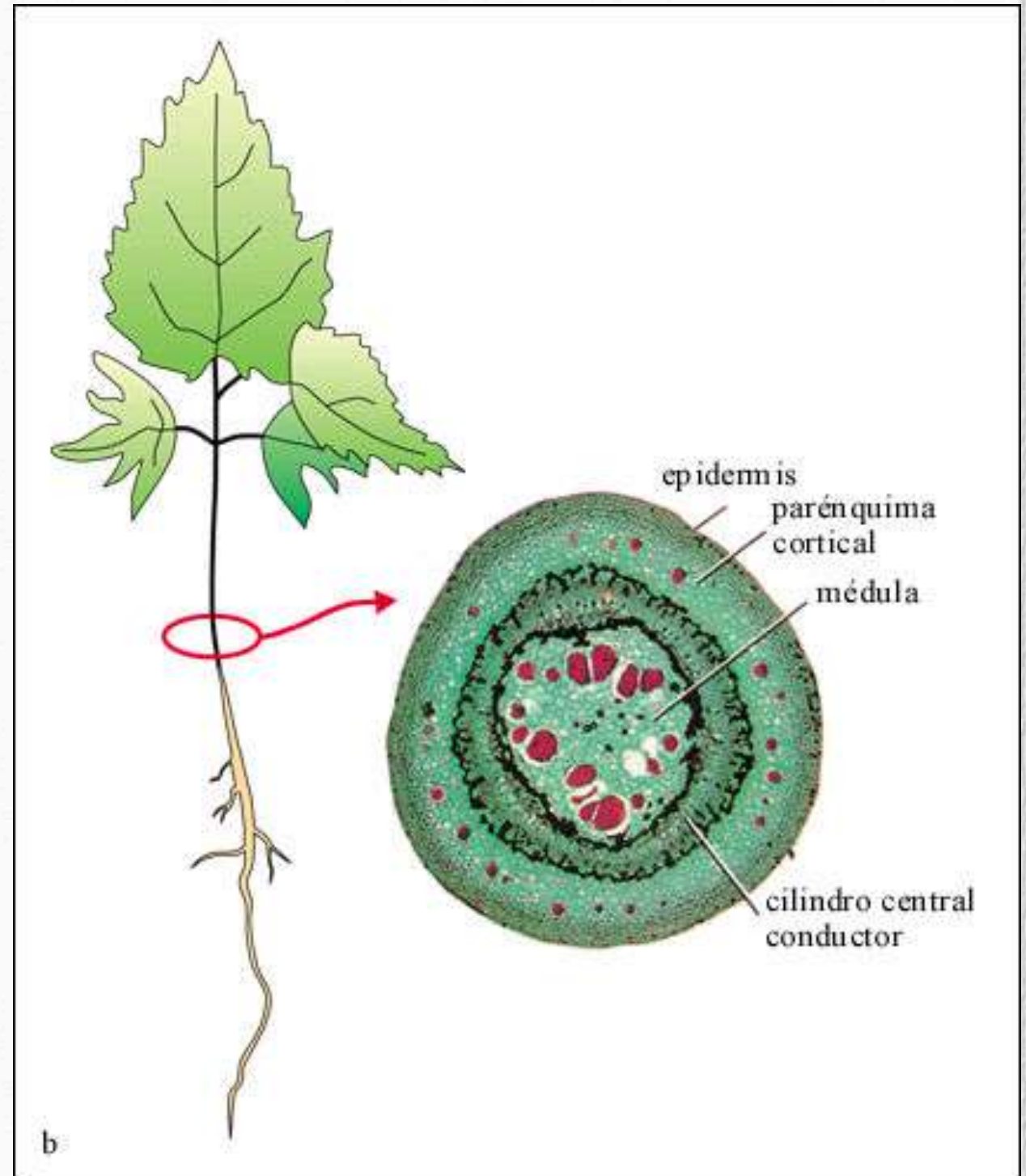
- Carotenos
- Xantofilas
- Fucoxantinas



b. Niveles de organización



Talo versus Tallo?



Talo: estructura de nivel celular que carece de organización en tejidos

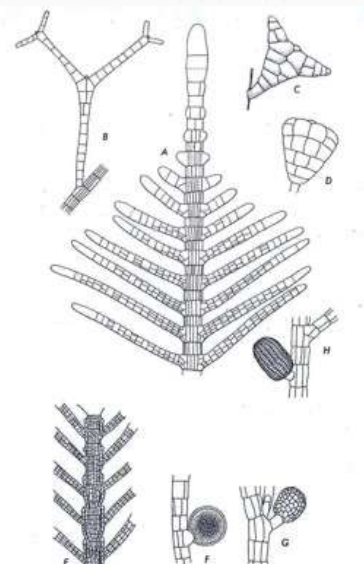
c. Reproducción

Asexual

Simple División

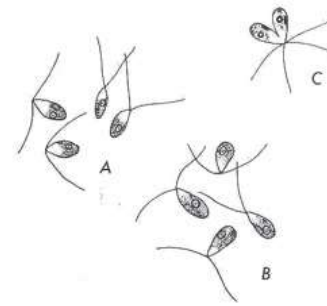


Fragmentación

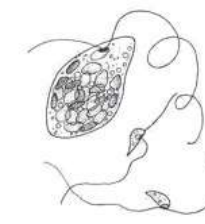


Sexual (Gametos masculinos y femeninos)

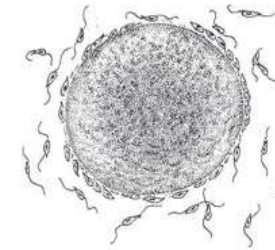
Isomorfía



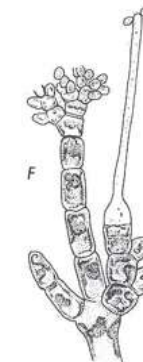
Ploidía



Heteromorfía

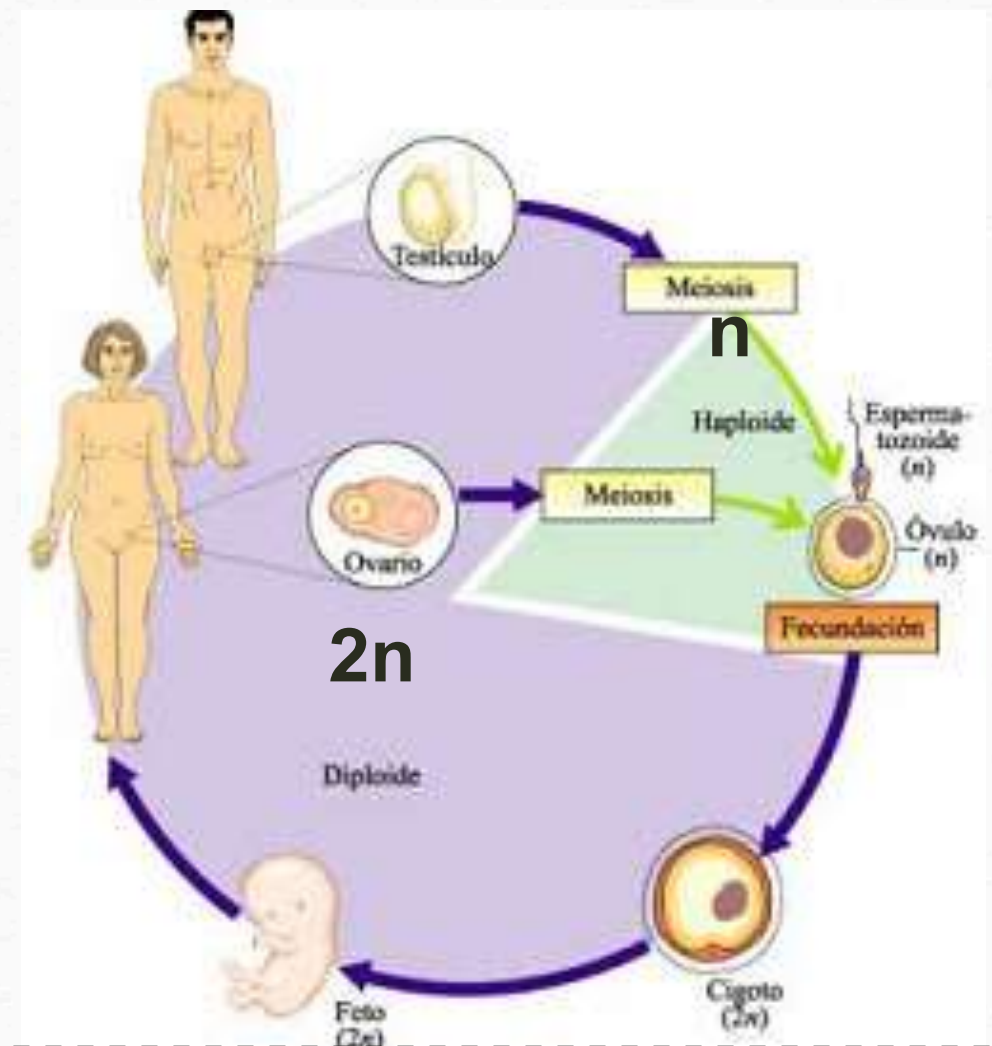


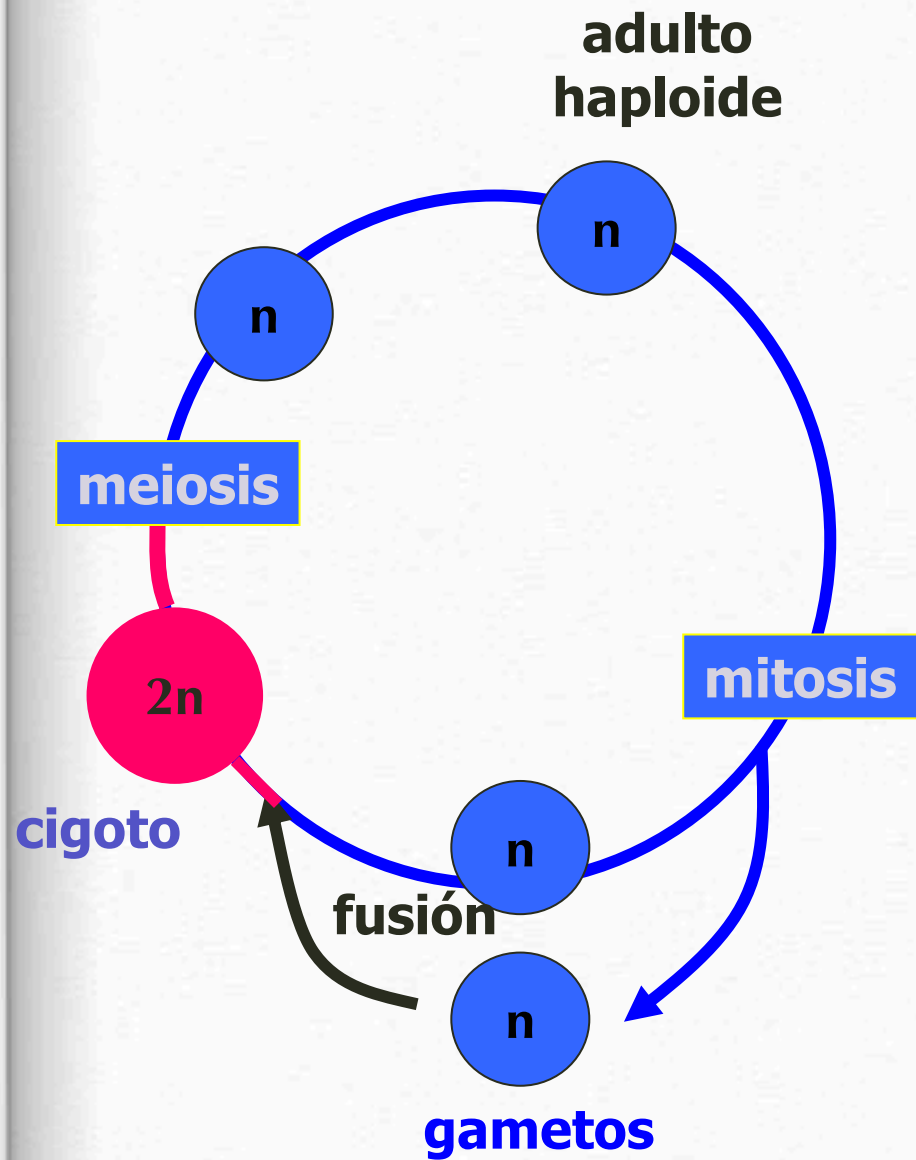
Movilidad



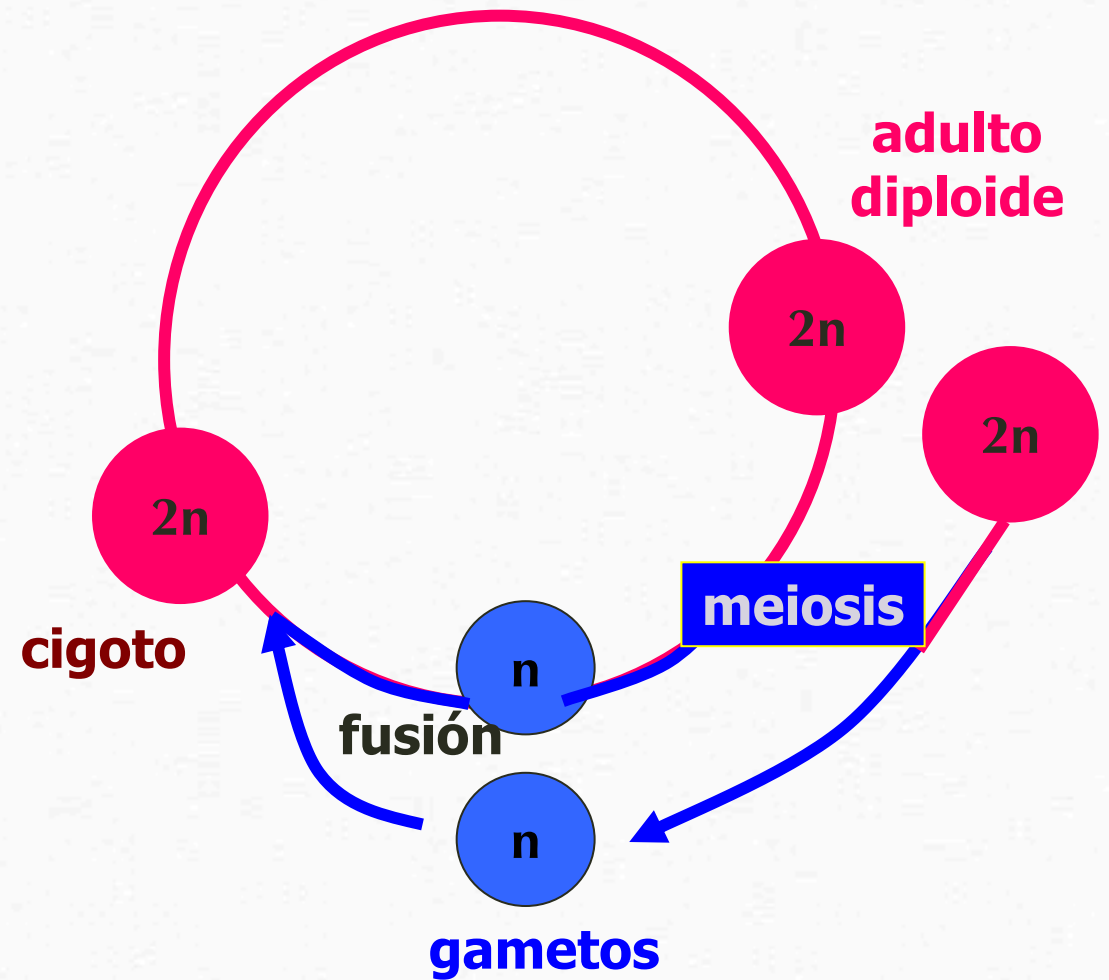
Ciclos de vida

1. Haplóntico
2. Diplóntico
3. DIPLO- HAPLÓNTICO o alternancia de generaciones



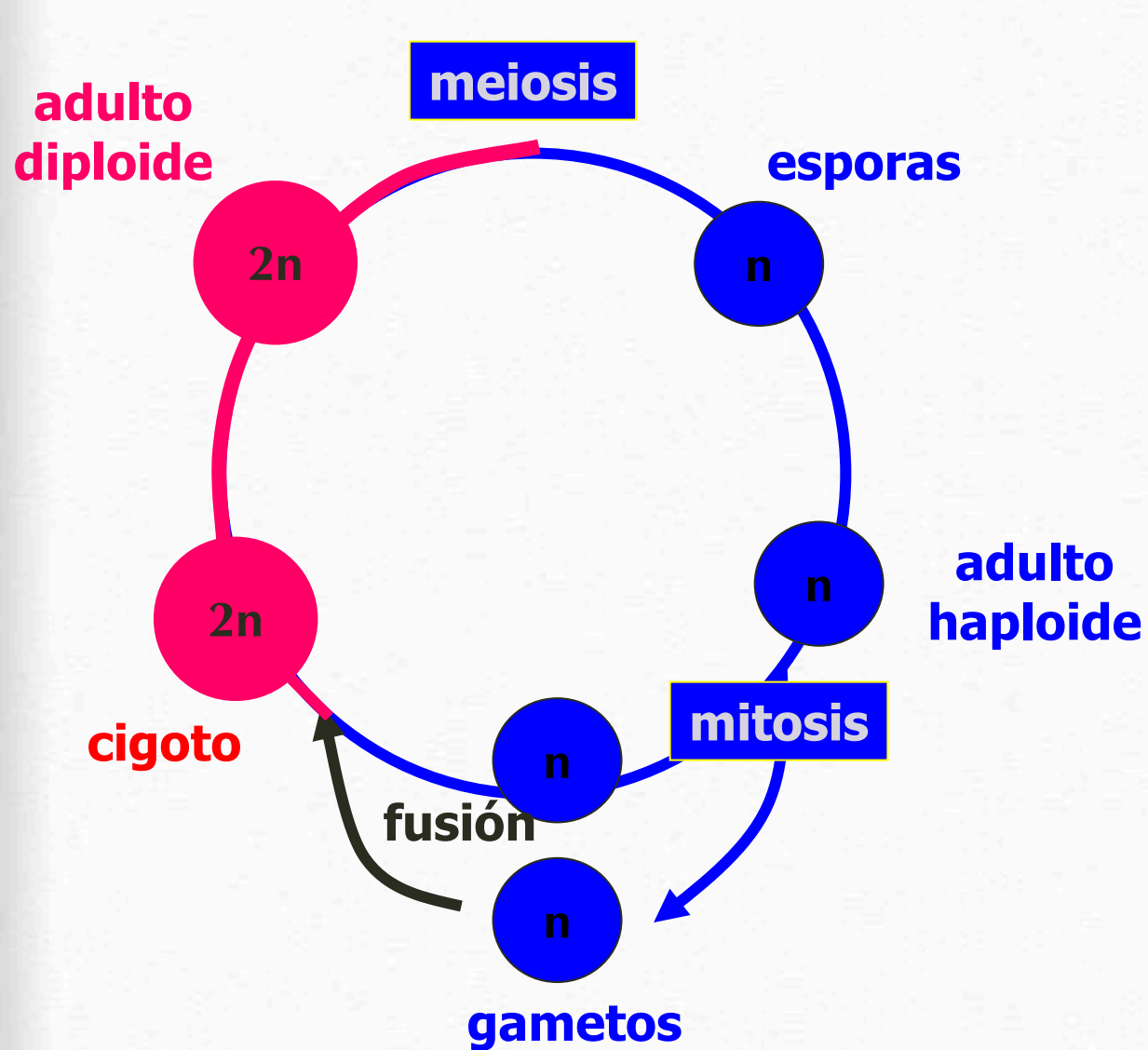


1. Ciclo haplontico

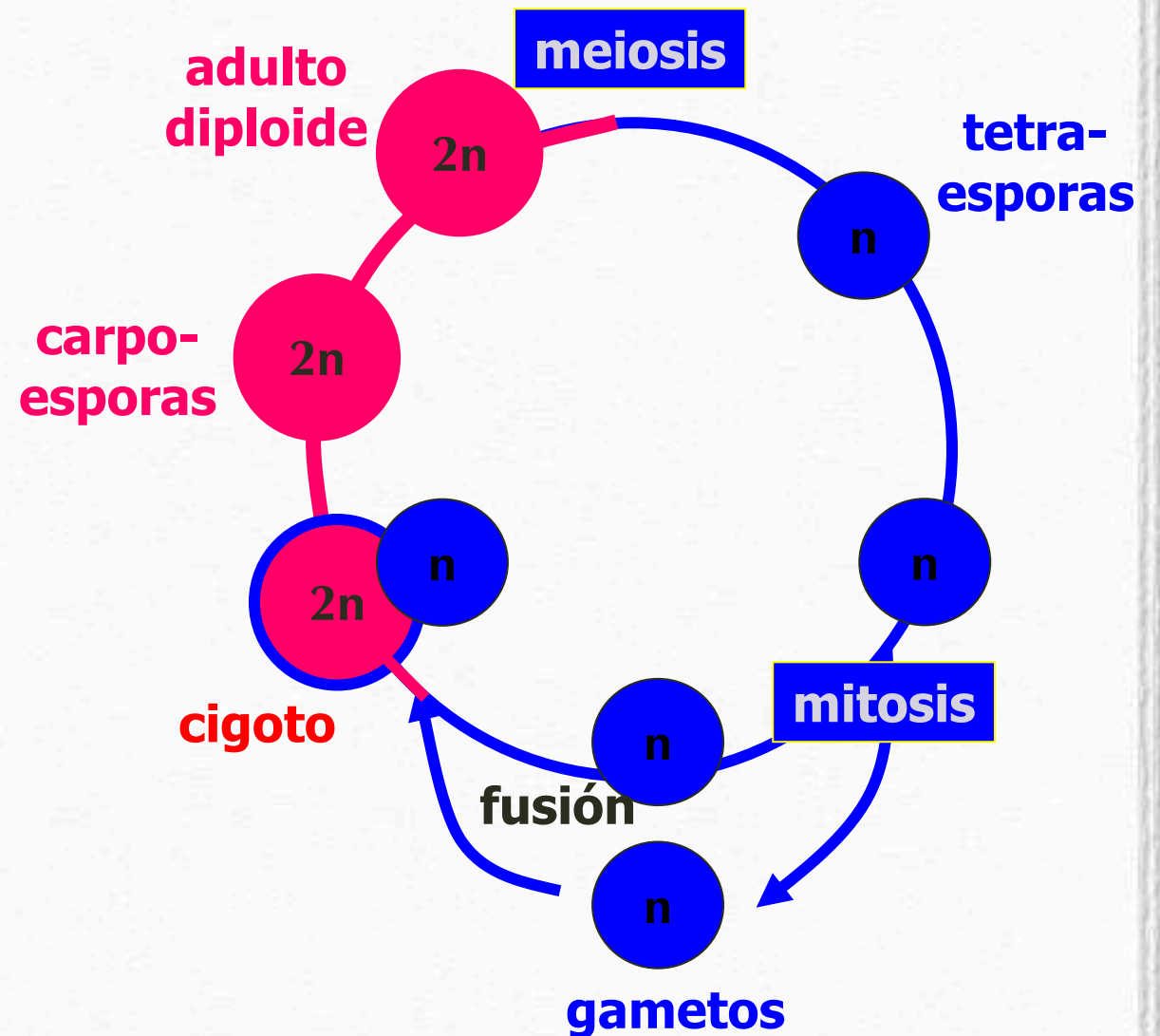


2. Ciclo diplontico

3. Ciclo diplo-haplóntico



3A. Alternancia generación isomorfa
3B. Alternancia generación heteromorfa



3.C. Alternancia generación trifásico

4. Diversidad actual y principales grupos taxonómicos



Cianophyta (Línea verde-azulada): Cianobacterias- algas verde-azuladas

- 1. Procariontes (sin núcleo verdadero)**
- 2. Sin flagelos**
- 3. Cloroplastos: Membrana donde ocurre fotosíntesis ("tilacoide")**
- 4. Pigmentos: clorofila a y ficobilinas**
- 5. Envoltura: MB plasmática, pared de mureína, y mb. externa**
- 6. Reserva: Granulos de poliglican y cianophycen**
- 7. Reproducción Asexual**
- 8. Hábitat: agua dulce, salada, humedad, bentos, plancton, simbiote**
- 9. Función ecológica: Fotosíntesis y Fijación de Nitrógeno**



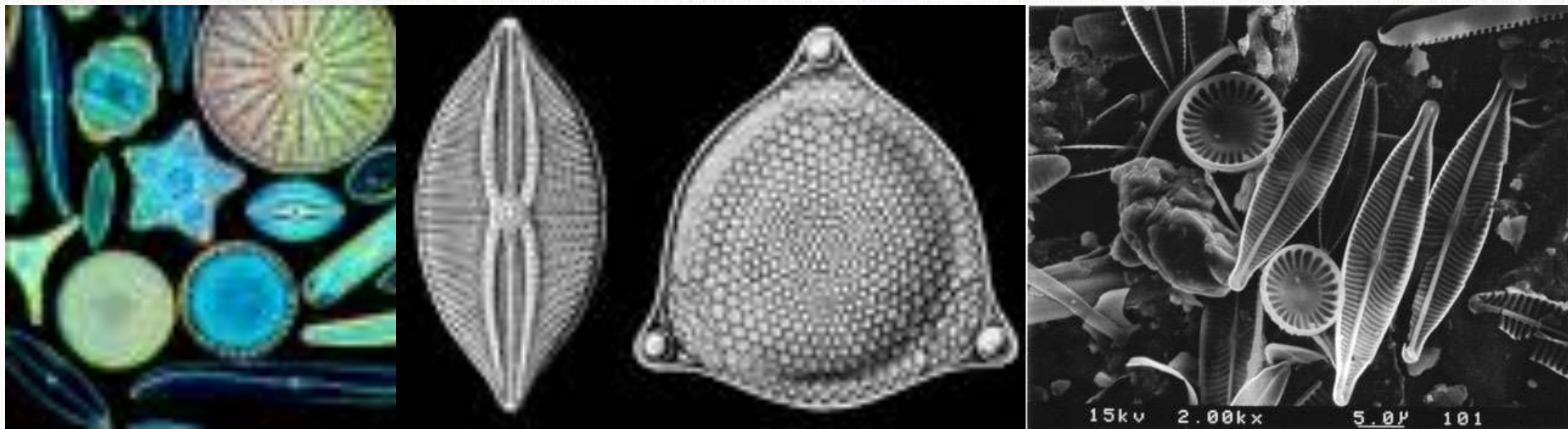
Rhodophyta: Línea de Rojas (algas rojas)

- 1. Eucariontes**
- 2. Sin flagelos**
- 3. Cloroplastos: Tilacoides unico**
- 4. Pigmentos: clorofila a, ficobilinas**
- 5. Envoltura: pared de polisacaridos, celulosa, "calcificación", pit-plug**
- 6. Reserva: almidón de floridean**
- 7. Reproducción trifásico**
- 8. Hábitat: agua dulce, salada, bentos, plancton, simbiote**
- 9. Función ecológica: Fotosíntesis, alimentación y refugio**



Stremenopiles = Heterokontophyta = Phaeophyta

- 1. Eucariontes**
- 2. Con flagelos**
- 3. Cloroplastos: Tilcaoides apilados**
- 4. Pigmentos: clorofila a y c, xantofilas**
- 5. Envoltura: pared de celulosa**
- 6. Reserva: laminarina, manitol**
- 7. Reproducción: haplontico, diplontico, alternancia de generación**
- 8. Hábitat: agua salada, dulce, bentos, plancton**
- 9. Función ecológica: Fotosíntesis, alimentación, refugio (bioingenieros)**



División Bacillariophyta: diatomeas

- 1. Eucariontes**
- 2. Con flagelos solo en reproducción sexual**
- 3. Cloroplastos: Tilcaoides apilados**
- 4. Pigmentos: clorofila a y c,**
- 5. Envoltura: pared de silice**
- 6. Reserva: crisolaminarina**
- 7. Reproducción: haplontico**
- 8. Hábitat: agua salada, bentos, plancton**
- 9. Función ecológica: Fotosíntesis, alimentación y absorción CaCO_3**

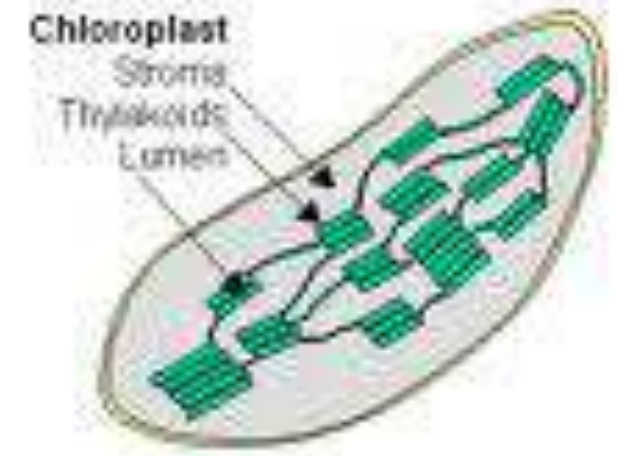
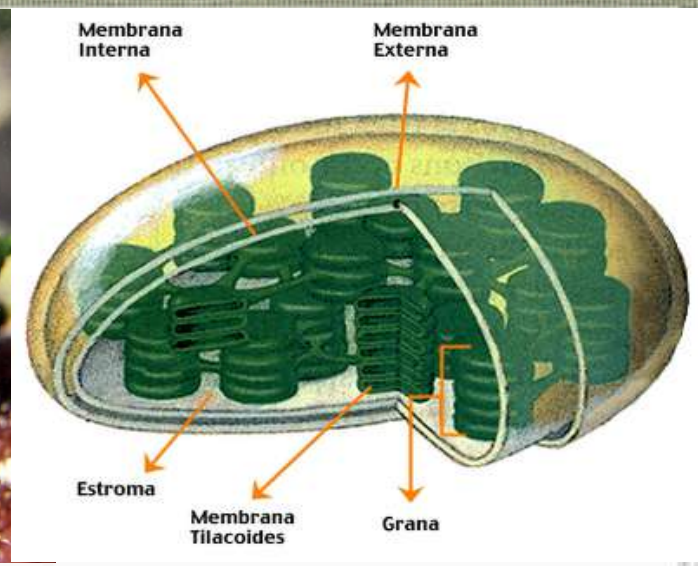
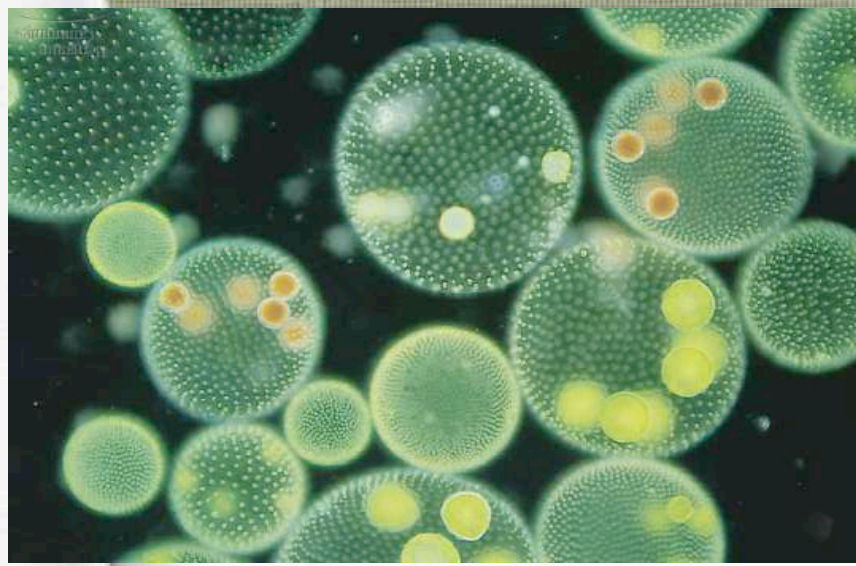


Figure 1

Dinophyta: División Dinophyta (dinoflagelados)

- 1. Eucariontes**
- 2. Con flagelos que permiten movimiento**
- 3. Cloroplastos: Tilcaoides apilados**
- 4. Pigmentos: clorofila a y c,**
- 5. Envoltura: celulosa**
- 6. Reserva: almidon**
- 7. Reproducción: haplontico, diplontico**
- 8. Hábitat: agua salada, plancton**
- 9. Función ecológica: Fotosíntesis y alimentación (marea roja)**



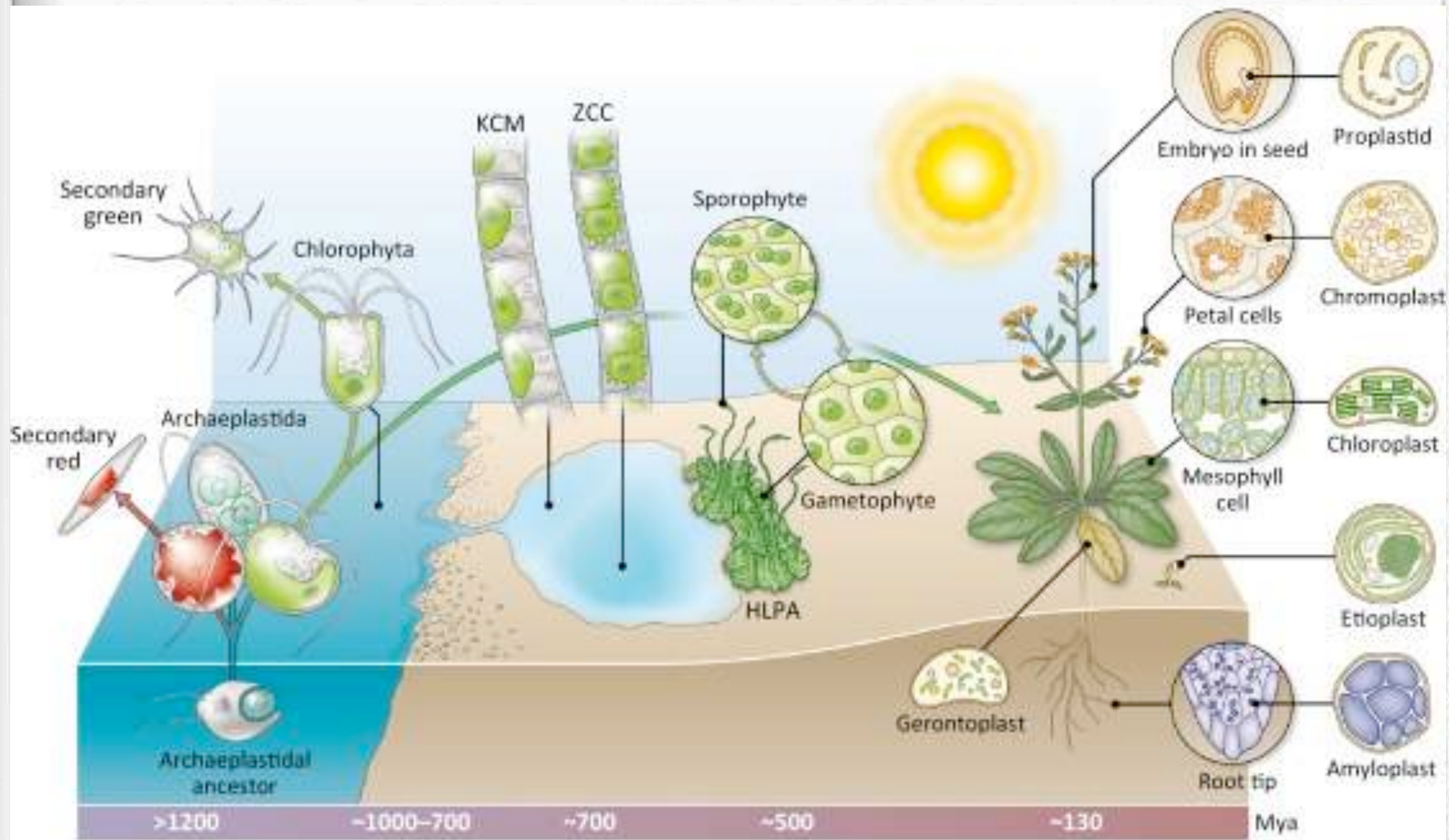
Chlorophyta: Línea verde (algas verdes)

- 1. Eucariontes**
- 2. Con flagelos**
- 3. Cloroplastos: Tilcaoides apilados en granas**
- 4. Pigmentos: clorofila a y b, betacaroteno**
- 5. Envoltura: pared de celulosa**
- 6. Reserva: almidón**
- 7. Reproducción: haplontico, diplontico, alternancia de generación**
- 8. Hábitat: agua dulce, salada, bentos, plancton**
- 9. Función ecológica: Fotosíntesis, alimentación y refugio**

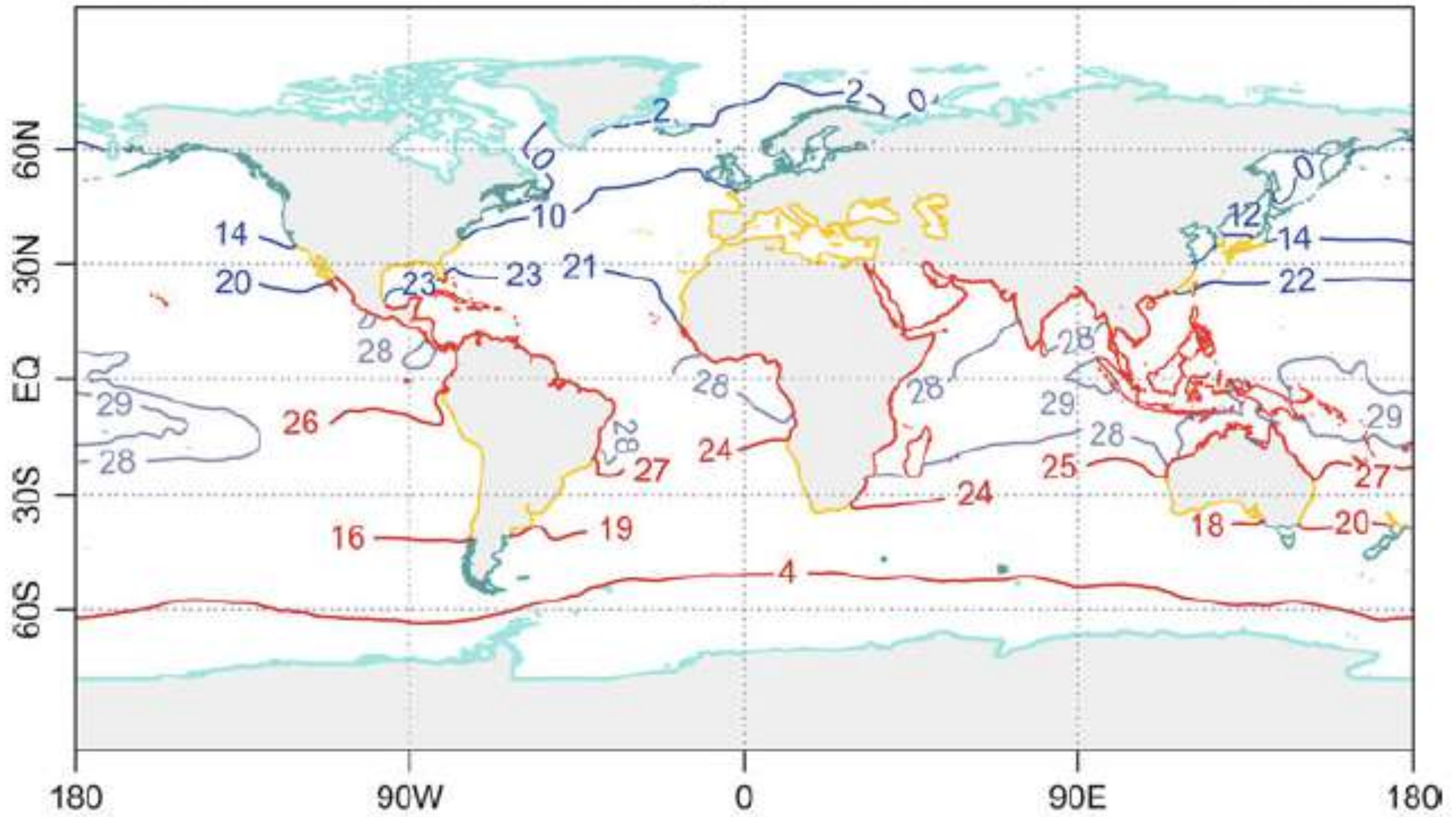
Caracteres diagnósticos entre clases

	Flagelo	Mitosis	Pared celular citoquinesis	Cubierta celular
Prasinophyceae	Raíces cruciadas	variables	surco	escamas
Ulvophyceae	Raíces cruciadas CCW	Cerrada, mb nuclear persistente	Surco, incipiente fragmoplasto	Pared celular
Trebouxiophyceae	Raíces cruciadas CCW	Semi-cerrada, mb nuclear persistente	Surco, incipiente fragmoplasto	Pared celular
Chlorophyceae	Raíces cruciadas CW o DO	Cerrada, mb nuclear persistente	Surco, ficoplasto o surco con incipiente fragmoplasto	Pared celular
Charophyceae	Raíces asimétricas MLs	Abierta- Mb nuclear no persistente	Surco o placa celular, fragmoplasto	Pared celular

*Compartidas con plantas terrestres



5. Distribución latitudinal



H. Norte

- 1. Polar-Arctic ●
- 2. Cold-temperate ●
- 3. Warm-temperate ●
- 4. Tropical ●

H. Sur

- 1. Cold-temperate ●
- 2. Warm-temperate ●
- 3. Polar-Arctic ●

b. Fitogeografía de Macroalgas (Distribución)

Afinidad cálida

Pantropical
Atlántico tropical
Indo-atlántico tropical
Atlántico tropical
Atlántico boreo-tropical
Mediterráneo

Templado Frio

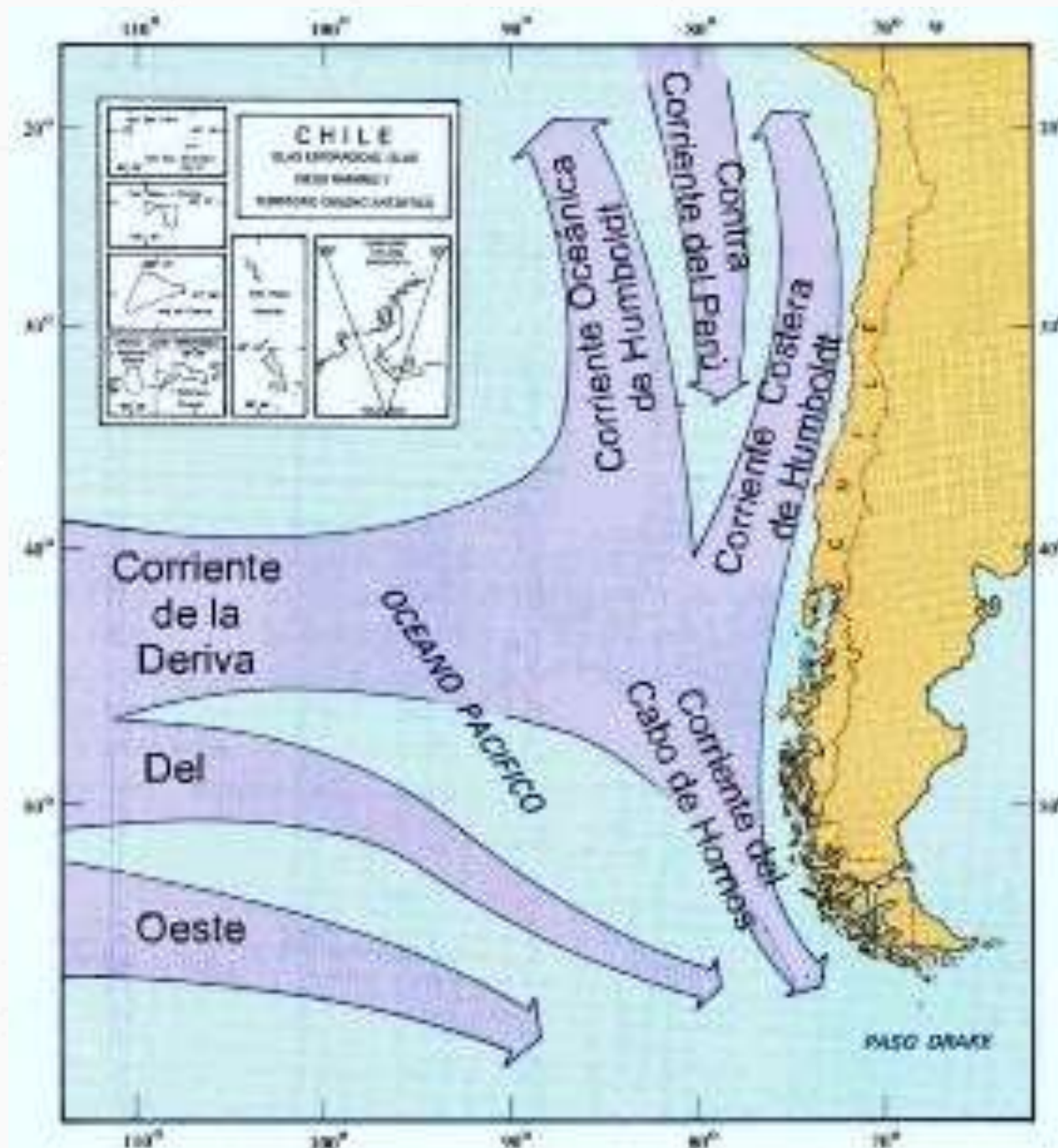
Circumpolar- austral
Circumboreal
Atlántico-pacífico templado-frio
Atlántico boreal
Indo-atlántico templado frio

Amplia Distribución

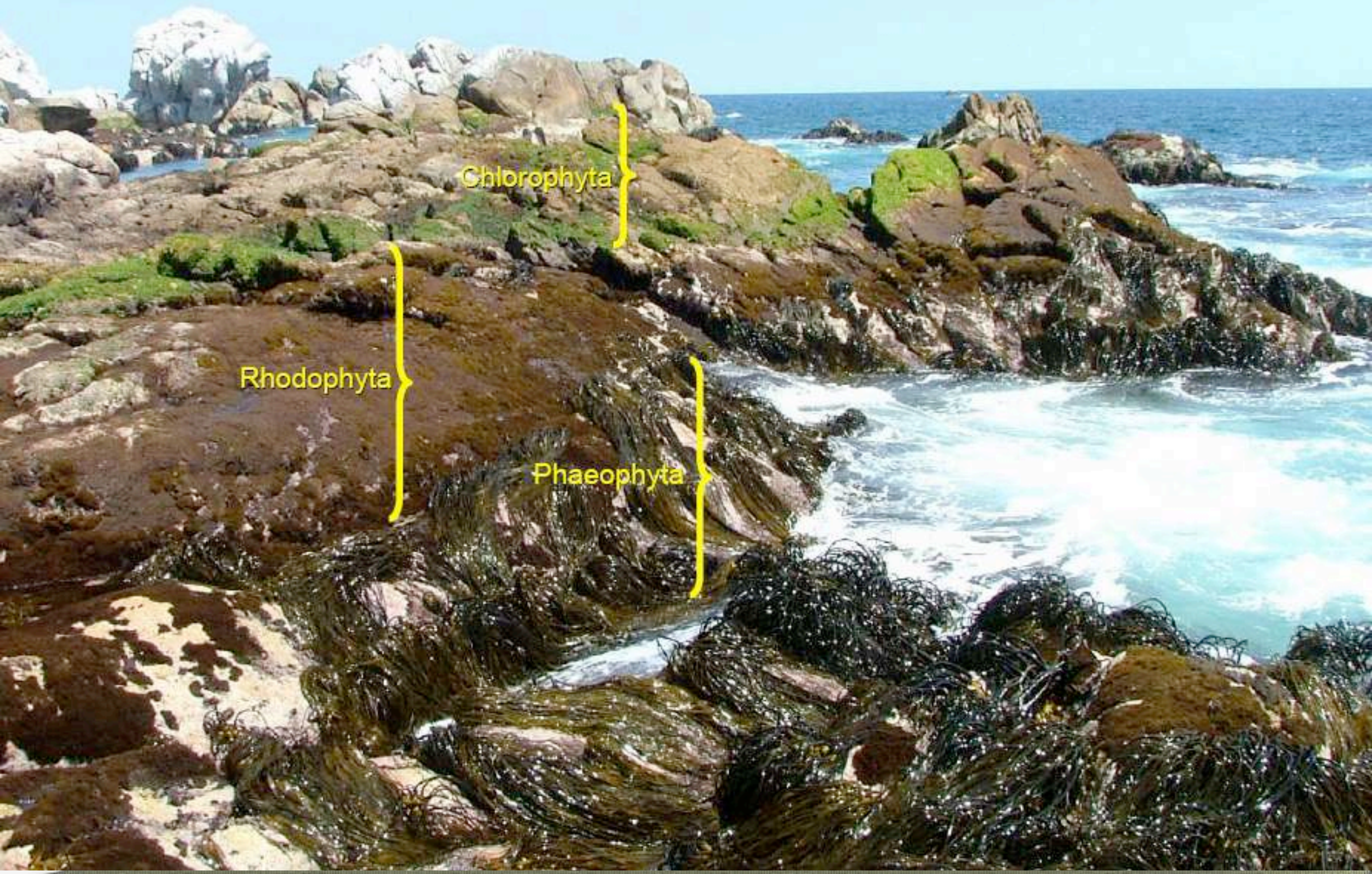
Cosmopolitas
Subcosmopolitas
Holo atlántico pacífico
Holo indo-atlántico
Atlántico
Indo-pacífico

Macro Algas Chilenas

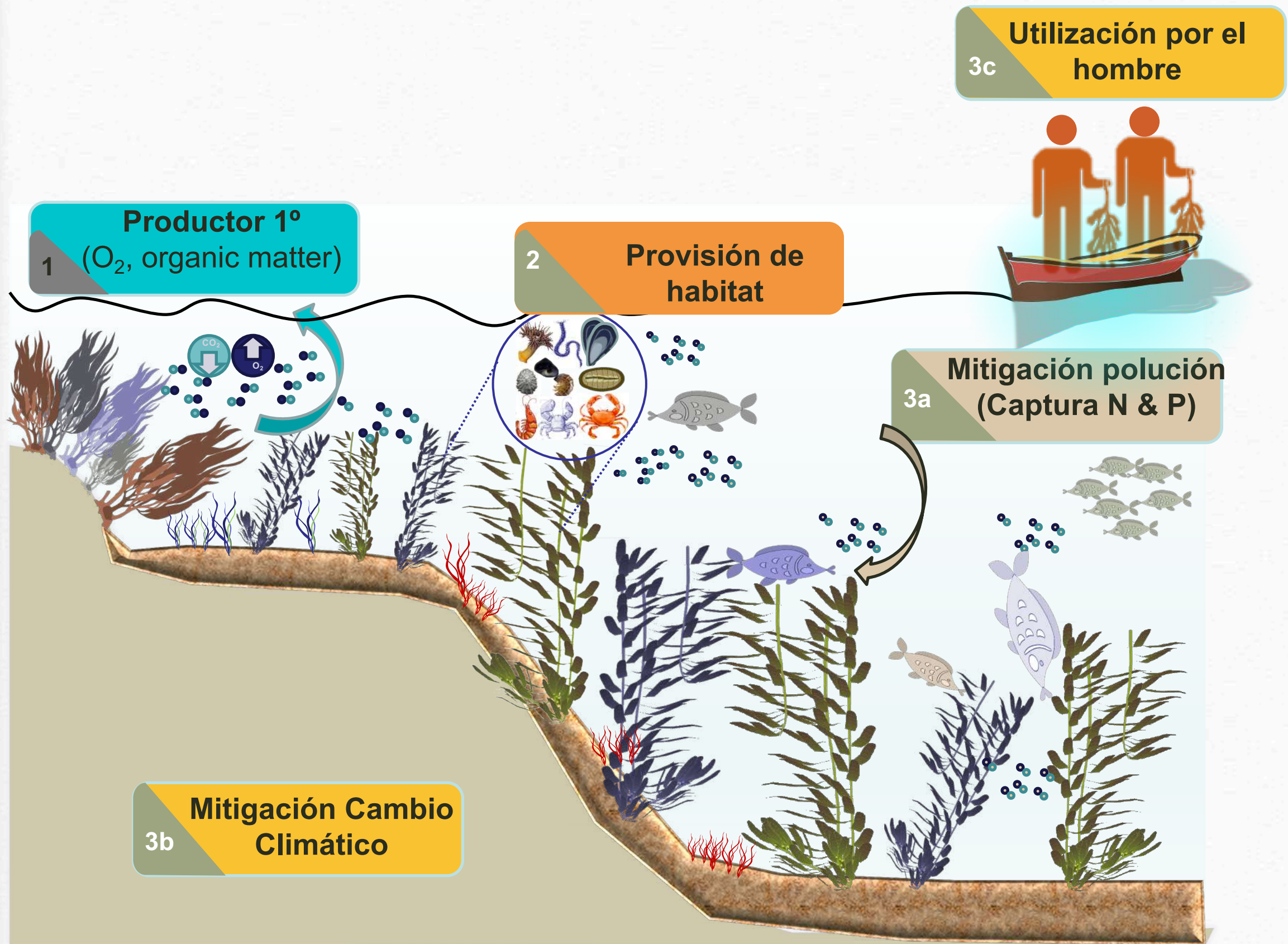
1. Circumpolar sub-antártica
2. Bi-polar
3. Subtropical
4. Endémica
5. Amplia distribución



C. Distribución vertical en las costas Chilenas

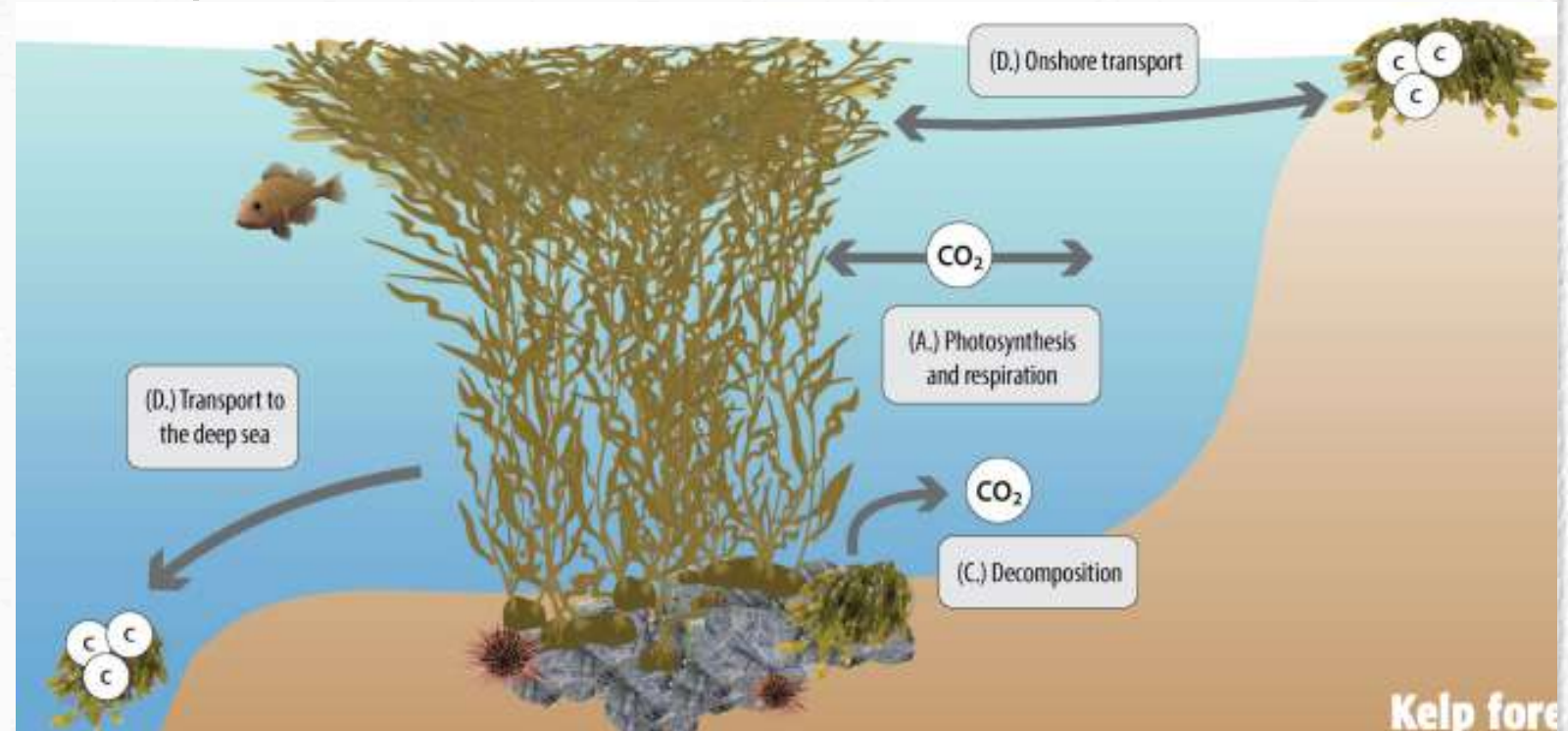


6. Función Ecológica de las Algas



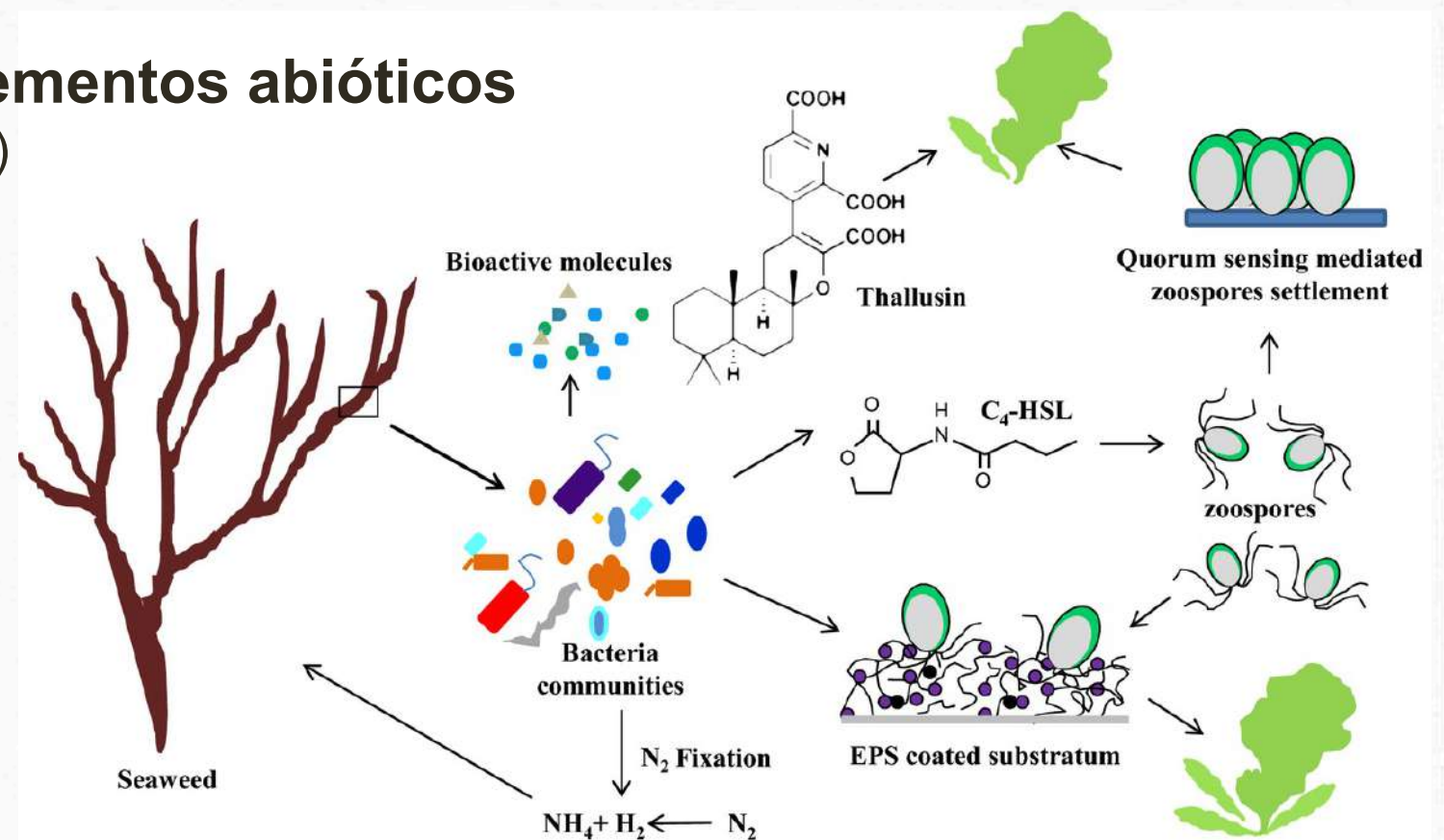
➤ Producción primaria (1º eslabón)

- i. Producción de DOM (Materia orgánica disuelta)
- ii. Producción de POM (Materia orgánica particulada)
- iii. Relaciones tróficas
- iv. Producción de Oxígeno o reducción CO_2



➤ Incorporación de otros elementos abióticos

- i. Fijación de Nitrógeno (Cianobacterias)
- ii. Incorporación de otros elementos (Ca, K, Mg, Cu, etc)



Schematic diagram depicting seaweed-bacterial interactions

2. Provisión de hábitat-Biodiversidad (invertebrados, vertebrados, peces)

a) Formación de hábitat (alimento y refugio)

b) Consolidación de sustrato y detención de la erosión

c) Formación de arrecifes coralinos

“Rol fundacional o bio-ingenieros”

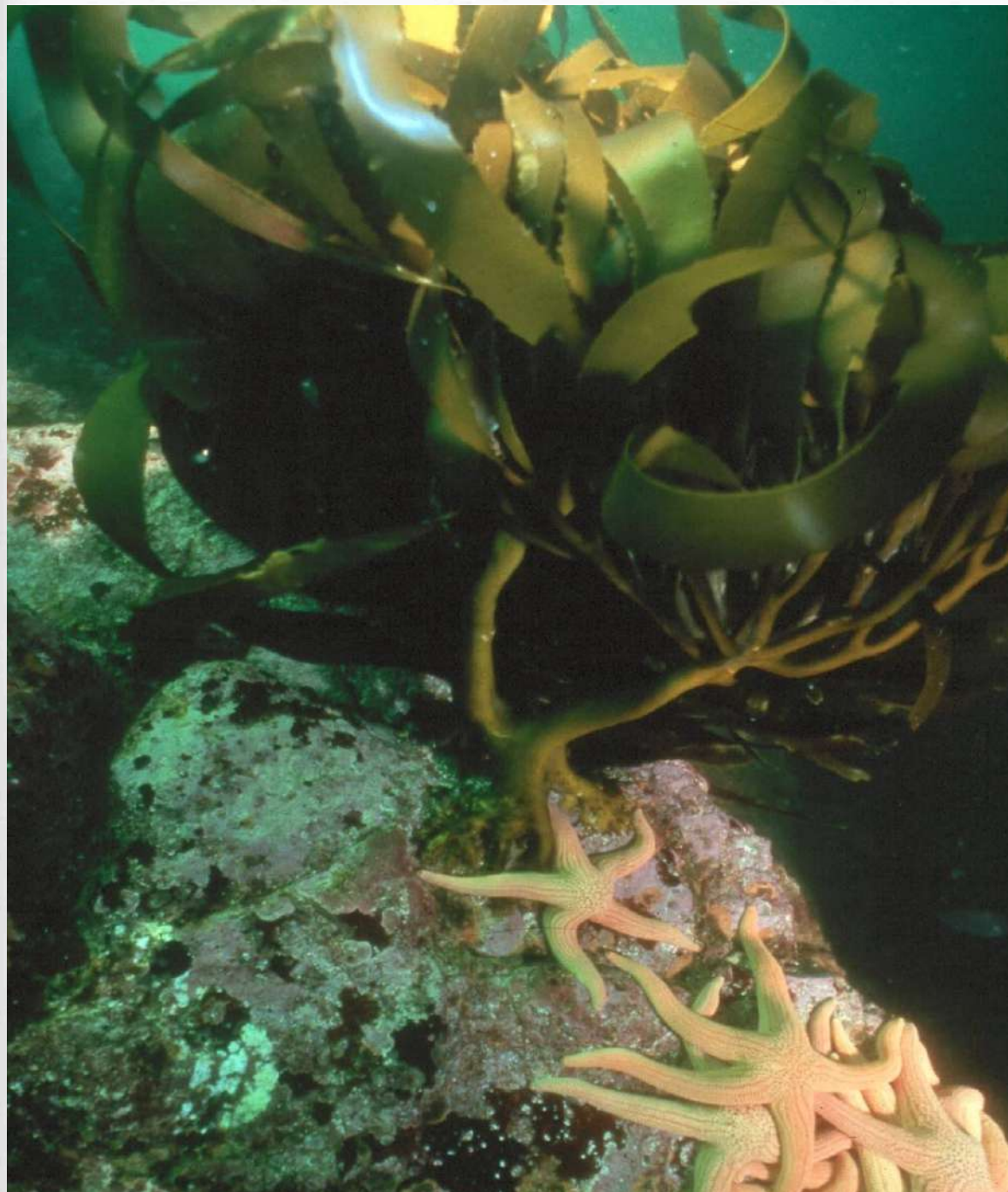


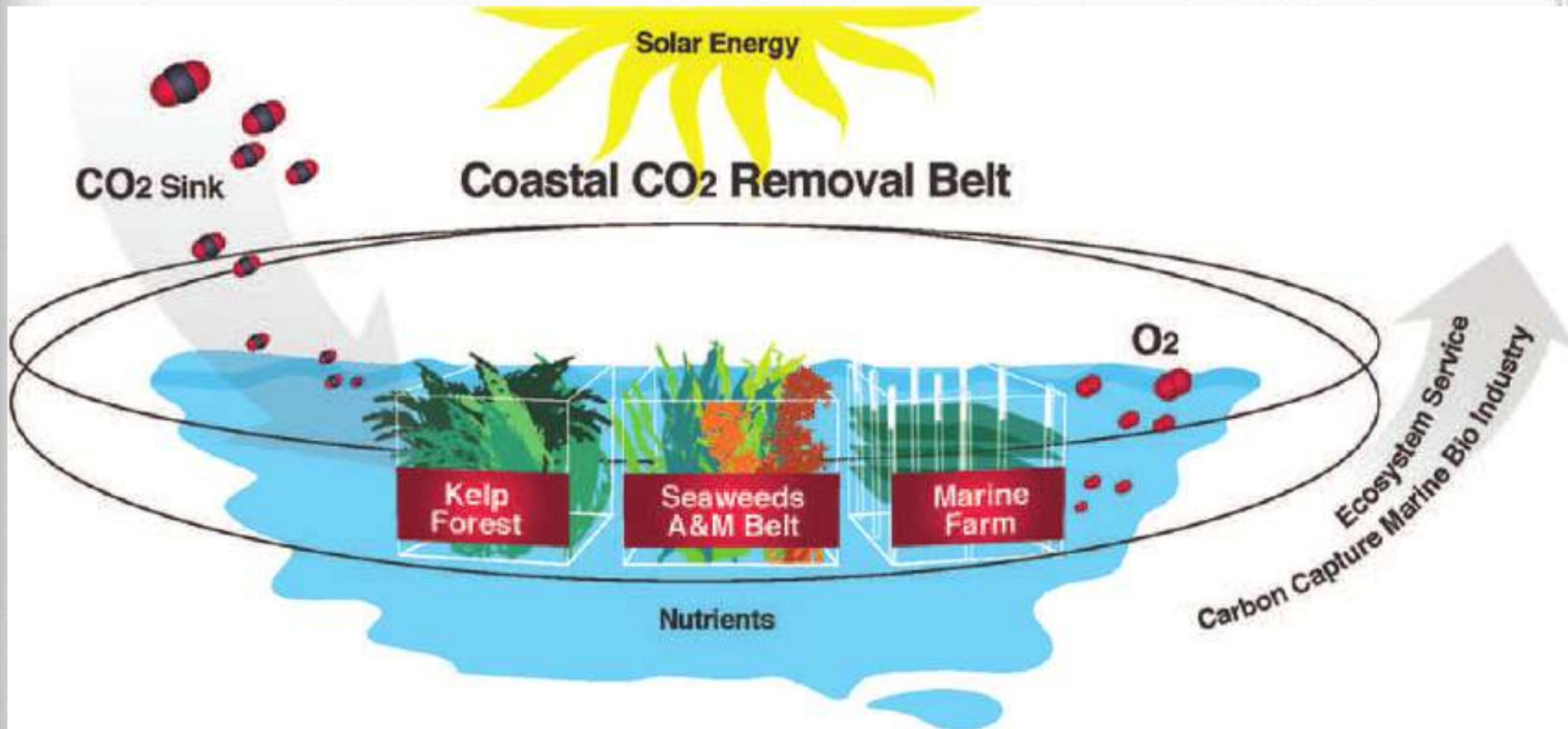
TABLA 10.2

Valores de biomasa (g indiv. x 1.000 g/disco) de las 14 especies más importantes en peso en discos adhesivos de *Lessonia nigrescens* (N = 79)

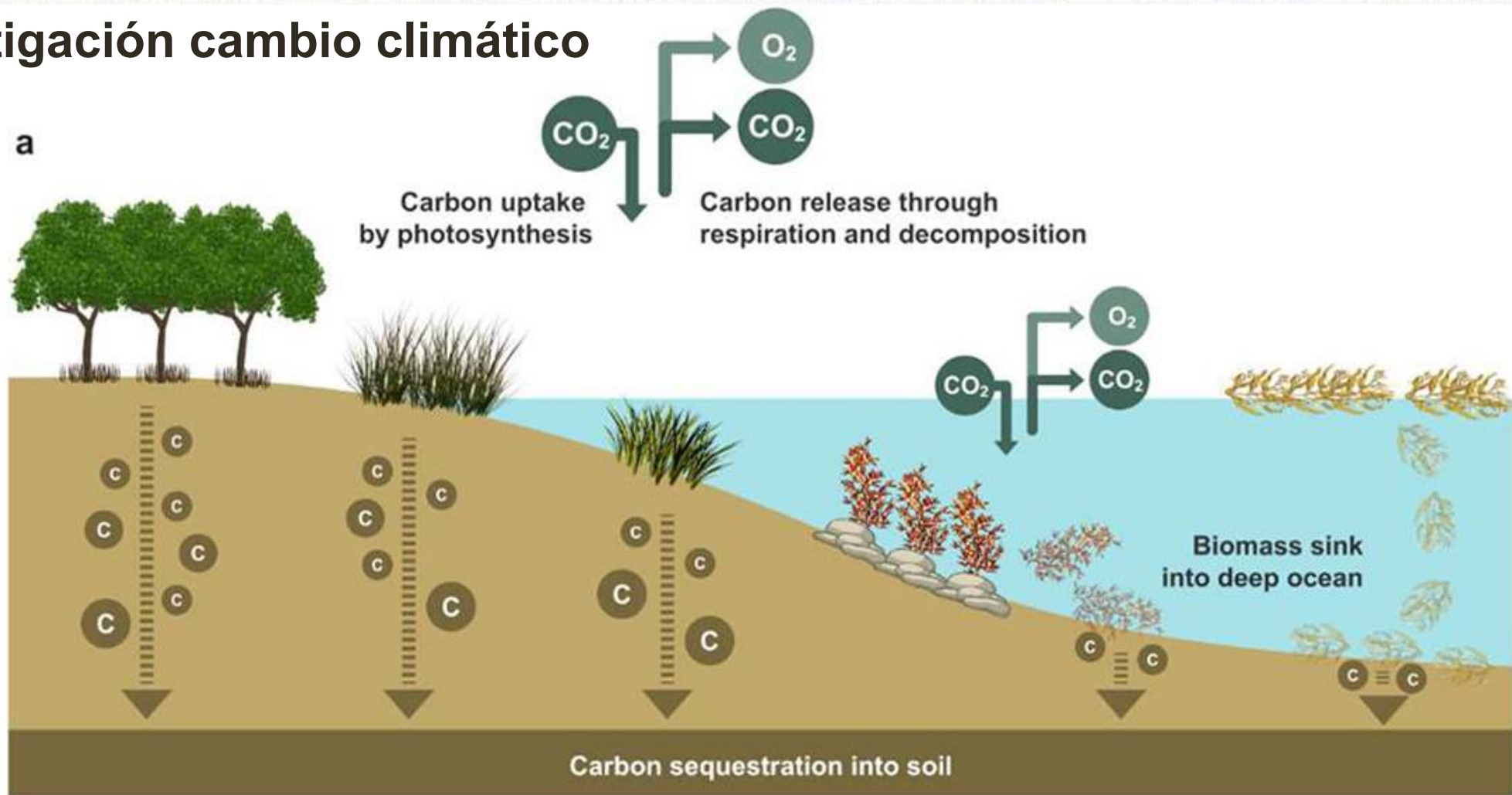
	Biomasa	Peso total individuos	Orden	Biomasa (%)
<i>Pachycheles grossimanus</i>	15,277	1.135,44	1	48,04
<i>Allopetrolisthes punctatus</i>	5,823	284,33	2	12,03
<i>Semimytilus algosus</i>	2,309	185,29	3	7,84
<i>Brachidontes granulata</i>	2,276	150,31	4	6,36
<i>Concholepas concholepas</i>	2,050	129,90	6	5,50
<i>Scurria scurra</i>	1,958	74,08	8	3,13
<i>Acanthocyclus sp.</i>	1,283	130,93	5	5,53
<i>Phymactis clematis</i>	1,237	99,80	7	4,22
<i>Petrolisthes tuberculatus</i>	0,635	43,95	9	1,86
<i>Acanthopleura echinata</i>	0,522	20,81	13	0,88
Poliquetos	0,394	30,86	11	1,31
<i>Allopetrolisthes angulosus</i>	0,307	26,88	12	1,13
<i>Pyura chilensis</i>	0,277	18,29	14	0,77
<i>Austromegabalanus psittacus</i>	0,250	32,80	10	1,39
		2.363,67		100,00

3. Servicios ecosistémicos

a) Mitigación contaminación



b) Mitigación cambio climático



b

Marine ecosystem Realm	Mangrove	Salt marsh	Seagrasses	Sargassum Floating Atlantic	Sargassum Floating Global	Sargassum Benthic Global	Sargassum Combined Global
Geographic extent [10 ⁴ km ²]	13.80-15.20	2.20-40.00	17.70-60.60	227.89	305.95	139.59	445.54
Above ground biomass* [Gg km ⁻²]	16.60-627.00	22.00-120.00	0.001-0.75	82.58	82.58	1.47	84.05
Carbon stock* [PgC]	5.61-6.18	5.7 10 ⁻⁷ -10.36	4.26-8.52	7.52	10.10	0.07	13.10

* Mean global estimate

Biofilms



Farmacología



Alimento



Monteverde, Pto. Montt, Chile
12.500- 33.000 años AC

Energía



Agrícola



9 especies algas (7 comestibles)

Papelera



Cosmetología



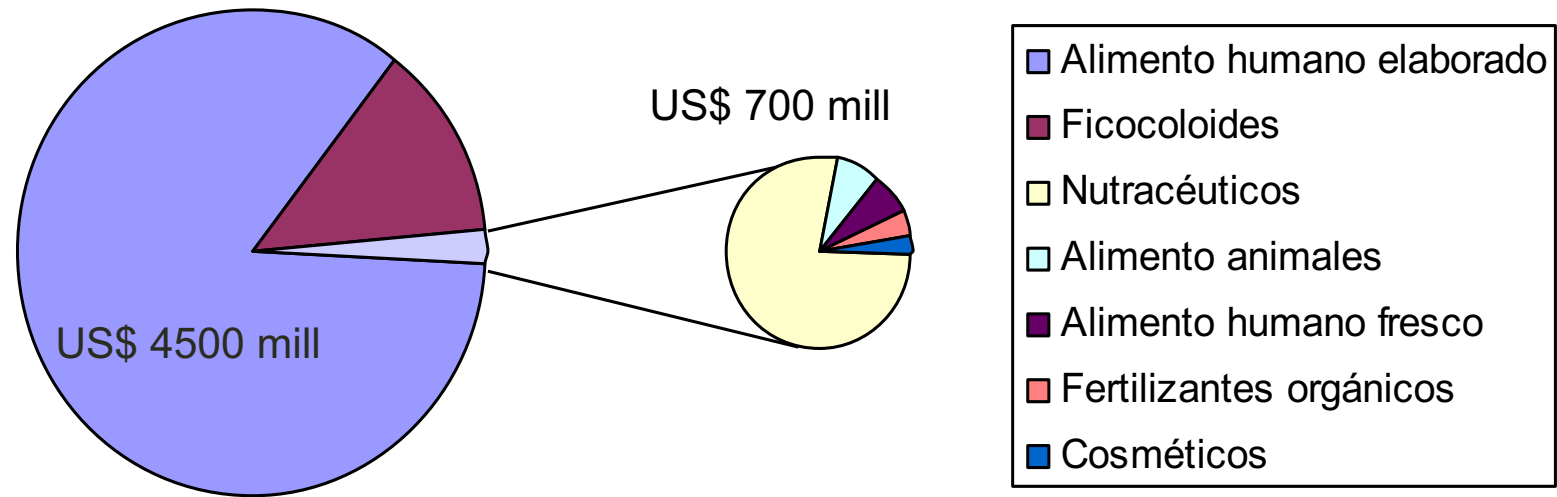
Fico-coloides

Meat carrageenan



BEVERAGE EXPERTS

Importancia socio económica en Chile (mercados y uso)



Dried

Alginates, Laminarans, Fucoidans

	Especies	US\$ /ton	TOTAL US\$ MILL.
Agar	Gracilaria/ Agarophyton	13,202	33
Alginato	Lessonia, Macrocystis	6,450	4
Carragenano	Sarcothalia, Gigartina, Mazzaella	6,960	28
seca	Porphyra,- Pyropia Durvillaea, Callophyllis, Chondracanthus, Enteromorpha	600	26
TOTAL			91



1 *Lessonia berteroaana* y *L. spicata* CUBREN LA COSTA CHILENA COMO UN ORGANISMO FUNDACIONAL

L. berteroaana

CAPTURA CO₂, GENERA O₂, materia orgánica, estabilizador de sustratos y es refugio y alimento para una gran variedad de organismos marinos.



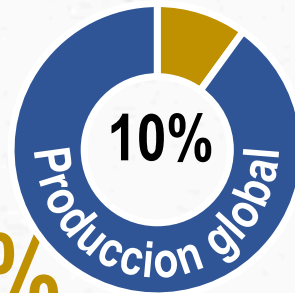
10.000 ALGUEROS
Su pesquería constituyen la materia prima para la industria de alginato y alimento.



RECURSO SOBRE EXPLOTADO

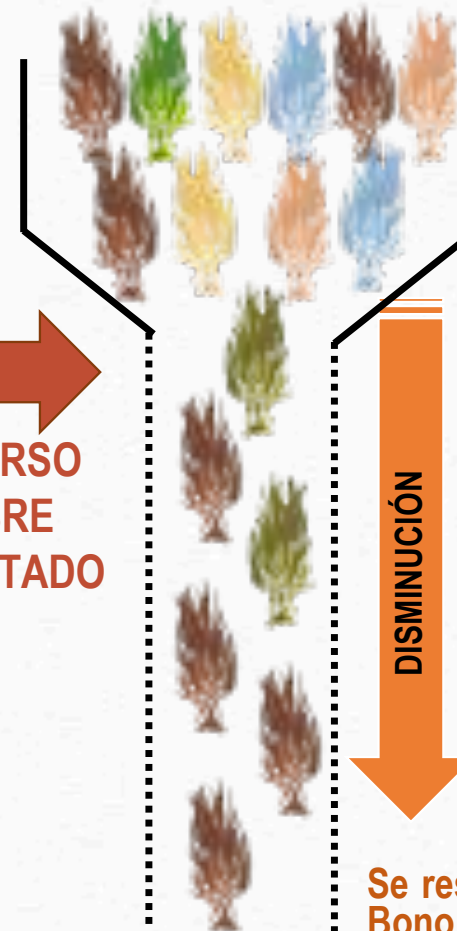
L. spicata

400.000 TON/AÑO
son cosechadas representando un 10% de la producción mundial



Se estima un aumento del **7%**

2 EFECTOS NEGATIVOS ECOLÓGICOS Y SOCIECONÓMICOS DE LA SOBREEXPLOTACIÓN



ECOLÓGICO

- Tamaño poblacional
- Diversidad Genética
- Capacidad adaptación (Resiliencia)
- Servicios ecosistémicos

- Producción 1°
- Hábitat- Refugio
- Biodiversidad asociada
- Captura CO₂

SOCIECONÓMICOS

- Biomasa Algas (materia prima)
- Otras especies de importancia económica
- Ingresos económicos
- Variabilidad de biomoléculas
- Estabilidad del mercado
- Estabilidad Laboral

Se restringe extracción y se genera Bono para Cultivo y repoblamiento

Why we should help our kelp!

Some key facts about Sussex kelp...



A 1987 Worthing Borough Council report showed the historic kelp beds covered 177 km², with 10 km² described as 'very dense'

Kelp beds support many species of commercial fish such as plaice and cod

Kelp supports many of the species sea birds feed on

Per acre, kelp forests can take up to 20x more CO₂ from the atmosphere than land-based forests

In-shore kelp beds make a great natural sea defence

Divers in the 1980s recorded Kelp as 'common' or 'abundant' in over 50% of dive sites from Selsey to Eastbourne

Encrusting bryozoans and hydroids make kelp their home

Kelp beds are spawning grounds for many species of fish

By the late 2010s only small remnants of kelp remain, covering an area of just 6.28 km²... a 96.4% decline since 1987!

Forest Kelp (*Laminaria hyperborea*)

...as well as important nursery grounds for juvenile fish

Kelp is used for shelter and feeding grounds for creatures such as seals and dolphins

Sugar Kelp (*Saccharina latissima*)

Kelp bed ecosystems support larger predatory fishes - such as cat sharks

Kelp beds support crustaceans such as commercially important lobster

Oar Weed (*Laminaria digitata*)

Seaweeds can grow more than 30x faster than land based plants

Kelp holdfasts (the bit that attaches to the reef) provide food for flatfish, sea bass & cod

By altering light levels, sedimentation rates and water flow - kelps are true "ecosystem engineers"