



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS



ALGAS VERDE AZULES

ELABORO: DRA. CARMEN ZEPEDA GOMEZ
UA ALGAS Y BRIOFITASI 2015



Guía didáctica

1. **Portada**
2. **Guía didáctica**
3. **Guía didáctica**
4. **Introducción**
5. **Justificación**
6. **Secuencia didáctica**
7. **Objetivos**
8. Se enlistan las características diagnósticas del grupo
9. Se describe la morfología de las algas verde azules
10. Se describe la estructura de la membrana y pared celular
11. Se ilustra la membrana y pared
12. Se ilustra la membrana y pared
13. Se ilustra la morfología de organismos filamentosos con vaina de mucilago
14. Se enlistan las características de la estructura protoplasmática
15. Se enlistan las características de la estructura protoplasmática
16. Se ilustra la estructura general de las células de algas verde azules
17. Se ilustran y definen los ficobilisomas
18. Se menciona la importancia de la adaptación cromática complementaria
19. Se definen las características de la vacuola
20. Se definen las características de los tilacoides
21. Se mencionan las principales rutas metabólicas
22. Se presenta una micrografía con la ultra estructura celular
23. Se realiza la representación esquemática de la célula ideal de una cianobacterias
24. Se mencionan los tipos de esporas y reproducción
25. Se menciona la presencia de otras estructuras como asinetos y heterocistes
26. Se ilustran y definen a los asinetos
27. Se ilustran y definen la los heterocistes
28. Se menciona el valor de la fijación del nitrógeno por las cianobacterias

29. Se mencionan las estructuras de fijación de nitrógeno
30. Se describen los procesos de recombinación genética en el grupo
31. Se describen los procesos de recombinación genética en el grupo
32. Se menciona la distribución general de los organismos del grupo
33. Se mencionan las características de hábitat
34. Se mencionan las características de hábitat
35. Se menciona las principales diferencias metabólicas
36. Se explica el movimiento de cianofitas (*Oscillatoria*)
37. Se mencionan las relaciones de simbiosis
38. Se menciona la importancia del grupo
39. Se menciona la importancia ecológica del grupo
40. Se resume el valor alimenticio de *Spirulina*
41. Se define la importancia la fijación de carbono
42. Se menciona el origen del grupo
43. Se describen los estromatolitos
44. Se ilustra la posición de las cianobacterias en el dominio Bacteria
45. Se resume la clasificación taxonómica del grupo
46. Se resumen las características diagnosticas de las Oscillatoriales y se dan ejemplos
47. Se resumen las características diagnosticas de las Chroococcales y se dan ejemplos
48. Se resumen las características diagnosticas de las Nostocales y se dan ejemplos
49. Se resumen las características diagnosticas de las Nostocales y se dan ejemplos
50. Se resumen las características diagnosticas de las Stigonematales y se dan ejemplos
51. Se resumen las características diagnosticas de las Chamaesiphonales y se dan ejemplos
52. Se resumen las características diagnosticas de las Prochlorophyta y se dan ejemplos
53. Se resumen las características diagnosticas de las Prochlorophyta y se dan ejemplos
54. Fuentes de información

Guía didáctica

Introducción

Existe una gran controversia acerca de si son algas o bacterias. Se consideran algas porque realizan la fotosíntesis, son de 5 a 10 veces más grandes que las bacterias y además poseen estructuras especiales no bacterianas como hormogonios, filamentos etc. Se consideran bacterias porque su organización celular es procariota. Con respecto a la nutrición hay que decir que son fotoautótrofas (pueden ser heterótrofas facultativas en la oscuridad) y que fijan nitrógeno a diferencia de eucariotas y semejanza de bacterias cuando la cantidad de oxígeno es baja.

Con respecto a su distribución son ubicuas, es decir, se encuentran en todo el mundo, se pueden ver a simple vista como masas gelatinosas y sobre todo en aguas dulces y suelos húmedos.

Justificación

Se han seleccionado a continuación una serie de 55 diapositivas que ilustran las características básicas y la ubicación del grupo de las algas verde azules dentro de la diversidad de organismos. Las imágenes incluyen ejemplos que de manera visual facilitarían la comprensión de la terminología empleada en este tema. Se presenta como material didáctico de apoyo para unidades de aprendizaje básicos y disciplinarios. Las unidades de aprendizaje como Algas y briofitas, Virus y Bacterias e Introducción a la Investigación Biológica, tendrán con este material un apoyo visual para el desarrollo de las mismas ya que comparten el objetivo de introducir al alumno en el conocimiento de la biodiversidad y en particular de la biodiversidad de procariontes.

Algas Verde Azules

Estructura

Diversidad

Niveles de
organización

Reproducción

Ecología

Origen

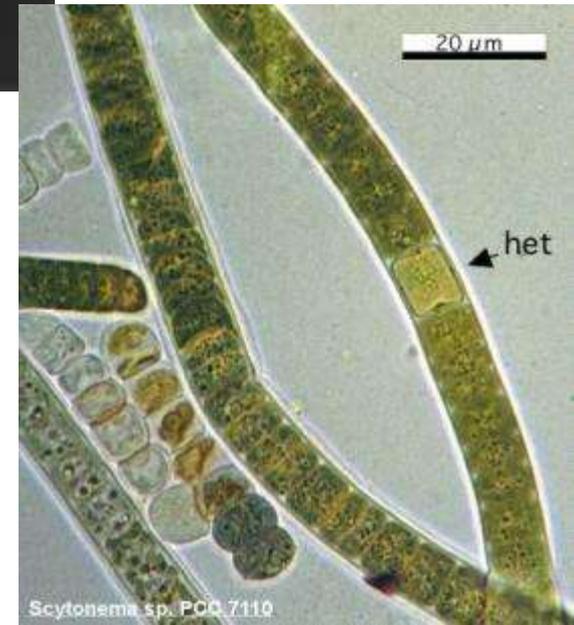
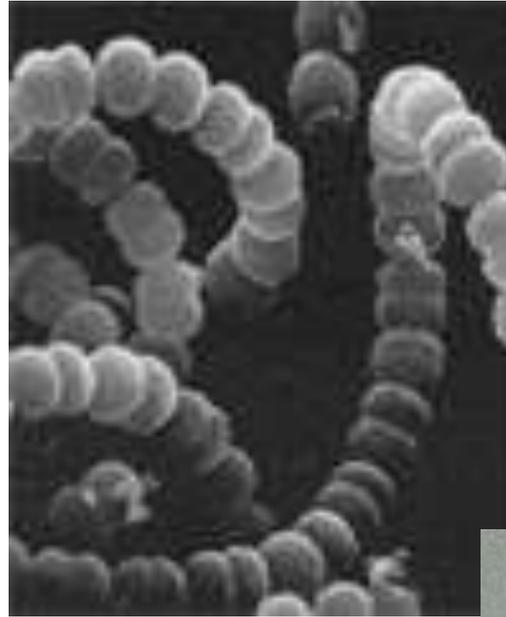
Secuencia didáctica

Objetivo

Reconocer las características morfológicas, ecológicas y de importancia que distinguen a las algas verde azules o cianofitas

Características diagnósticas

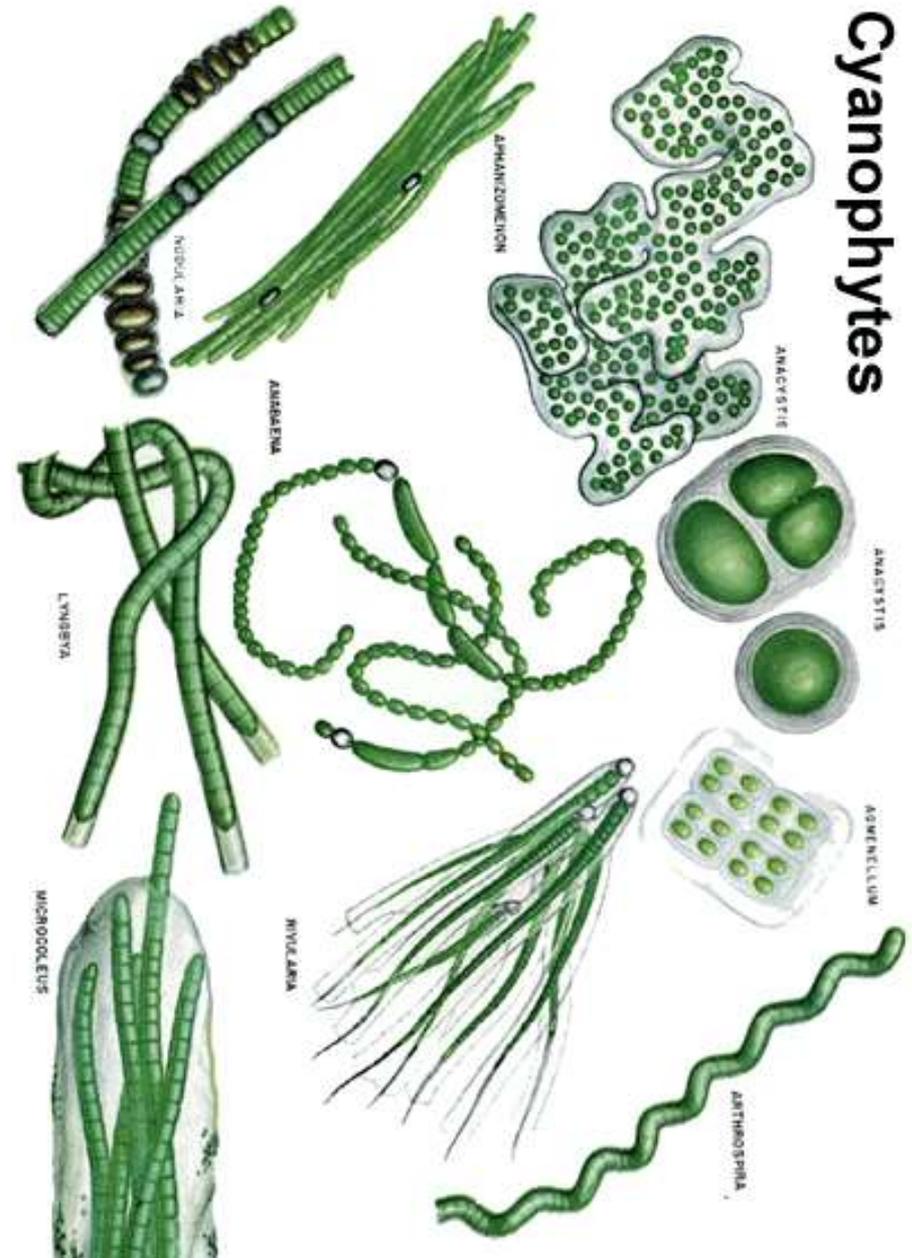
- Procariontas
- Clorofila “a”
- Ficobiliproteínas
- Glicogeno
- Pared celular con aminoácidos y aminoazucares
- Algunas diazotroficas (Fijación de N)



Morfología

- Organismos unicelulares
 - libre o con vaina de mucilago
- Tricomas y filamentos (citocinesis incompleta)
- Filamentos ramificados (falsos y verdaderos)
- Cenobios
- No hay org. flagelados

Polimorfismo



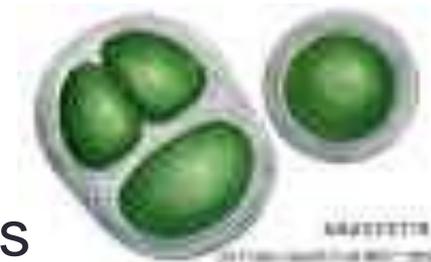
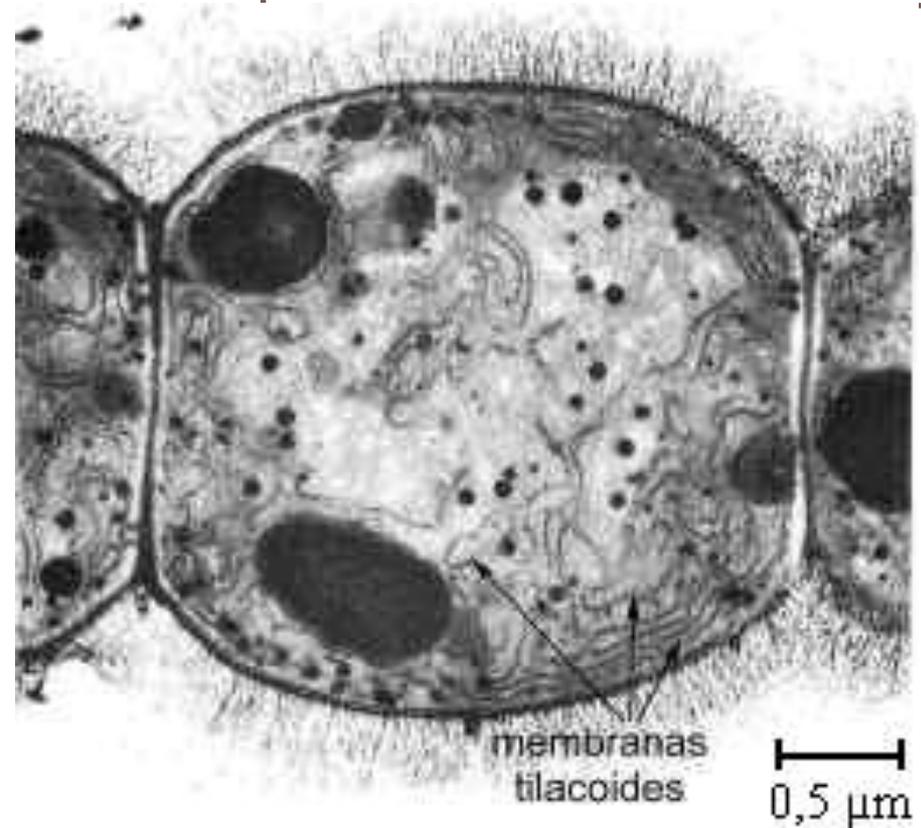
Cyanophytes

Membrana y pared celular

Similar a bacterias gram -

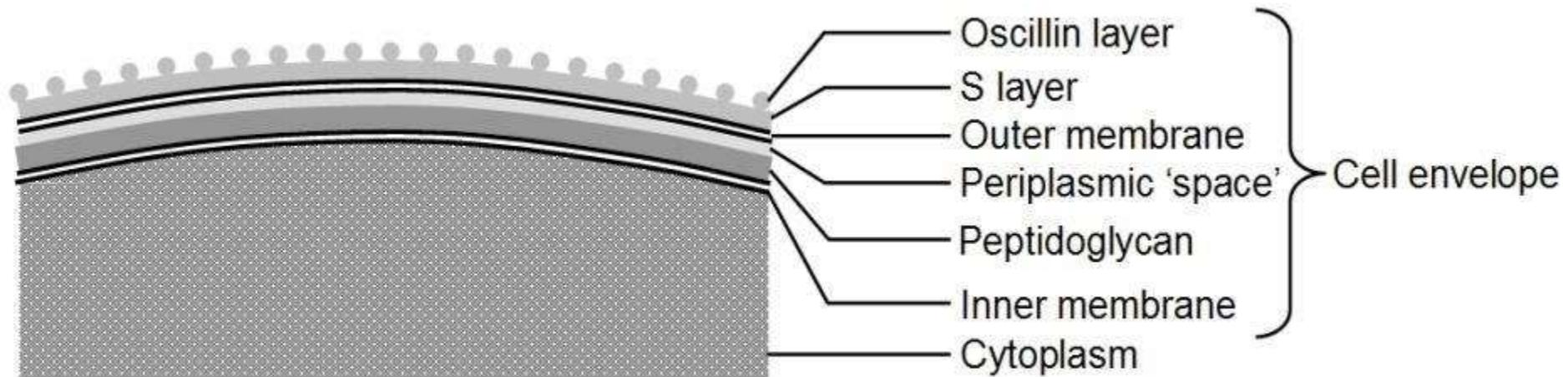
- Cubierta

- Capa interna
 - 3 ó 4 capas (rígida)
 - Mesosomas
- Ácido murámico (peptidoglucano G-)
 - Igual en todas las cianobacterias
 - Espacio periplástico
- Capa externa
 - 2 ó 3 capas
 - Capa S (de proteínas)
 - Matriz fibrilar de proteínas (*Oscilina*)
 - Vaina mucilaginosa
 - Estructura variable y dependiente de las cond. Ambientales
 - Coloreada



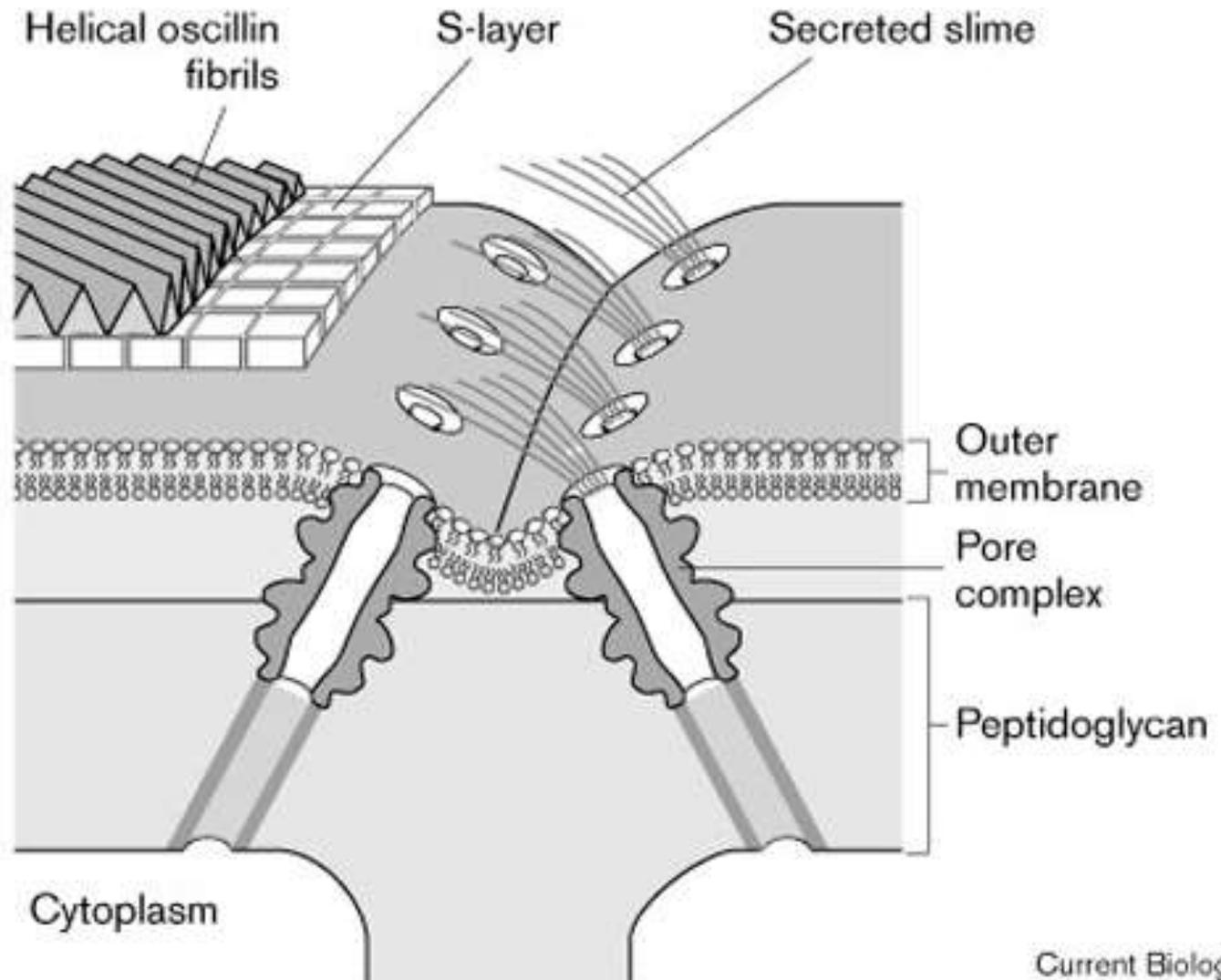
+ Vaina de filamentos

Membrana y pared

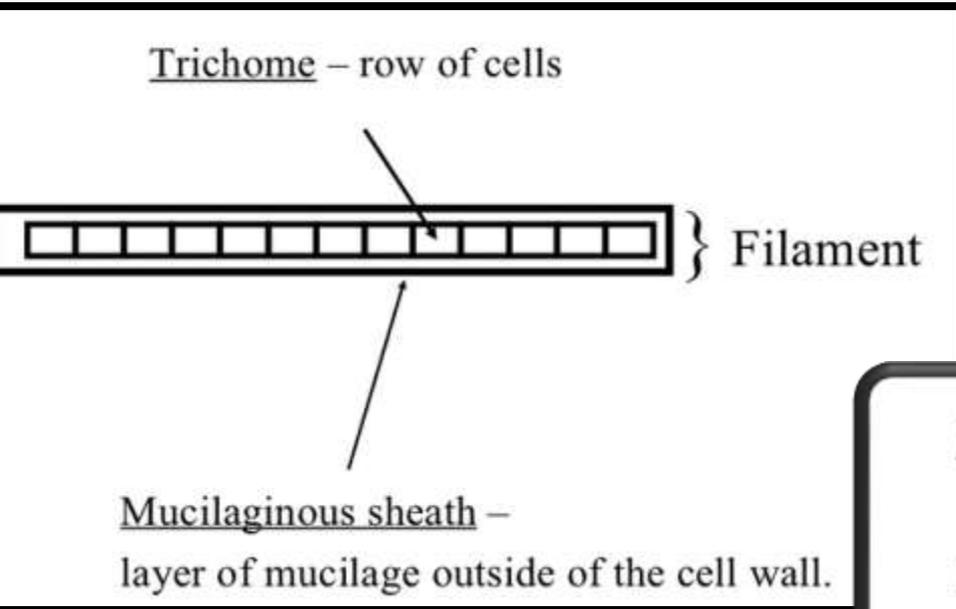


Structure of the Cyanobacterial Cell Envelope

Membrana y pared



Organismos filamentosos con vaina de mucilago



Mucilaginous Sheath –

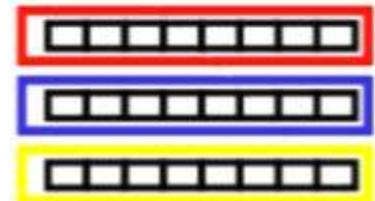
Function – protects cells from drying and involved in gliding.

Sheath is often colored:

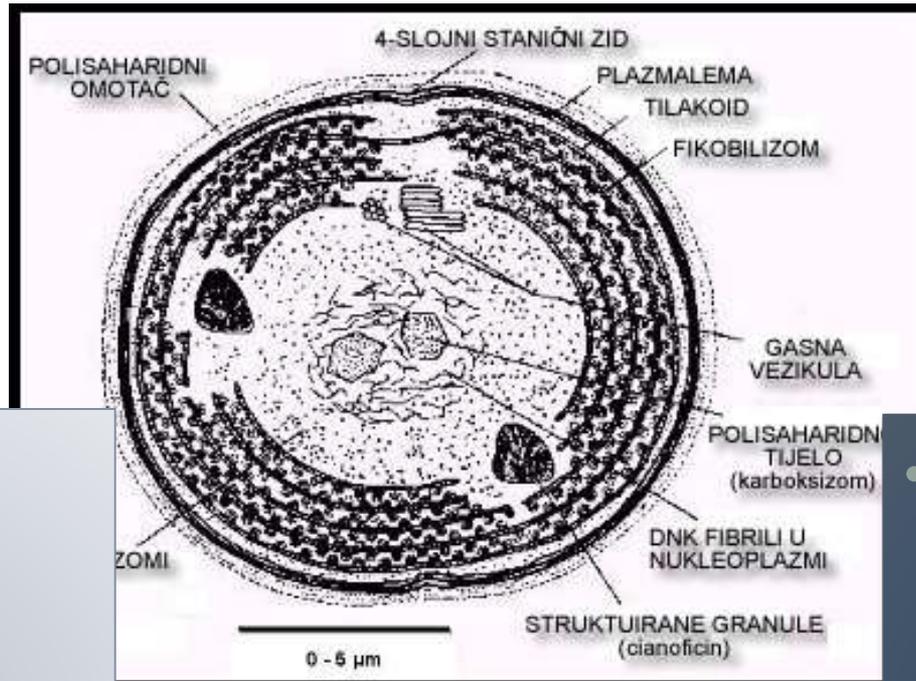
Red = acidic

Blue = basic

Yellow/Brown = high salt



Estructura protoplasmática



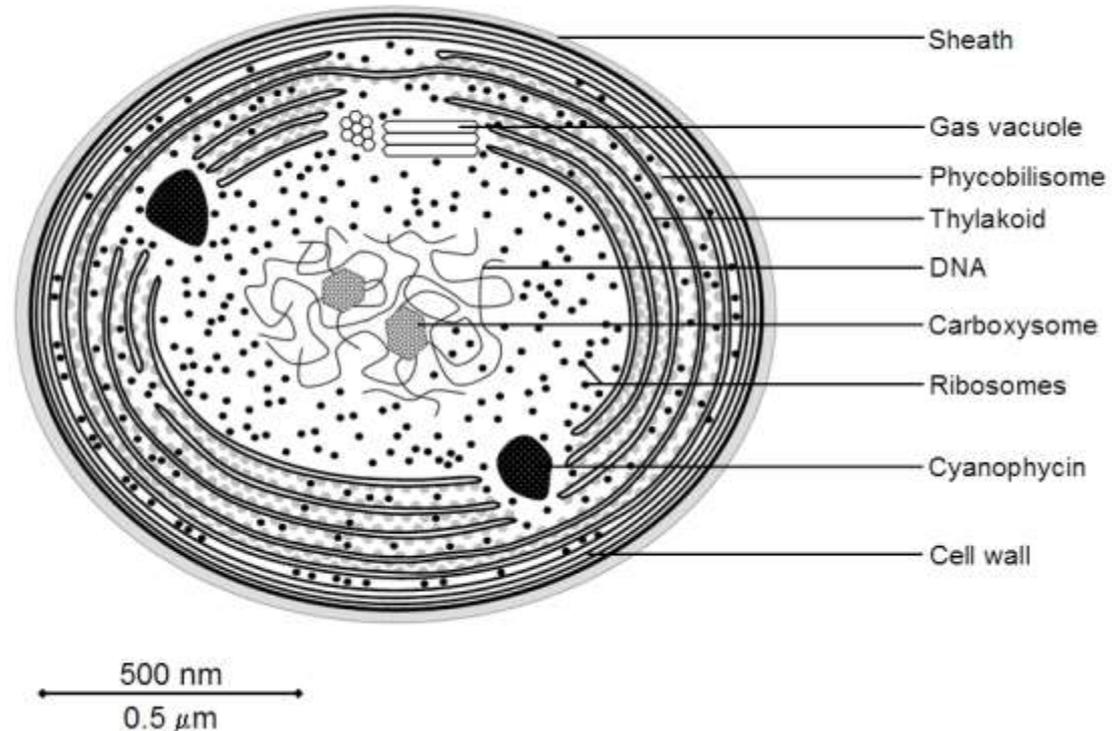
- Centrosoma
 - Incolora
 - Fibrillas circulares de ADN sin histonas
 - Plasmidios

- Cromoplasma
 - Coloreada
 - [Tilacooides](#)
 - Clorofíla
 - [Ficobilisomas](#)
 - Granulos de glucogeno

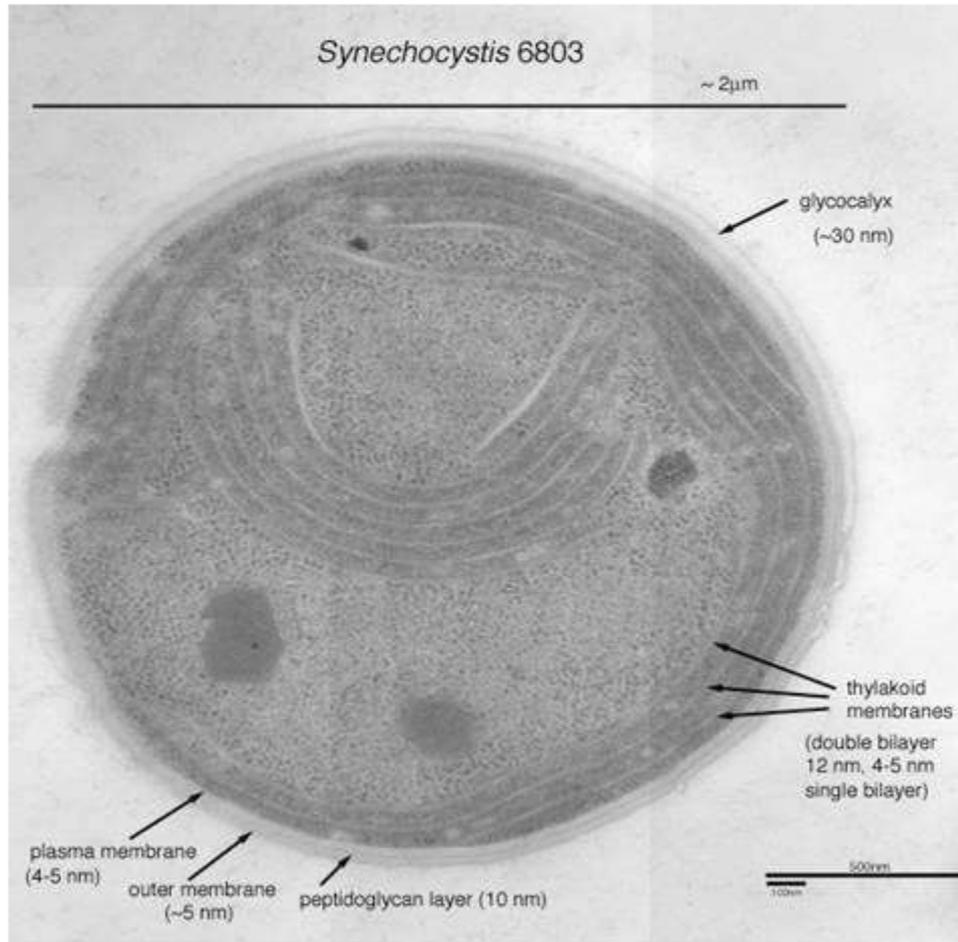
Estructura protoplasmática

- Ribosomas 70s dispersos
- Gránulos cianofíceos (material de reserva; glucosas unidas 1-4)
- Carboxisomas (RuBisCO)
- Vacuolas
- Cuerpos polifosfatados

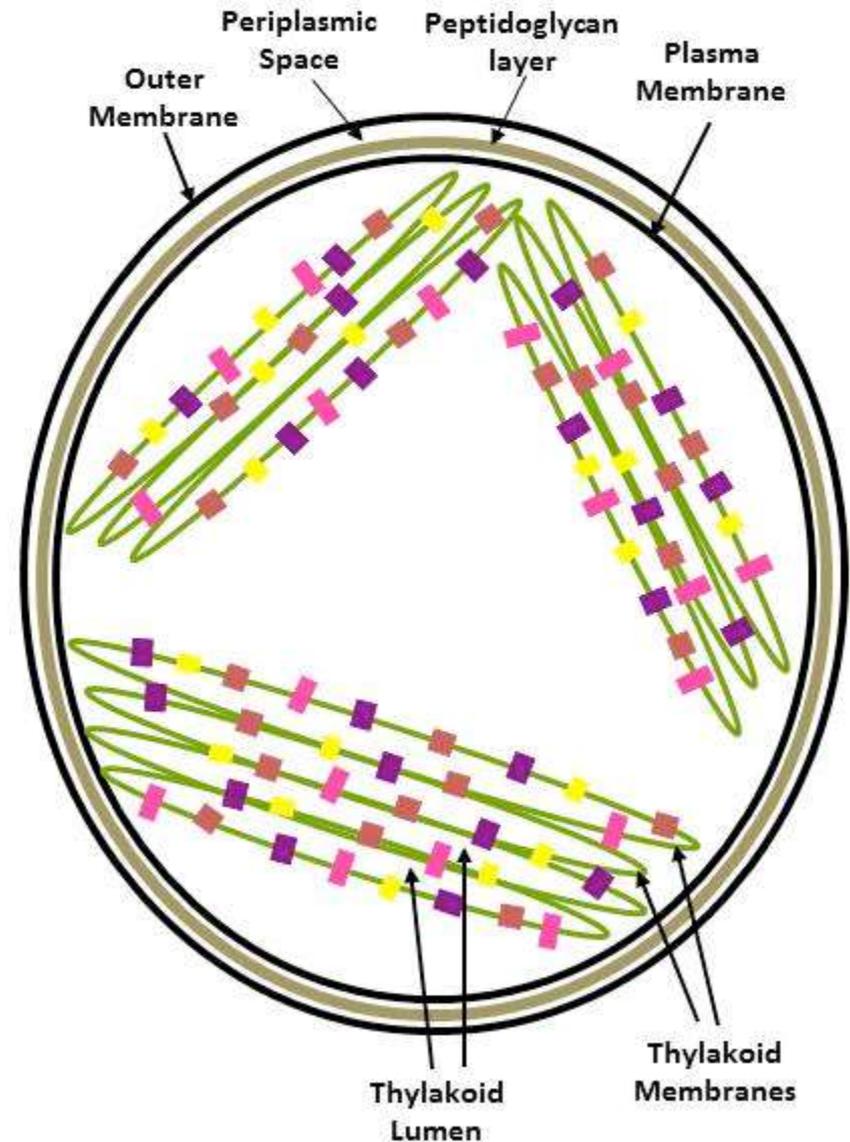
Cross-section through a cyanobacterial cell



Cyanobacterial Cell Biology

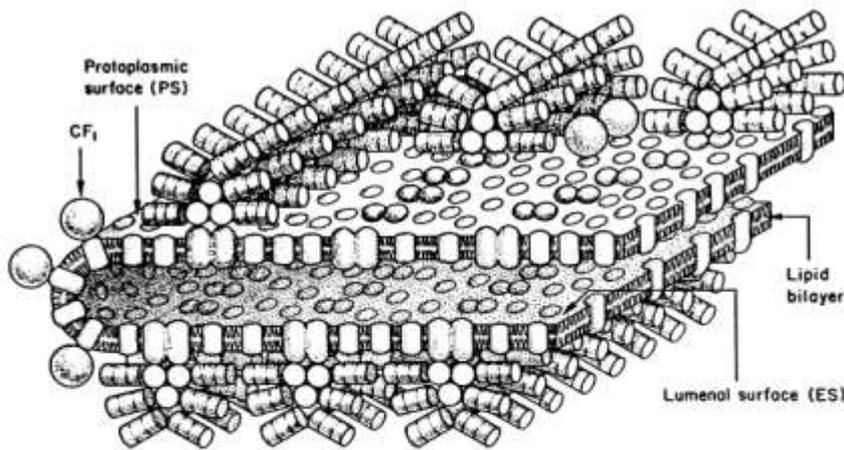


Liberton et al (2006) *Protoplasma*



Ficobilisomas

- Todas tienen Ficocianina y aloficocianina
- Algunas con ficoeritrina y ficoeritrocianina



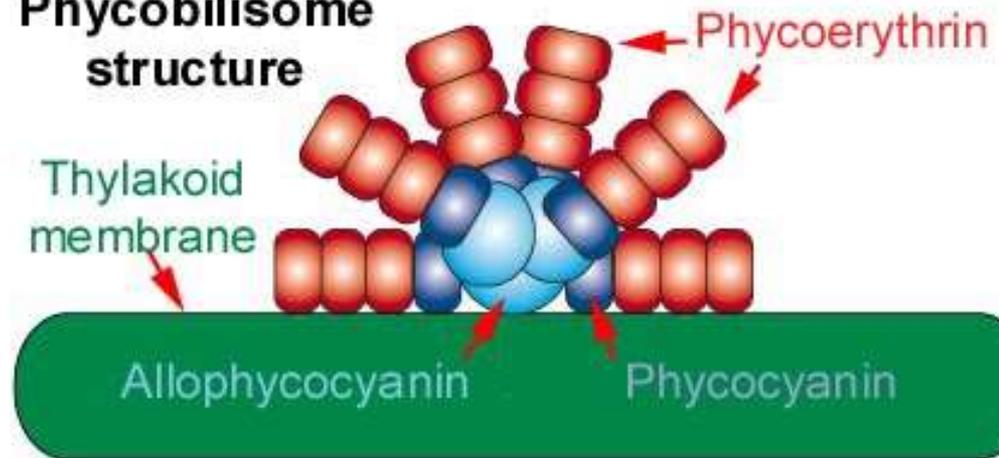
 = PSII + phycobilisome attachment sites (~10nm EF particles)

 = PSI, cytochromes, CF₀ (~7nm PF particles)

 = phycobilisome

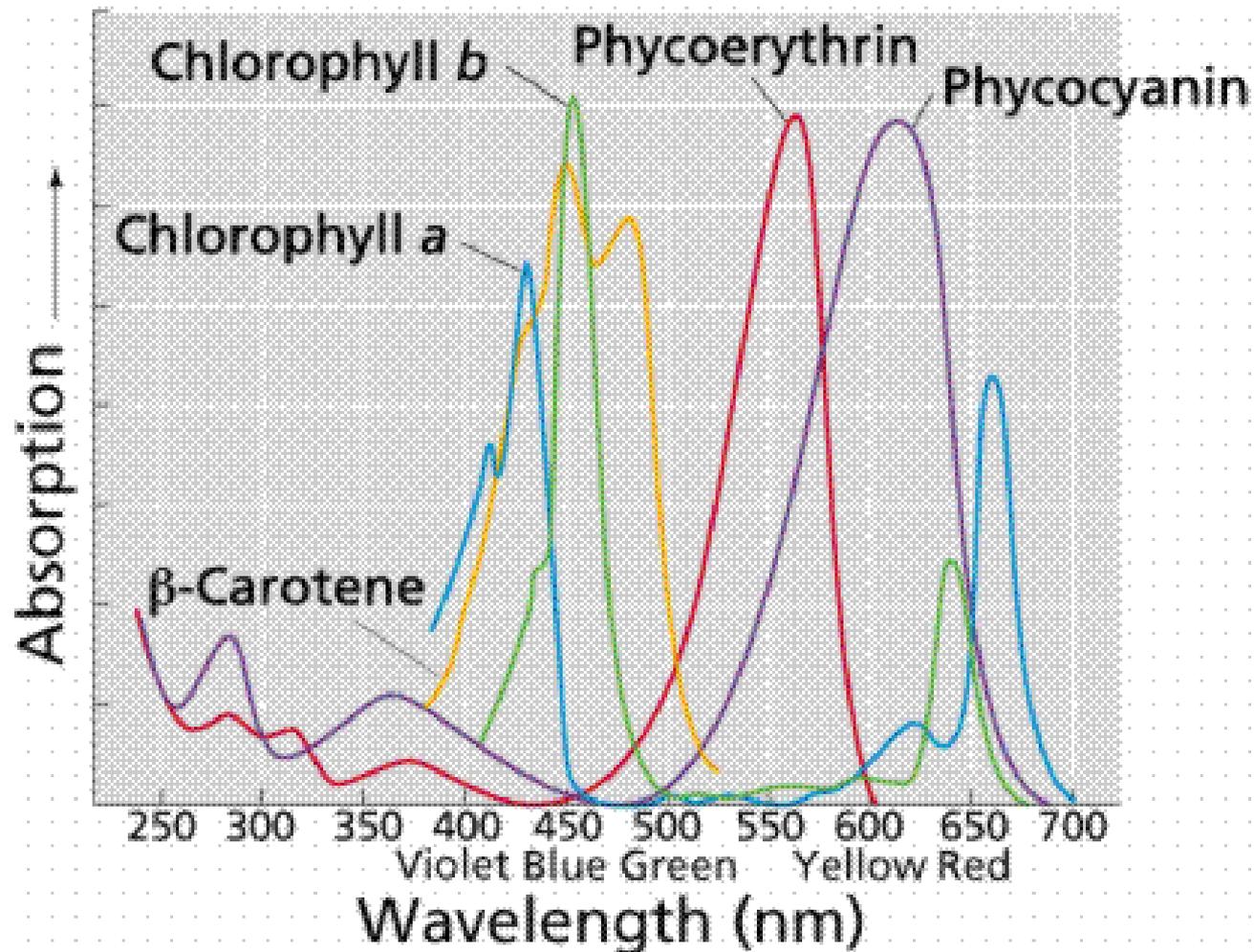
| | |
|---|-------------------|
|  | = allophycocyanin |
|  | = phycocyanin |

Phycobilisome structure



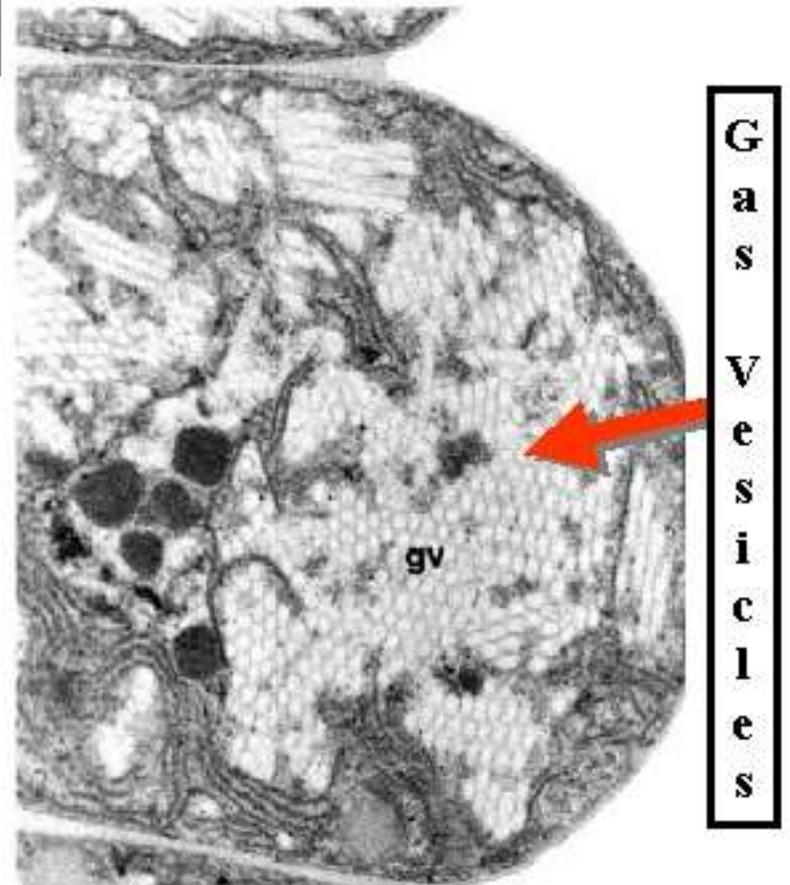
Ficobilisomas

- Adaptación cromática complementaria

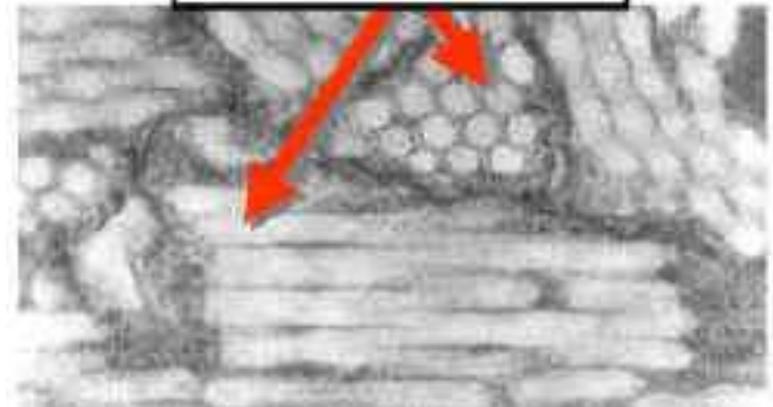


Vacuola

- Vesículas de gas
- Anillos o espirales de proteínas
- Membrana rígida y permeable a gases, no a líquidos
- Significado ecológica

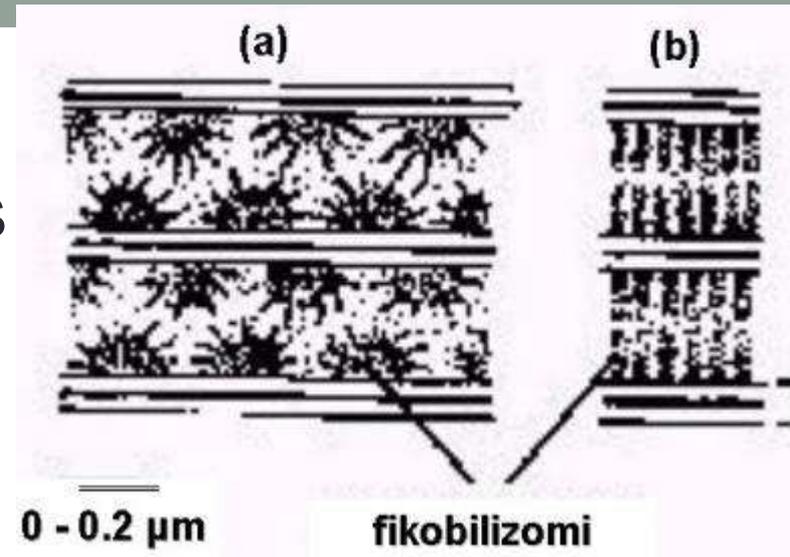


Gas Vesicles



Tilacoides

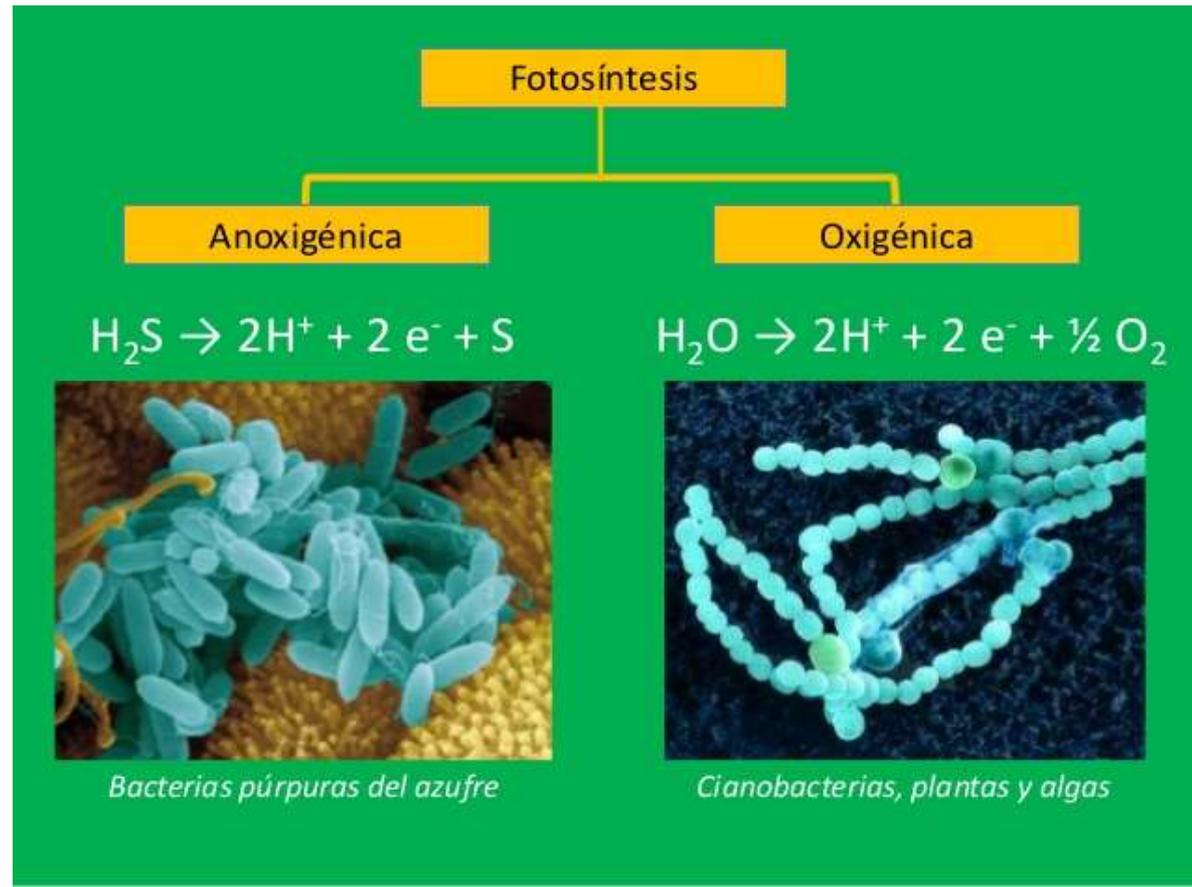
- Sacos simples y equidistantes
- Clorofila "a" en grupos de 4
- Carotenoides:
 - Echineone y Mixoxantofila
- Ficobilisomas



Fotosíntesis similar a C3 de plantas superiores
H₂O donador de electrones

Anaeróbicas fototróficas facultativas
H₂S donador de electrones

Metabolismo



Ultraestructura celular

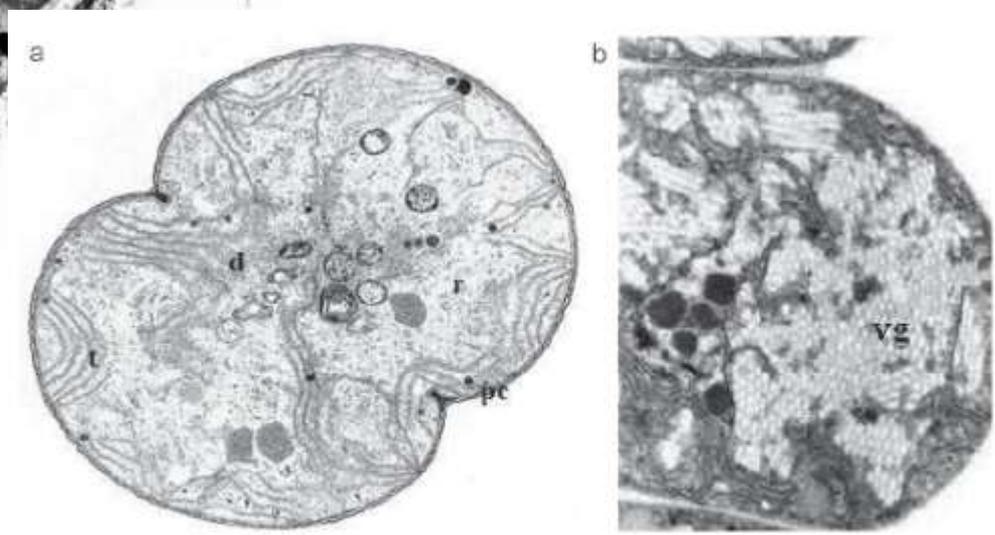
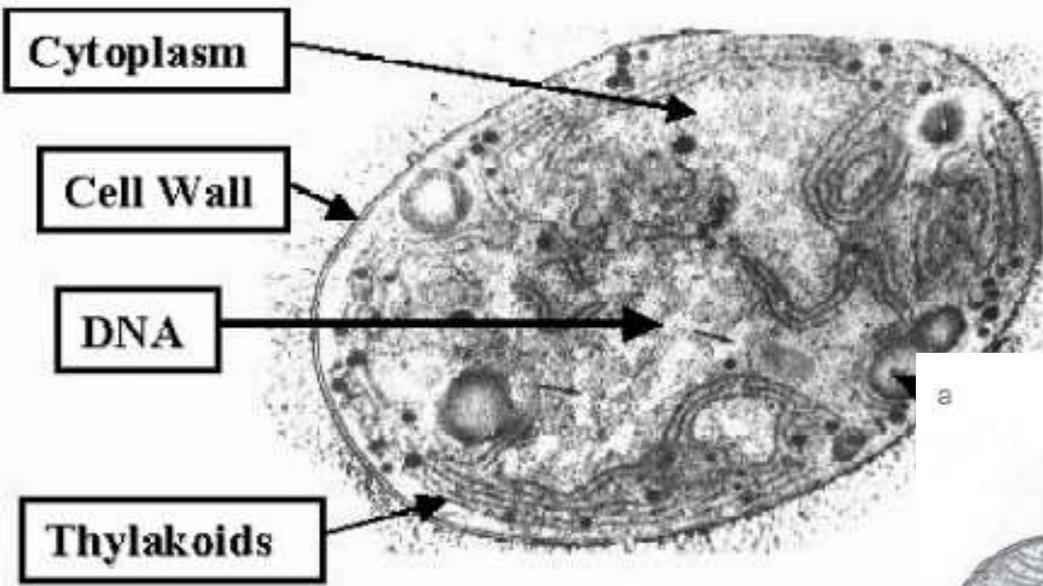
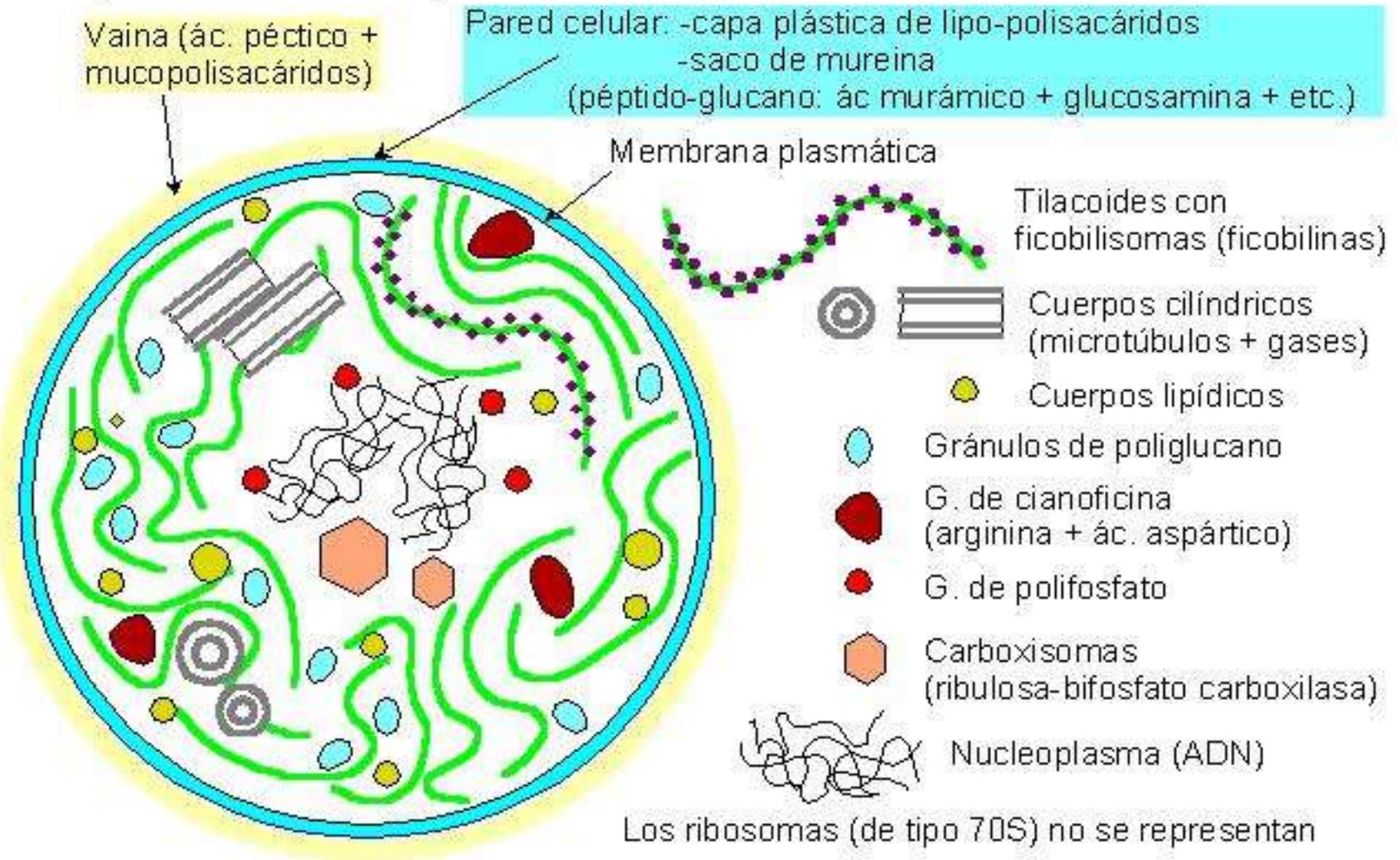


Figura 1. Estructura celular. a: fibrillas de DNA, donde pc: pared celular, t: sistema de membranas tilacoidales, y r: ribosomas. Microfotografía modificada de University of Hawaii (2005). b: vesículas de gas (vg). Microfotografía modificada de Universität Hamburg (2005).

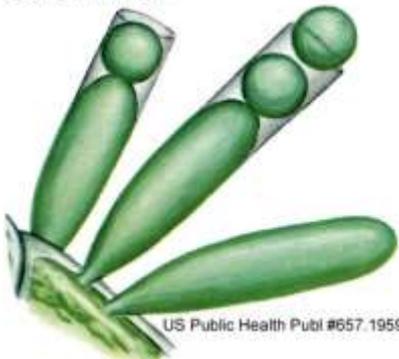
Representación esquemática de una célula ideal de Cianofíceas



Esporas y Reproducción

- Reproducción asexual
 - Hormogonios
 - Esporas (exo, endo y nano)
 - Fragmentación

ENTOPHYSALIS

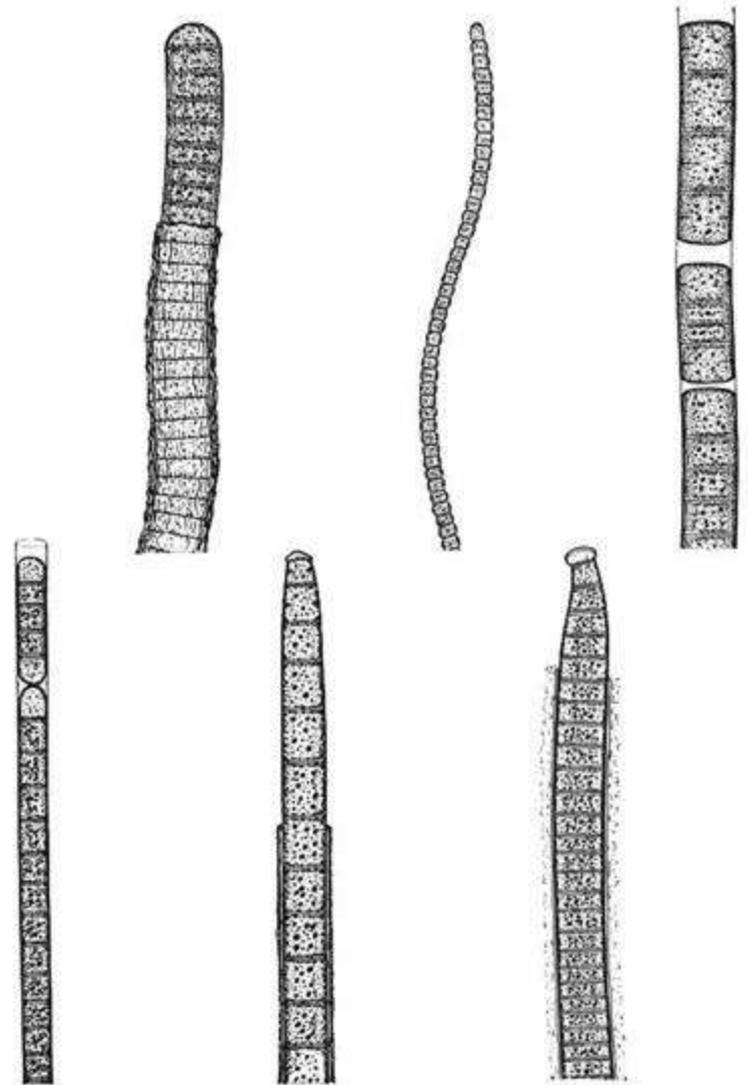


US Public Health Publ #657. 1959.

disyuntores



necridios:



Otras estructuras

- [Asinetos](#)
- [Heterocistes](#)



Akinete



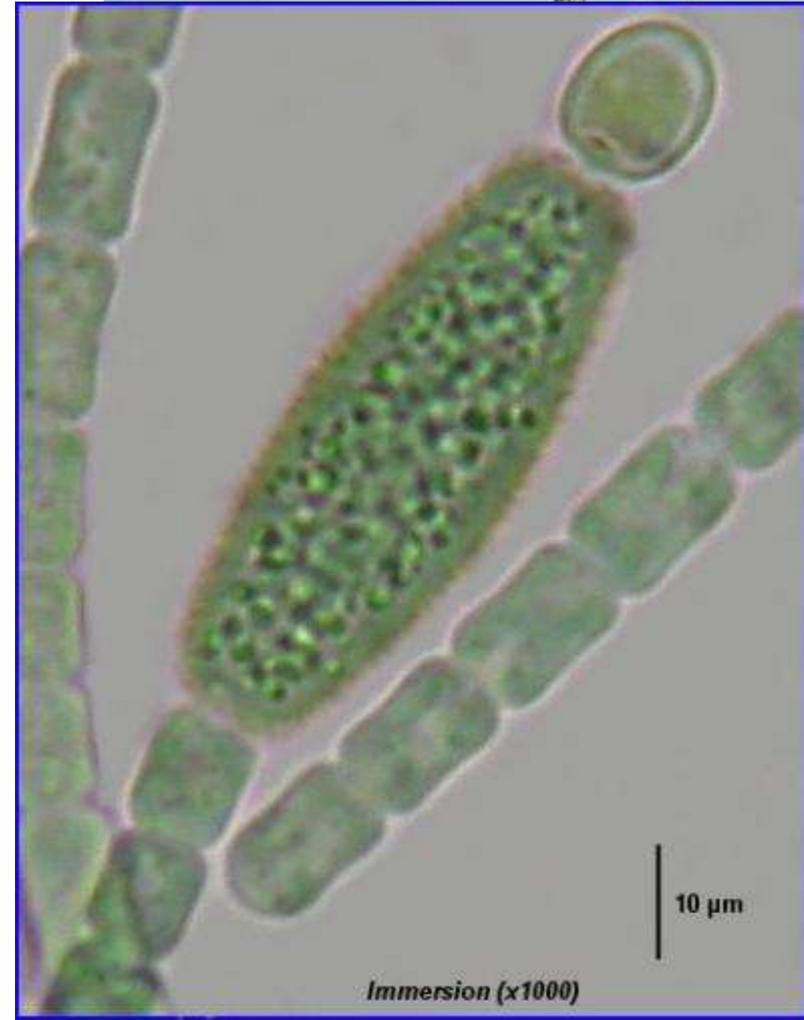
Cylindrospermum

400x

Asinetos



- Esporas de resistencia.
- Ord. Nostocales y Stigonematales
- Producción de nuevos filamentos (endosporas)
- Se forman por dif. Cond. ambientales

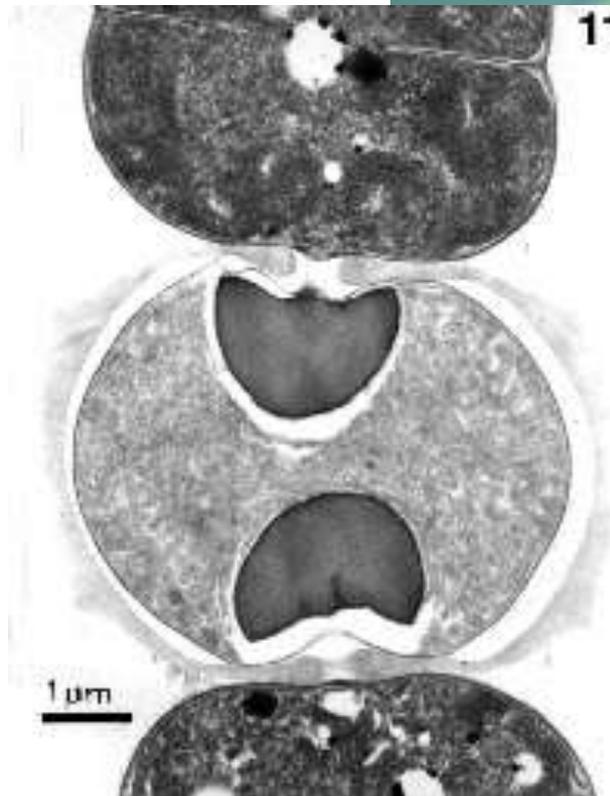
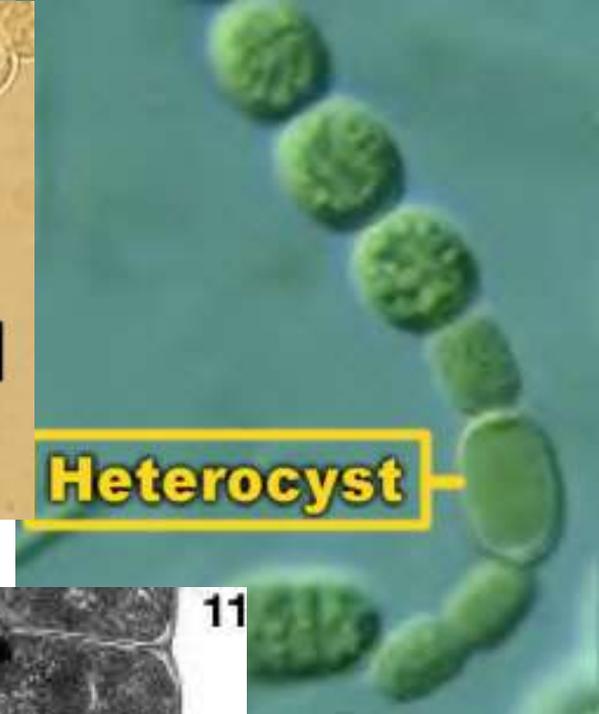


10 µm

Immersion (x1000)

Heterocistes

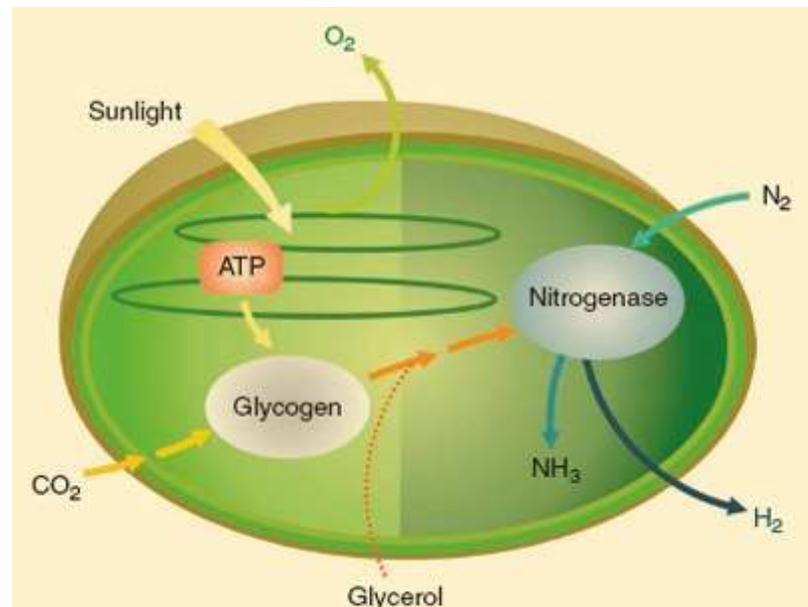
- Fotosintéticamente inactivos (no fija carbono)
- Interior anóxico
- Fijación de nitrógeno
- Altas concentraciones de nitrógeno
- No se dividen / separación de filamentos
- Microplasmodesmos



11

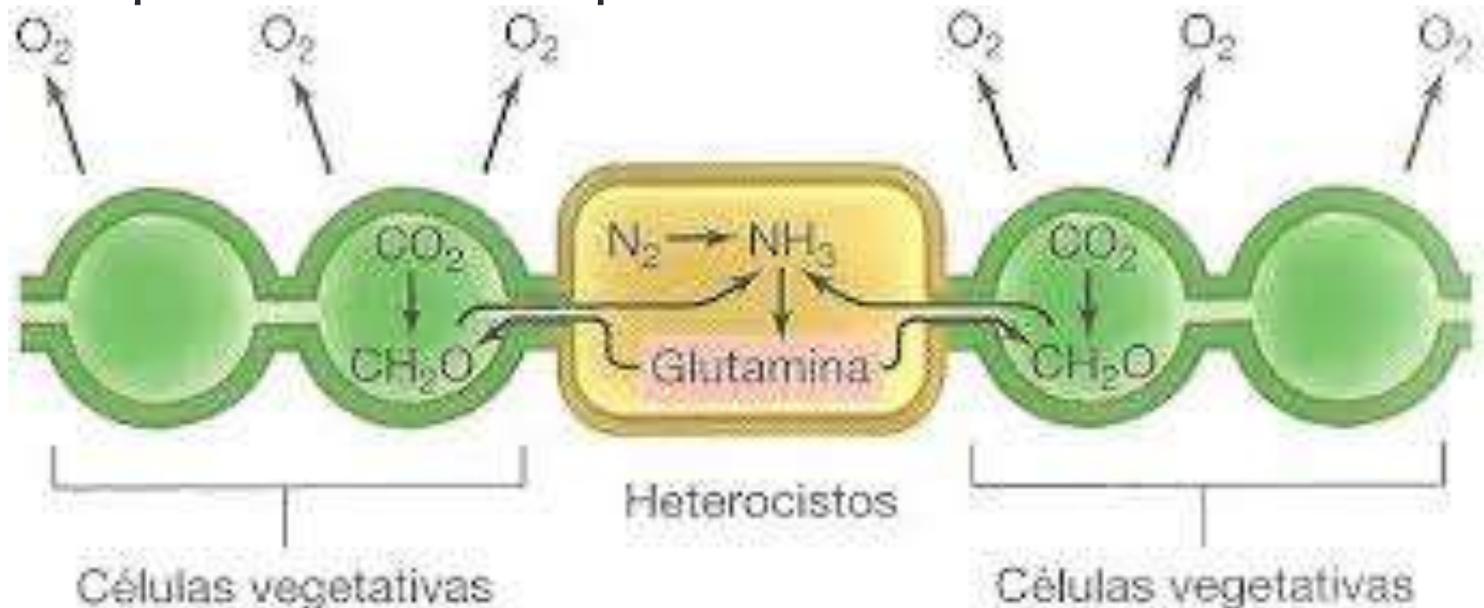
Fijación de Nitrógeno

- La enzima que realiza la fijación del nitrógeno es la nitrogenasa, que es inhibida por el oxígeno, con lo cual se hace incompatible con la fotosíntesis y, por tanto, en muchas cianobacterias los dos procesos se separan en el tiempo, realizándose la fotosíntesis durante las horas de luz y la fijación de nitrógeno solamente por la noche.



Fijación de Nitrógeno

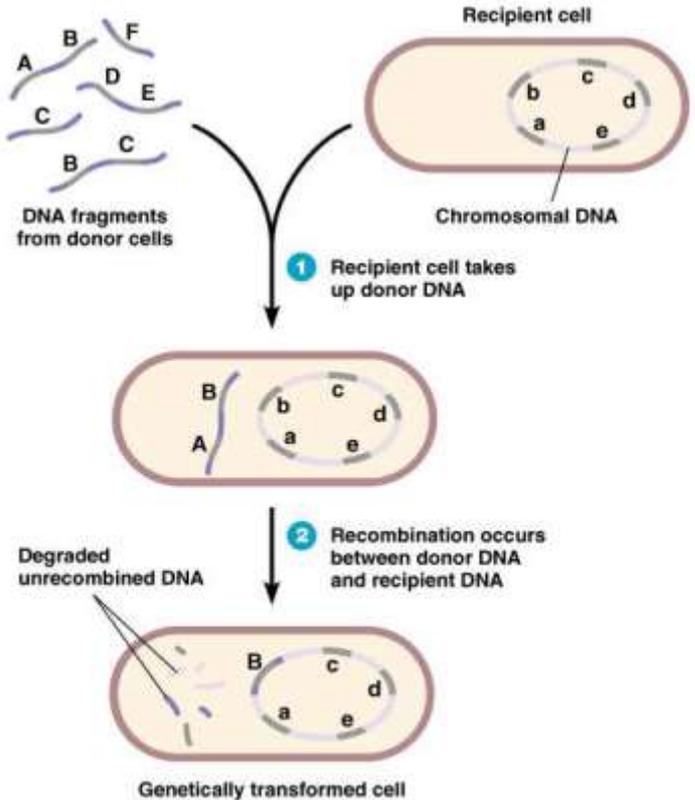
- Algunas especies han solucionado el problema mediante los heterocistes, unas células más grandes y con una pared engrosada con celulosa y que se encargan de la fijación del nitrógeno; en los heterocistes no hay fotosistema II, de modo que no hay desprendimiento de oxígeno y la nitrogenasa puede actuar sin problemas



Recombinación genética

- TRANSFORMACION

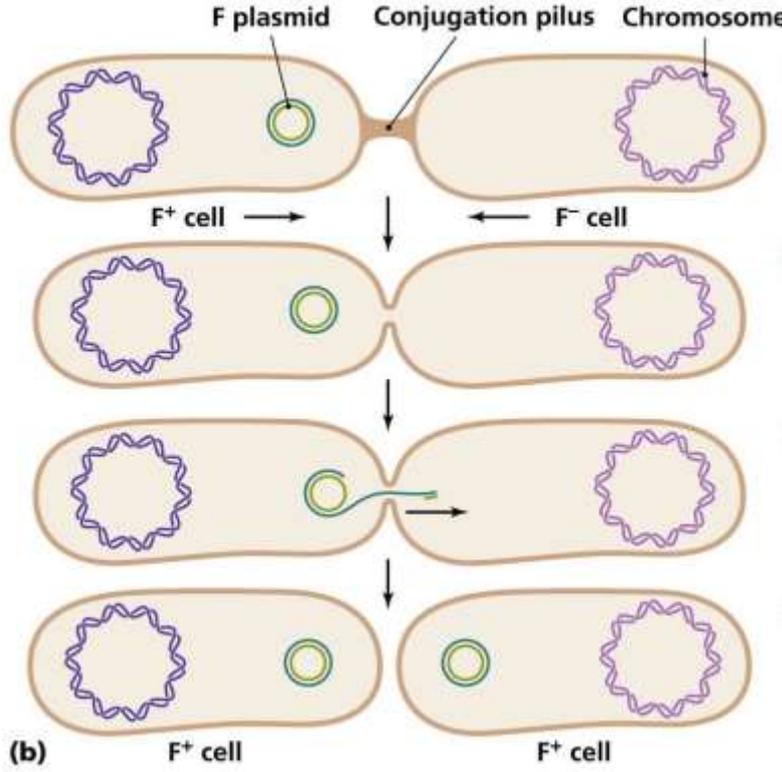
- Una célula libera su ADN que es tomado por otra célula e incorporado a su genoma.



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- CONJUGACION

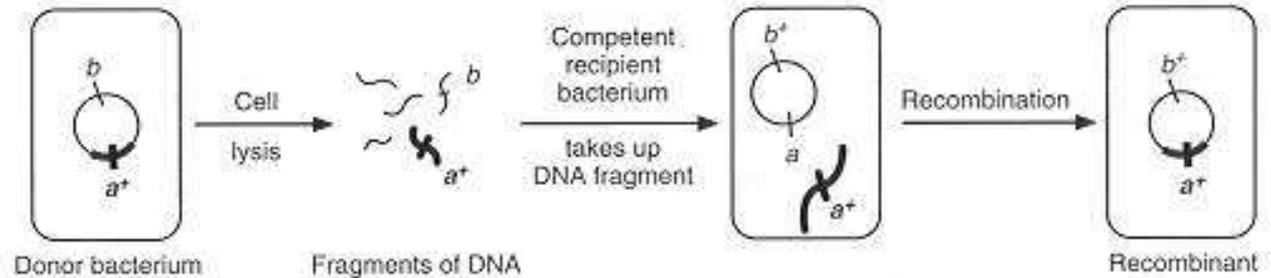
- Una célula desarrolla un tubo de conjugación que se conecta una célula receptora. Pequeñas fracciones de ADN circular (plasmidios) se donan.



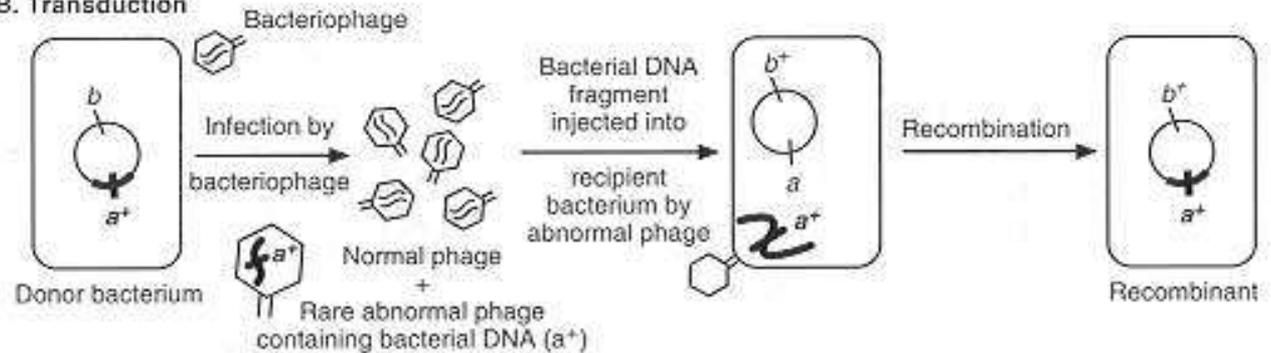
Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Recombinación genética

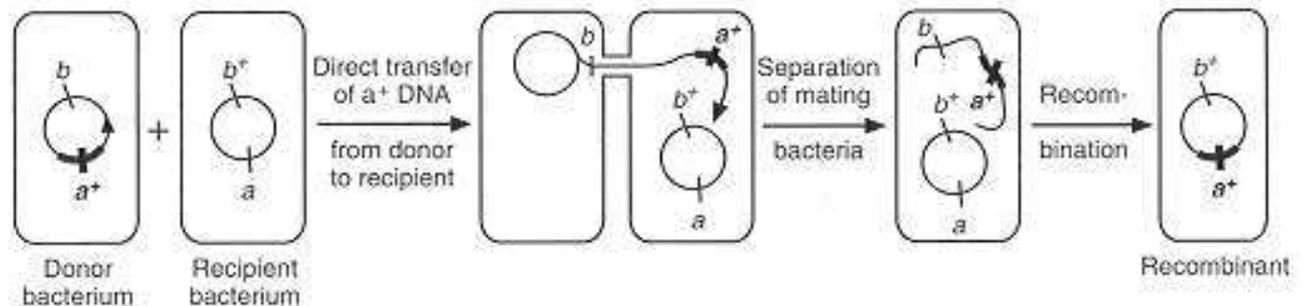
A. Transformation



B. Transduction



C. Conjugation



Distribución

- Org. Ubicuoatas
- Ausentes en suelos o aguas con pH menor a 5

- Ambientes marinos
 - Zona litoral
 - Muchas fijan nitrógeno
 - Alta productividad
 - Mar abierto
 - Fitoplancton (20% de productores 1°)
 - Picoplancton (10000 cel/ml), concentradas en el fondo y con ficoeritrina

- Zonas salinas
 - Cianofitas halofíticas con componentes osmorreguladores



Hábitat



Hábitat

- Ambientes dulceacuícolas
 - Blooms o floramientos
 - Psicotróficas (condic. extremas)
 - Psicrófilas (-15° C)
 - Termofílicas ($+70^{\circ}$ C)
 - *Synechococcus lividus*
 - *Aphanocapsa thermalis*



- Ambientes terrestres
 - Primeros colonizadores
 - Fango
 - Previenen erosión
 - Mantienen humedad
 - Fijan nitrógeno

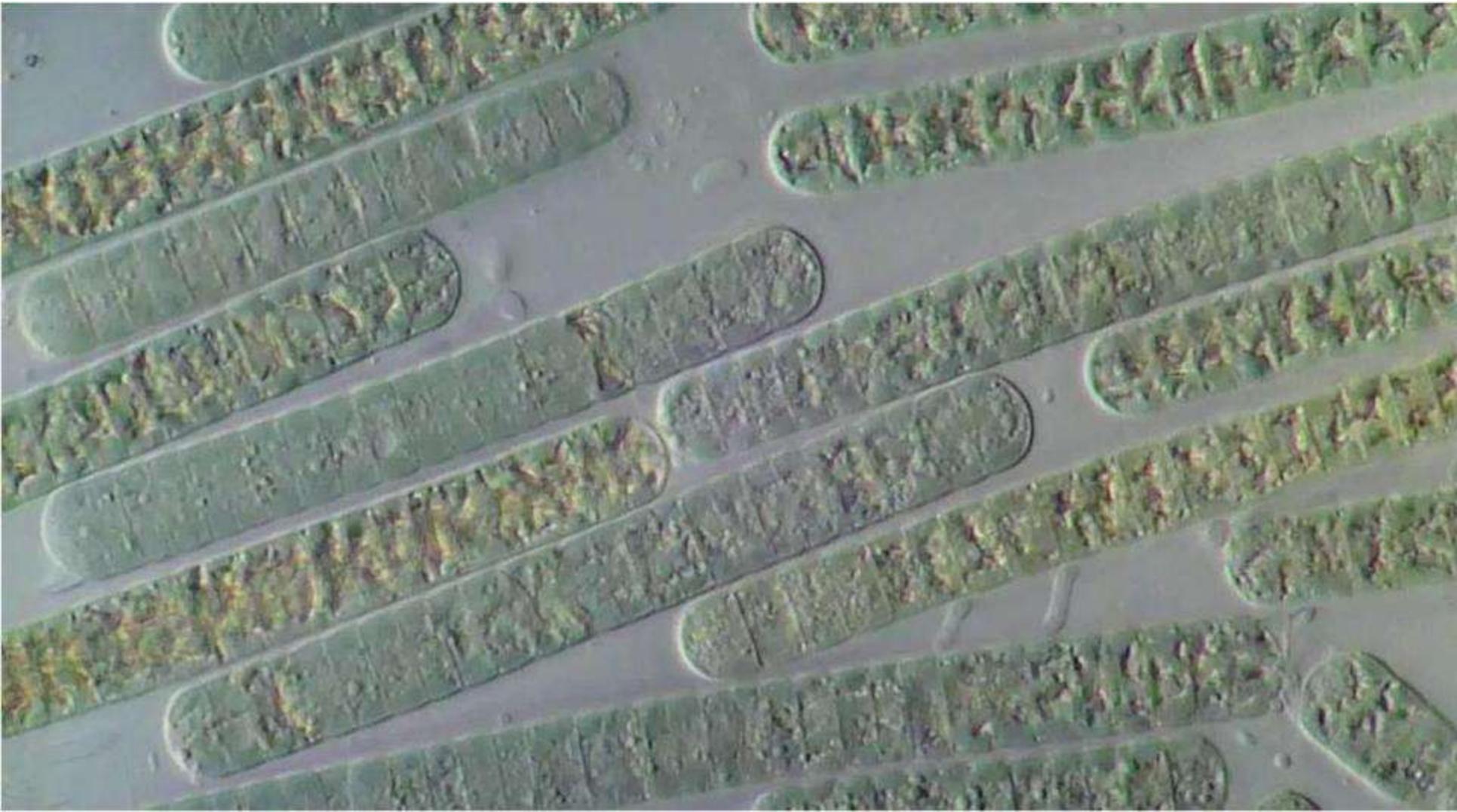
Metabolismo

- Quimioautotróficas
Facultativas
- Fototróficas facultativas
- Fotoheterotróficas



Movimiento
Deslizamiento
Quimiotácticos
Fototácticos (+-)
Herpoquinticos

Movimiento de cianofitas (*Oscillatoria*)



Simbiosis

Extracelular

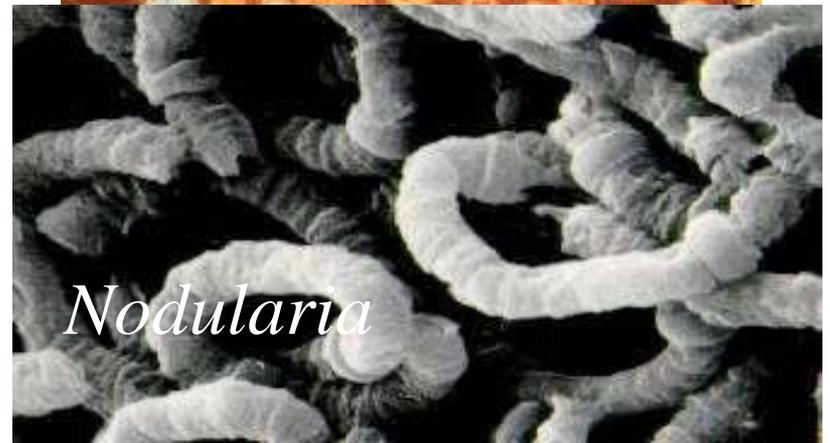
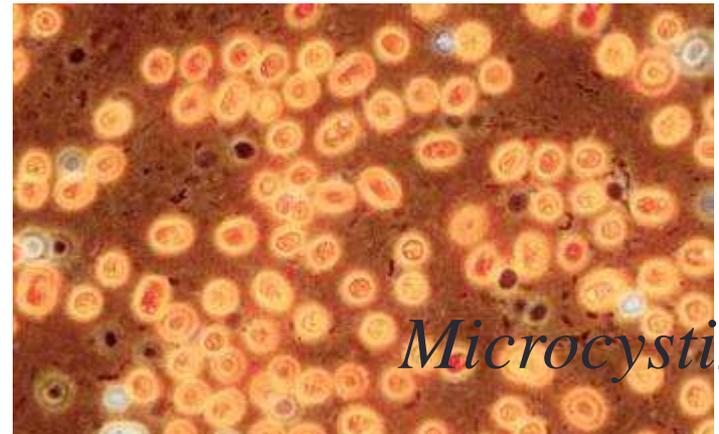
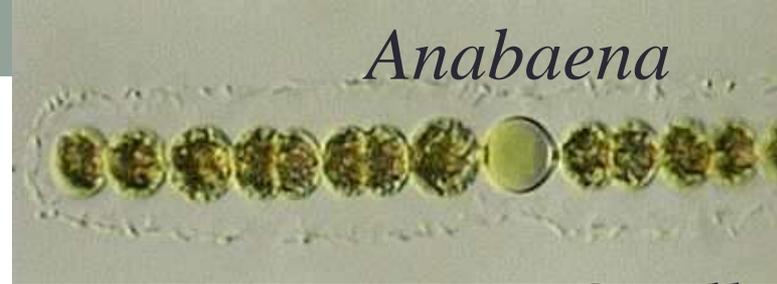


- 8% Con hongos → LÍQUENES
 - 40% de fotosintatos de las algas son liberados como glucosa que el micobionte aprovecha
- Con helechos *Azolla*; *Anabaena* fija nitrógeno
- Con esponjas y produce antidepredatorios
- Con cicadas en raíces, fijan nitrógeno



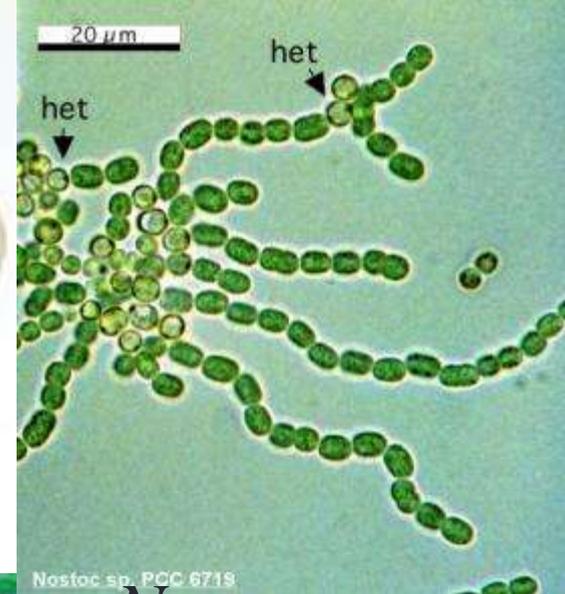
Importancia

- Cyanotoxinas
 - Neurotoxinas
 - Anatoxina (*Anabaena*, *Oscillatoria*)
 - Saxitoxina
 - Hepatotoxinas
 - Microcystina (*Microcystis*, *Anabaena*, *Nostoc*)
 - Nodularina (*Nodularia*)
 - Geosmin y 2 Metilisoboneal (MIB) olor y sabor desagradable

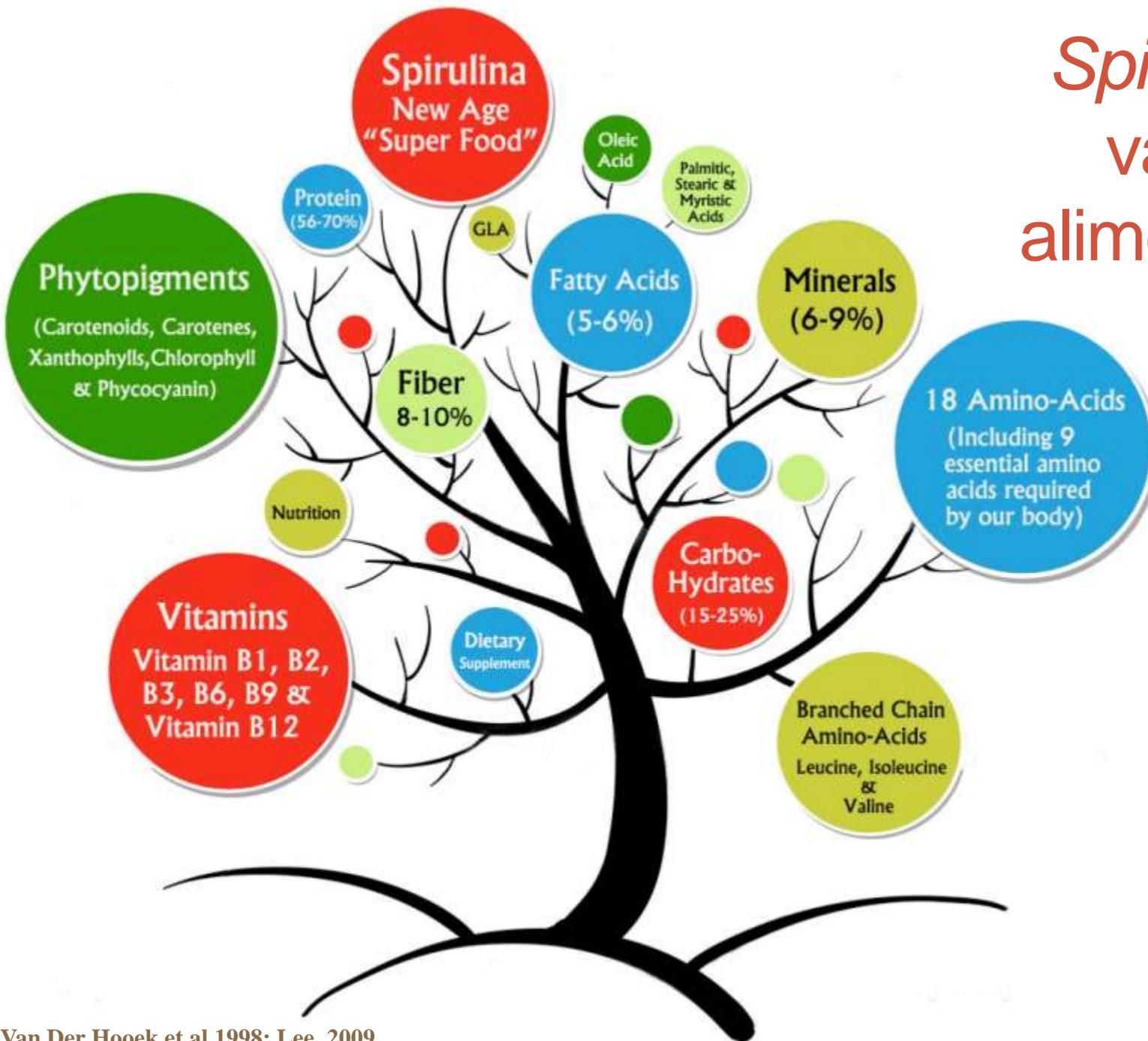


Importancia

- Secreción de antibióticos
 - Bacteriocina (*Nostoc*)
 - Cianobacterina
- Comestibles
 - *Spirulina*
 - Dulces, tamales
- Fijadora de Nitrógeno
- Productores primarios

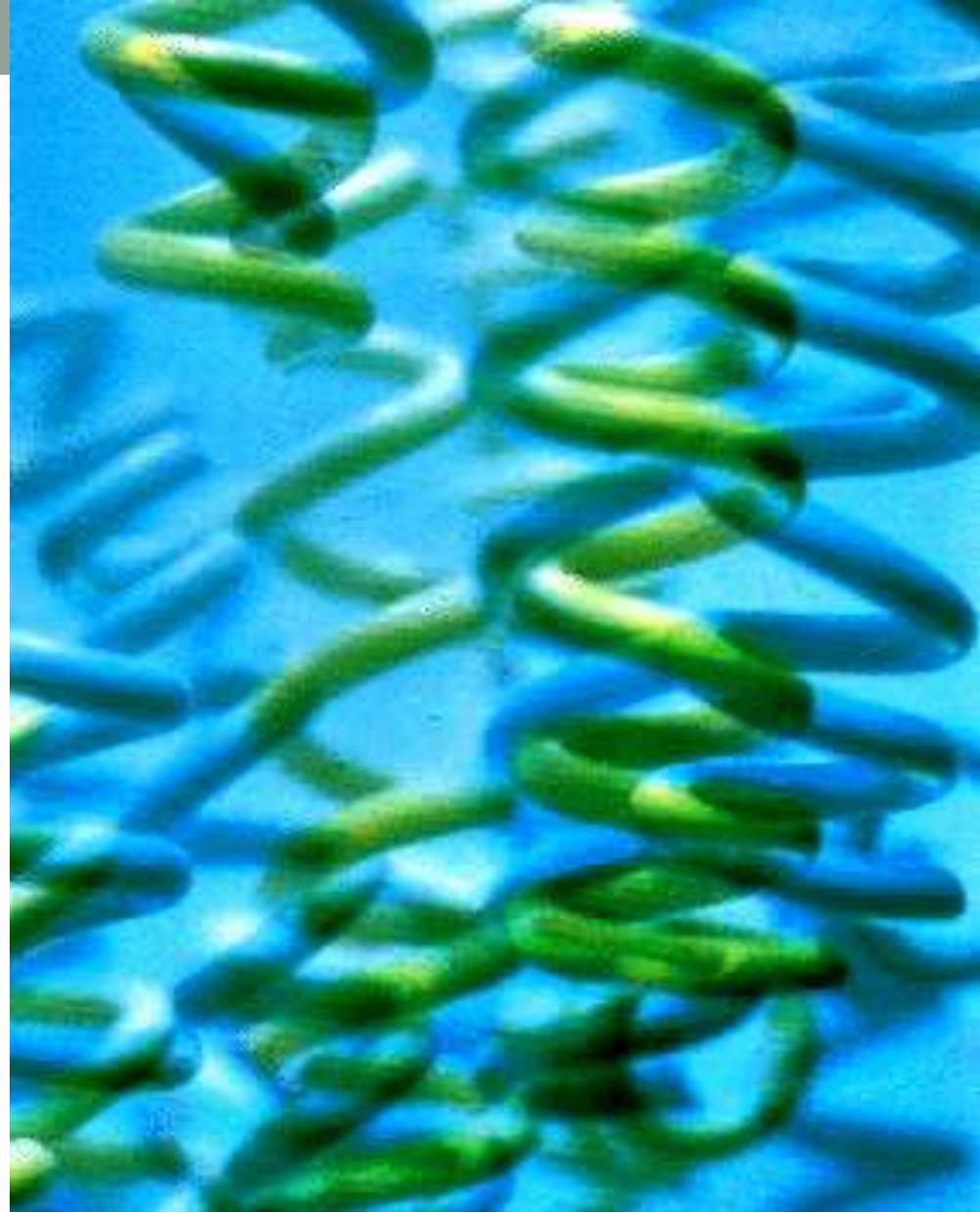


Spirulina valor alimenticio



Importancia

- Colectivamente representan $> 30\%$ de la fotosíntesis mundial (como picoplancton oceánico). Disminuye significativamente el CO_2 en la atmósfera y la tasa de acidificación de los océanos.



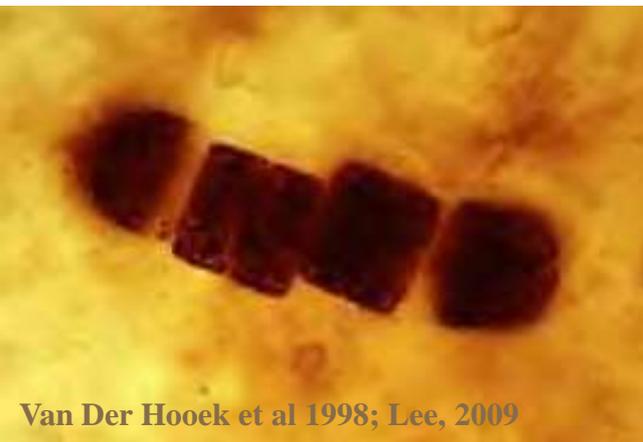
Spirulina

Origen

- Precámbrico: Era Proterozoica
- Org. Actuales con pocos cambios
- Estromatolitos (m.a., precámbrico)



Archaeosphaeroides barbartonensis



ESTROMATOLITOS

Los estromatolitos constituyen formaciones orgánicas sedimentarias de carácter laminado. Desde el punto de vista morfológico pueden definirse como estructuras columnares que se desarrollaron en ambientes intermareales desde el precámbrico hasta la actualidad.

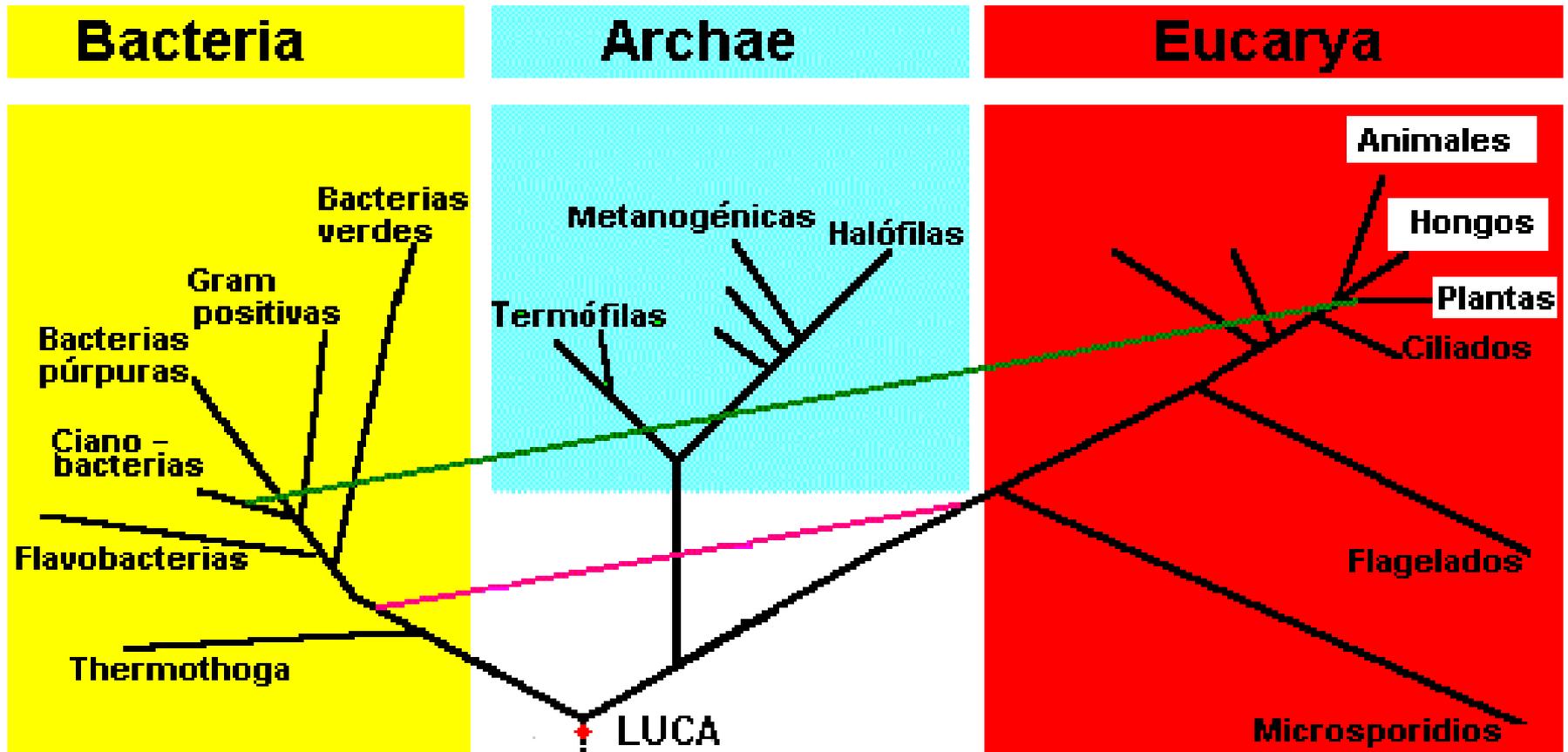
Estas formaciones geológicas son el resultado de la actividad de comunidades de cianobacterias formadoras de tapetes microbianos

Las rocas se forman muy lentamente, capa sobre capa, al morir las células de una capa, depositarse el carbonato cálcico de sus paredes sobre la capa anterior y formarse sobre ellas una nueva capa viva.



Su relevancia viene dada por el papel que tuvieron en el precámbrico, los más antiguos están datados desde hace aproximadamente 3500 MA

Posición de las cianobacterias en el dominio Bacteria



La línea verde indica origen bacteriano de los cloroplastos

La línea roja indica origen bacteriano de las mitocondrias

Clasificación

1300-2000 sp.
150 gen.
21 fam.
6 ord.

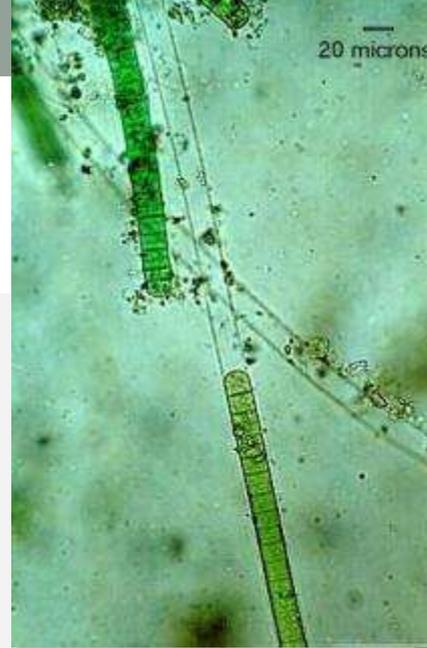
Table 1 The five orders of cyanobacteria recognized in the classic botanical taxonomic scheme

| <i>Order</i> | <i>Characteristics</i> | <i>Illustrative genera</i> |
|--------------------|---|--|
| 1. Chroococcales | Coccoid cells that reproduce by binary fission or budding | <i>Aphanocapsa</i> , <i>Aphanothece</i> , <i>Gloeocapsa</i> , <i>Merismopedia</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Synechococcus</i> , <i>Synechocystis</i> |
| 2. Pleurocapsales | Coccoid cells, aggregates or pseudo-filaments that reproduce by baeocytes | <i>Chroococcidiopsis</i> , <i>Pleurocapsa</i> |
| 3. Oscillatoriales | Uniseriate filaments, without heterocysts or akinetes | <i>Lyngbya</i> , <i>Leptolyngbya</i> , <i>Microcoleus</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Planktothrix</i> |
| 4. Nostocales | Filamentous cyanobacteria that divide in only one plane, with heterocysts; false branching in genera such as <i>Scytonema</i> | <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Calothrix</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Scytonema</i> , <i>Tolypothrix</i> |
| 5. Stigonematales | Division in more than one plane; true branching and multiseriate forms; heterocysts | <i>Mastigocladus</i> (<i>Fischerella</i>), <i>Stigonema</i> |

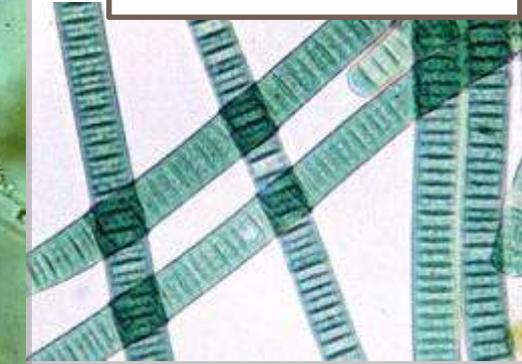
In the bacterial classification scheme, the orders are referred to as subsections of Phylum BX: Cyanobacteria.

Oscillatoriales

- Organismos filamentosos , células interconectadas
- Filamentos o tricomas sin ramificaciones
- Con o sin vaina
- No presentan células diferenciadas
- Formación de necridios (células muertas) para la reproducción mediante hormogonios



Oscillatoria



Spirulina



Microcoleus

10 microns

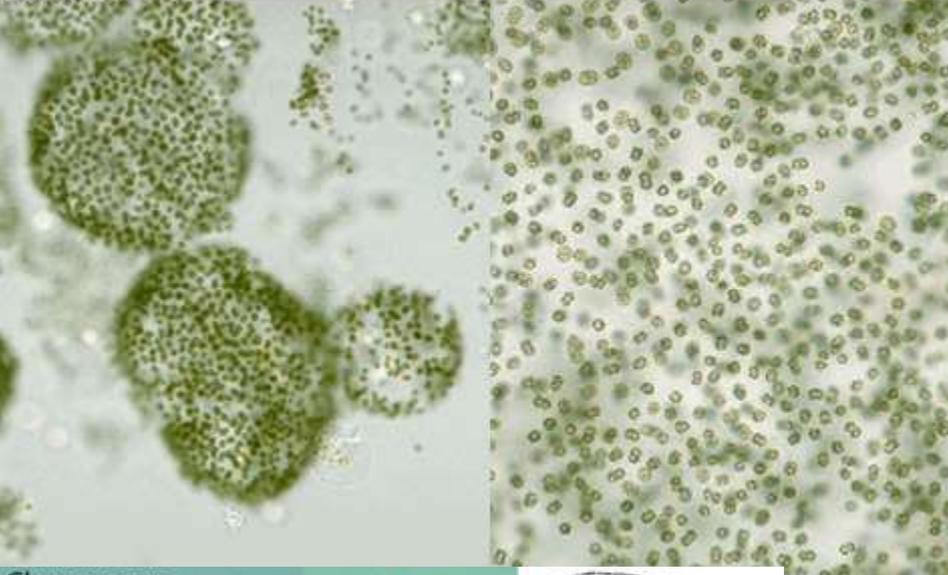


Spirulina

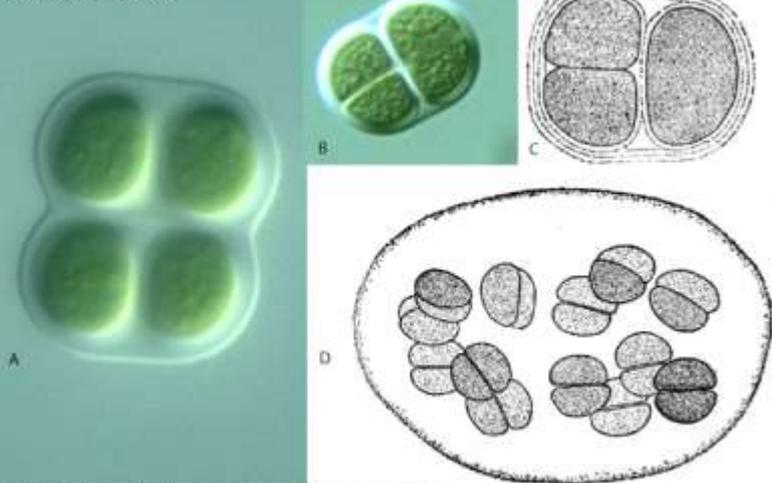
Chroococcales

- organismos **unicelulares o coloniales**
- células esféricas a ovaladas
- colonias (o células) con **envoltura mucilaginosa**:
 - difluente o claramente delimitada
 - transparente (colorante), algunas vaina firme
- división celular en uno, dos, tres o más planos
(colonias planas cubicas o globosas)

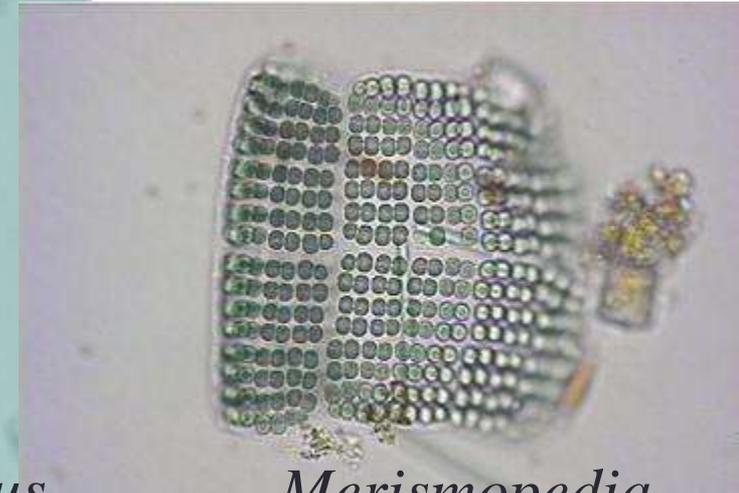
Microcystis



Chroococcus



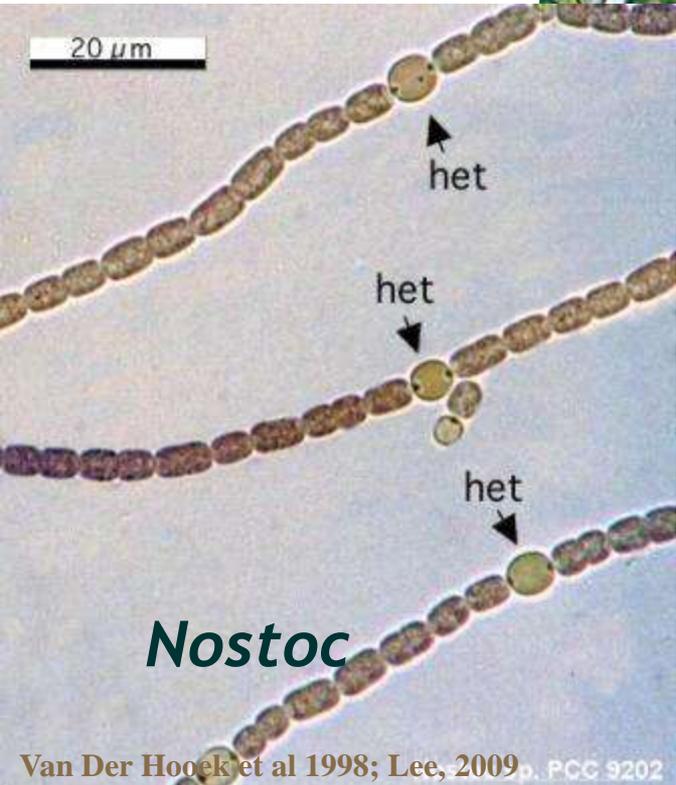
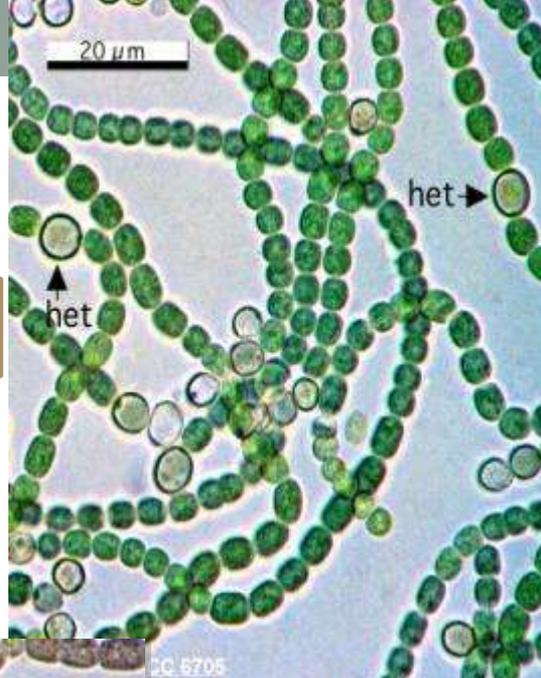
Synechococcus



Merismopedia

Nostocales

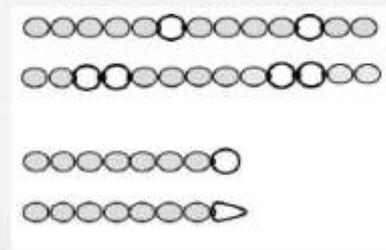
Nostoc



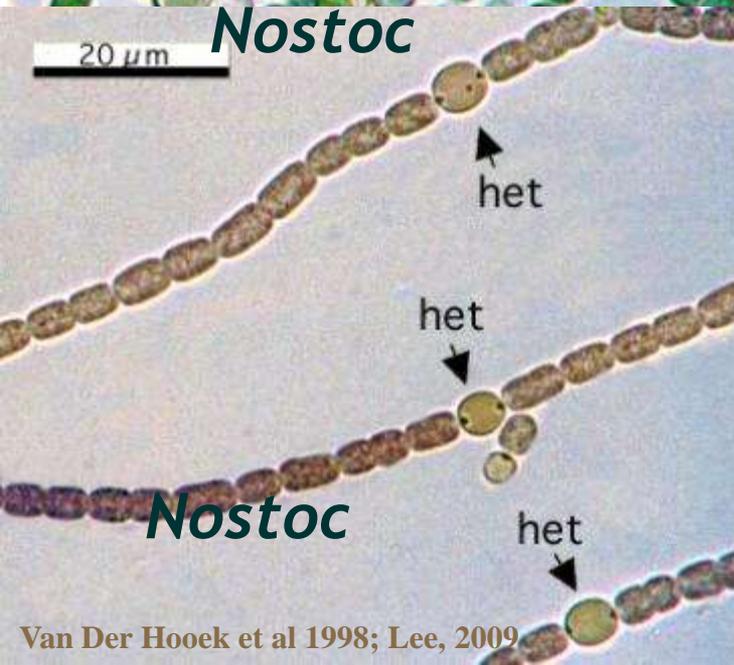
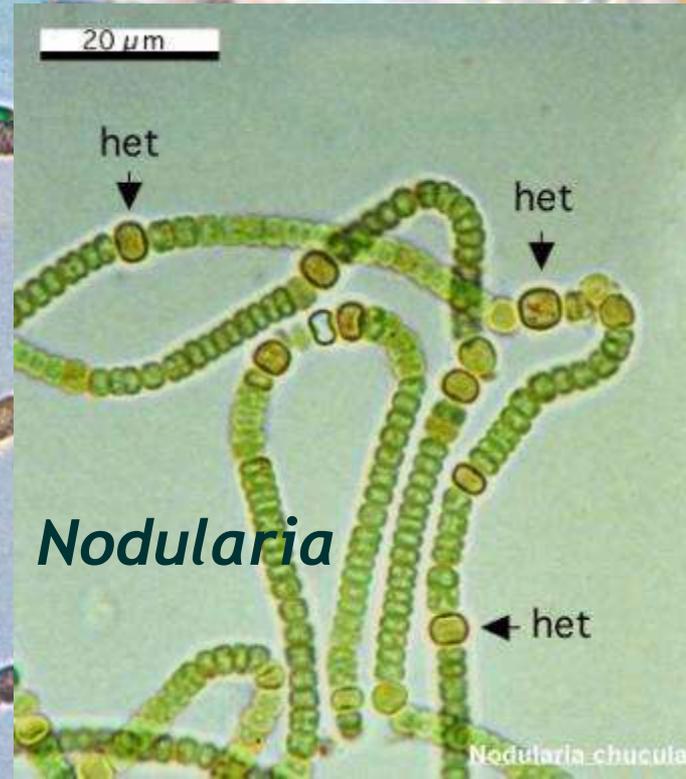
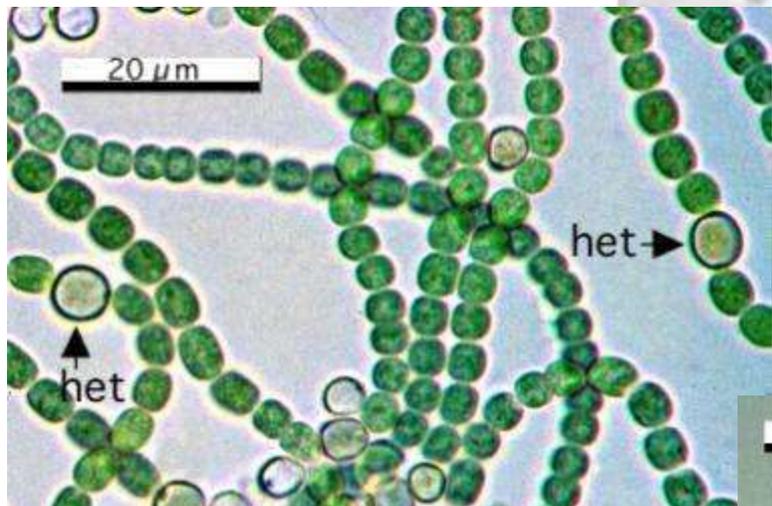
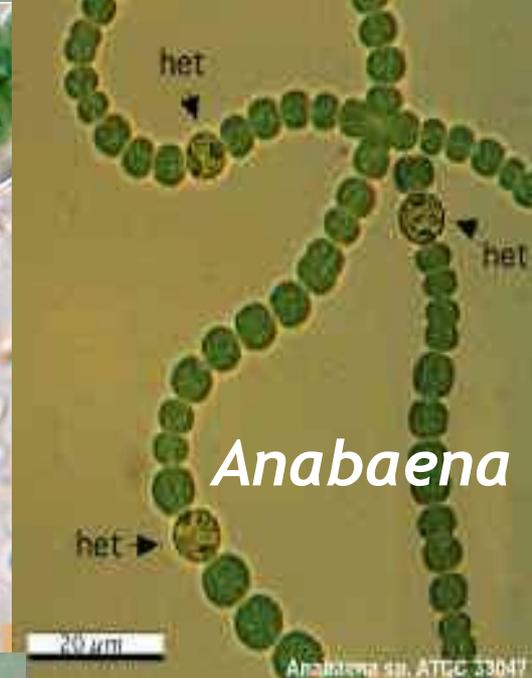
- Organismos filamentosos:
 - no ramificados o pseudoramificados
- Células diferenciadas :
 - Heterocitos (H): fijan N atmosférico
 - Acinetes (A): estructura de resistencia

CARACTERÍSTICAS DIACRÍTICAS

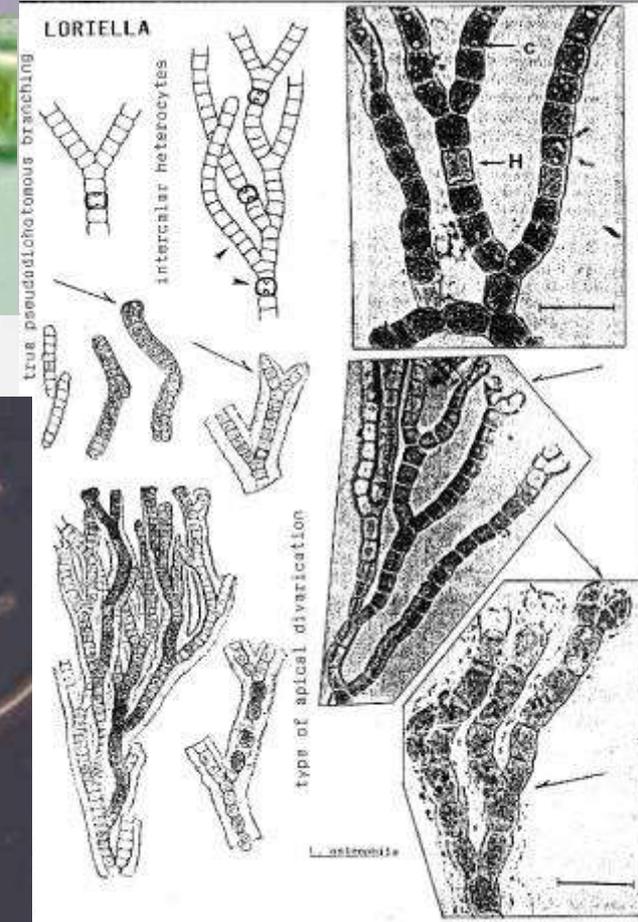
- Forma de células vegetativas y terminales
- Presencia o no de heterocitos
- Forma de heterocitos (H) (alargados, esféricos)
- Posición de heterocitos
 - H intercalares
 - H terminales
- Polaridad del filamento
 - isopolares
 - heteropolares



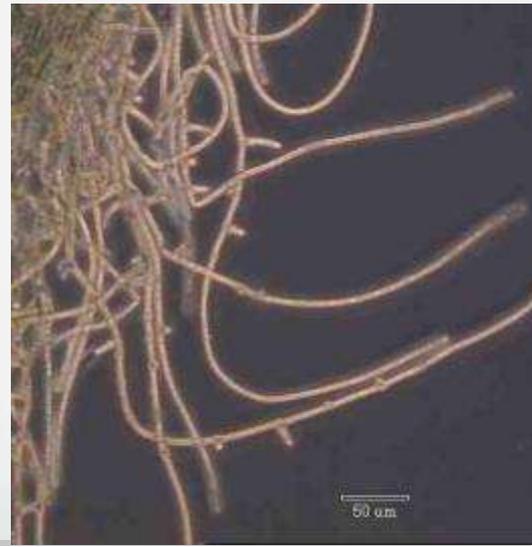
Nostocales



Stigonematales

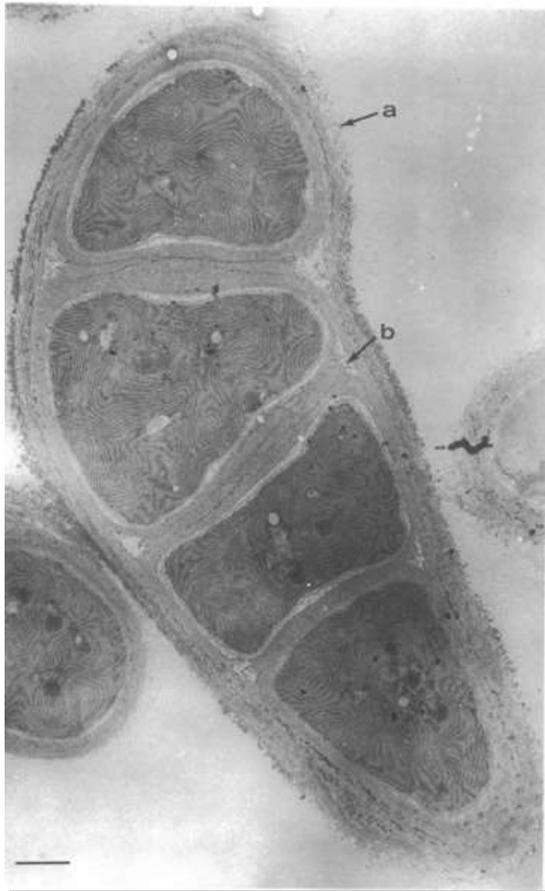


- Organismos filamentosos con ramificaciones verdaderas y/o falsas
- Pueden tener filamentos multiseriados
- Presentan células diferenciadas
- Con o sin vaina mucilaginosa
- Reproducción mediante hormogonios

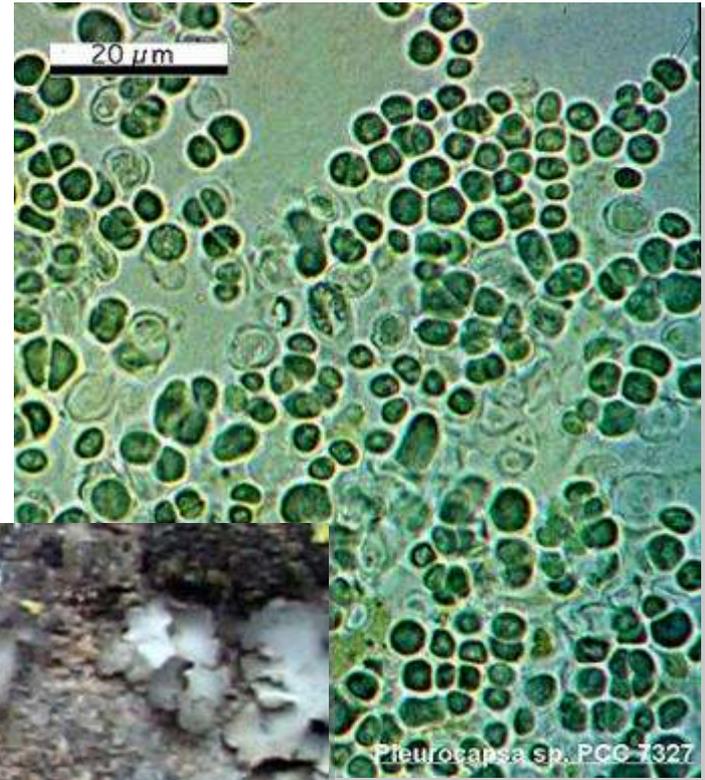


Chamaesiphonales

Pleurocapsa



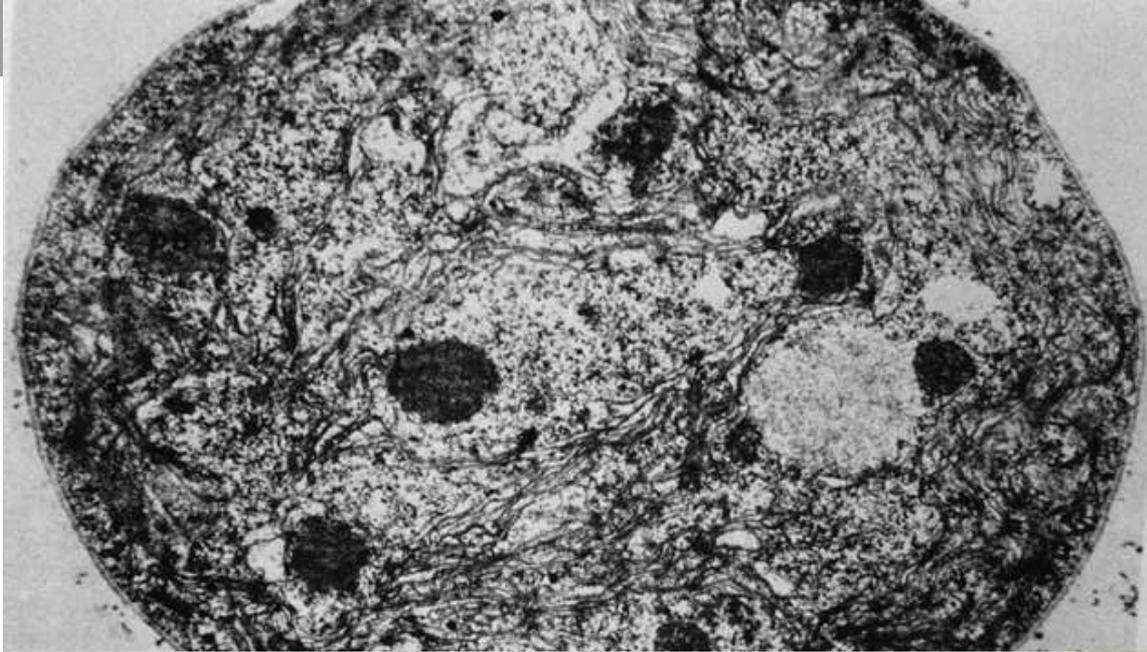
Pleurocapsa



Dermocarpon

Prochlorophyta

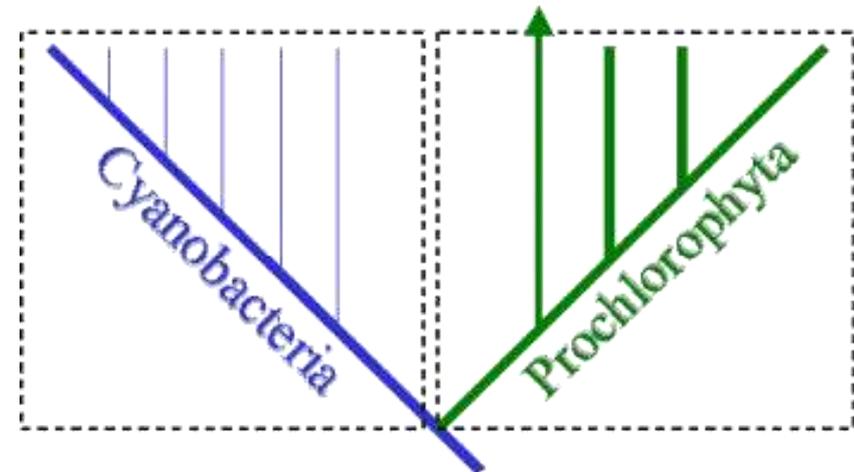
- *Prochloron* (1970), *Prochlorococcus*, *Prochlorothrix*
- Unicelulares, cenobios y filamentos
- Tilacoides agrupados y en el citoplasma, no son individuales ni equidistantes



Prochlorophyta

- Clorofila a y b, beta caroteno y zeoxantina
- No hay ficobilisomas y ficobiliproteínas
- Material de reserva: almidón cianoficeo, no hay arginina y ácido aspártico
- ADN de distribución difusa

Posible ancestro de los cloroplastos



FUENTES DE INFORMACIÓN

La siguiente literatura sirve de base para conocer más sobre el tema

- Bold, H. C. y M. J. Wynne. 1978. Introduction to the Algae. Structure and reproduction. Prentice Hall, New Jersey. 706 p.
- Dawson, E. Y. 1953. Marine red algae of Pacific Mexico, Part 1. Bangiales to Corallinaceae Subf. Corallinoideae. Allan Hancock Pacific Expeditions 17 (1): 1-239.
- Prescott, G. W. 1964. How to Know the Fresh Water Algae. 3ª. ed. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa E.U.A. 272 p.
- Lee, R. E. 2009. Phycology 2ª ed. Cambridge University Press. Edinburgo, Inglaterra. 645 pp.
- Stein, J. R. (ed). 1973. Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge University Press. Edinburgo, Inglaterra. 448 p.
- Van Der Hooek, D.G. Mann y H.M. Jahns. 1998. An introduction to Phycology. Cambridge, University Press. Edimburgo, Inglaterra. 627 pp.

También se pueden consultar las siguientes paginas para obtener ejemplos.

- California Academy of Science, EUA. Dept. Of Invertebrate Zoology & Geology. <www.calacademy.org/.../types/typweb2.html> consulta 11 de diciembre 2013
- Natural History Museum. London. Algae Vision. <www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/alga...> Consulta 17 de diciembre de 2013.
- Botanic Garden Trust. Sidney Australia. Unbranched filaments <www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/hot_science_top...> Consulta 17 de diciembre de 2013.
- Protist Information Server. Database. Science Internet Microbial Digital Specimen Archives <protist.i.hosei.ac.jp/..//Ophiocytium/> Consulta 17 de diciembre de 2013.
- <http://lacienciaysusdemonios.com/2012/08/02/origen-evolucion-en-euglena-company-de-la-depredacion-a-la-fotosintesis/> Consulta 17 de diciembre de 2013