

# PLASTOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
Biología  
UA Anatomía Vegetal

Elaboró: Dra. Carmen Zepeda Gómez  
2019



# Guía didáctica

- 1) Portada
- 2) Guía didáctica
- 3) Guía didáctica
- 4) Introducción
- 5) Justificación
- 6) Objetivos
- 7) Secuencia didáctica
- 8) ¿Qué es un plasto?: se define el organelo y se especifican sus principales funciones
- 9) Tipos de plastos: se enlistan los diferentes tipos de plastos y las características que los separan
- 10) Origen de los plastos: se desarrolla brevemente la teoría endosimbionte y su relación con el origen de los plastos
- 11) Plastos primarios y secundarios: se distinguen los dos tipos de plastos por su origen
- 12) Primera endosimbiosis: se marcan los eventos generales y resultado de la primera endosimbiosis
- 13) Primera endosimbiosis: se marcan los eventos generales y resultado de la primera endosimbiosis
- 14) Segunda endosimbiosis: se marcan los eventos generales y resultado de la segunda endosimbiosis
- 15) Segunda endosimbiosis: se marcan los eventos generales y resultado de la primera endosimbiosis
- 16) Plastos con más de dos membranas: se ilustra el resultado hipotético de la primera y segunda endosimbiosis
- 17) Tipos de Plastos: se presenta la familia general de los plastos en plantas
- 18) Proplastidio: se define y describe este tipo de plasto
- 19) Cloroplasto: se describen las características, estructura y funciones de este tipo de plasto
- 20) Cloroplasto: se describen las características, estructura y funciones de este tipo de plasto
- 21) Membrana del cloroplasto: se describe la estructura e importancia de esta región del cloroplasto
- 22) Tilacoides del cloroplasto: se describe la estructura e importancia de esta región del cloroplasto
- 23) Cloroplastos algales: se especifican las variaciones de los cloroplastos en algunos grupos de algas y protistas fotosintéticos
- 24) Cloroplastos algales: se especifican las variaciones de los cloroplastos en algunos grupos de algas y protistas fotosintéticos
- 25) Pigmentos en los cloroplastos: se enumeran los principales grupos de pigmentos de los plastos
- 26) Clorofilas: se describen sus características e importancia
- 27) Clorofilas: se describen sus características e importancia
- 28) Carotenos: se describen sus características e importancia

# Guía didáctica

- 29) Xantofilas: se describen sus características e importancia
- 30) Ficobiliproteínas: se describen sus características e importancia
- 31) Espectros de absorción de pigmentos: se presenta una gráfica que muestra los espectros de absorción de los diferentes grupos de pigmentos
- 32) Espectros de absorción de pigmentos: se presenta una gráfica que muestra los espectros de absorción de los diferentes grupos de pigmentos
- 33) Etioplastos: se describen sus características e importancia
- 34) Cromoplastos: se describen sus características e importancia
- 35) Cromoplastos: se describen sus características e importancia
- 36) Leucoplastos: se describen sus características y se enumeran los tipos
- 37) Amiloplastos: se describen sus características e importancia
- 38) Elaioplastos (u oleoplastos): se describen sus características e importancia
- 39) Proteínoplastos: se describen sus características e importancia
- 40) Fuentes de información



# Introducción

Los **plastos**, **plástidos** o **plastidios** son un conjunto de organelos típicos de las células eucarióticas fotosintéticas. Su función principal es la producción y almacenamiento de importantes compuestos químicos usados por la célula. El análisis de su estructura permite visualizar las posibles relaciones evolutivas que presentan la gran diversidad de organismos que fijan el bióxido de carbono a través de la actividad de pigmentos fotosintéticos como la clorofila. Las imágenes utilizadas son únicamente con fines didácticos y se hace referencia a su fuente de origen.



# Justificación

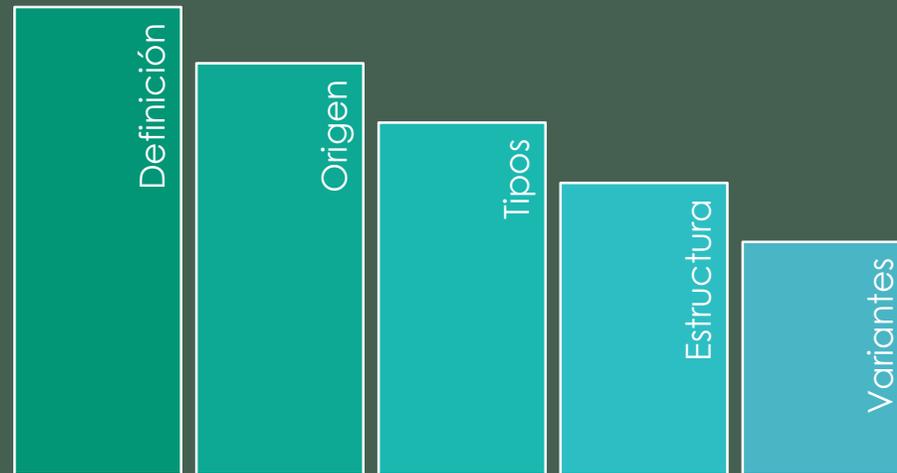
Se han seleccionado a continuación una serie de 38 diapositivas que ilustran las características básicas y los tipos de plastos, enfatizando en sus las diferencias que presentan en los principales grupos fotosintéticos. Las imágenes incluyen ejemplos de las principales fases del proceso de desarrollo y las características de los tejidos meristemáticos que determinan el crecimiento de una planta con crecimiento secundario. Se presenta como material didáctico de apoyo para unidades de aprendizaje básicos y disciplinario. Las unidades de aprendizaje como Anatomía Vegetal, Fisiología Vegetal, Angiospermas e Introducción a la Investigación Biológica, en las cuales uno de los objetivos es introducir al alumno en los eventos básicos del crecimiento de una planta, tendrán con este material un apoyo visual para el desarrollo de las mismas.



# Objetivo

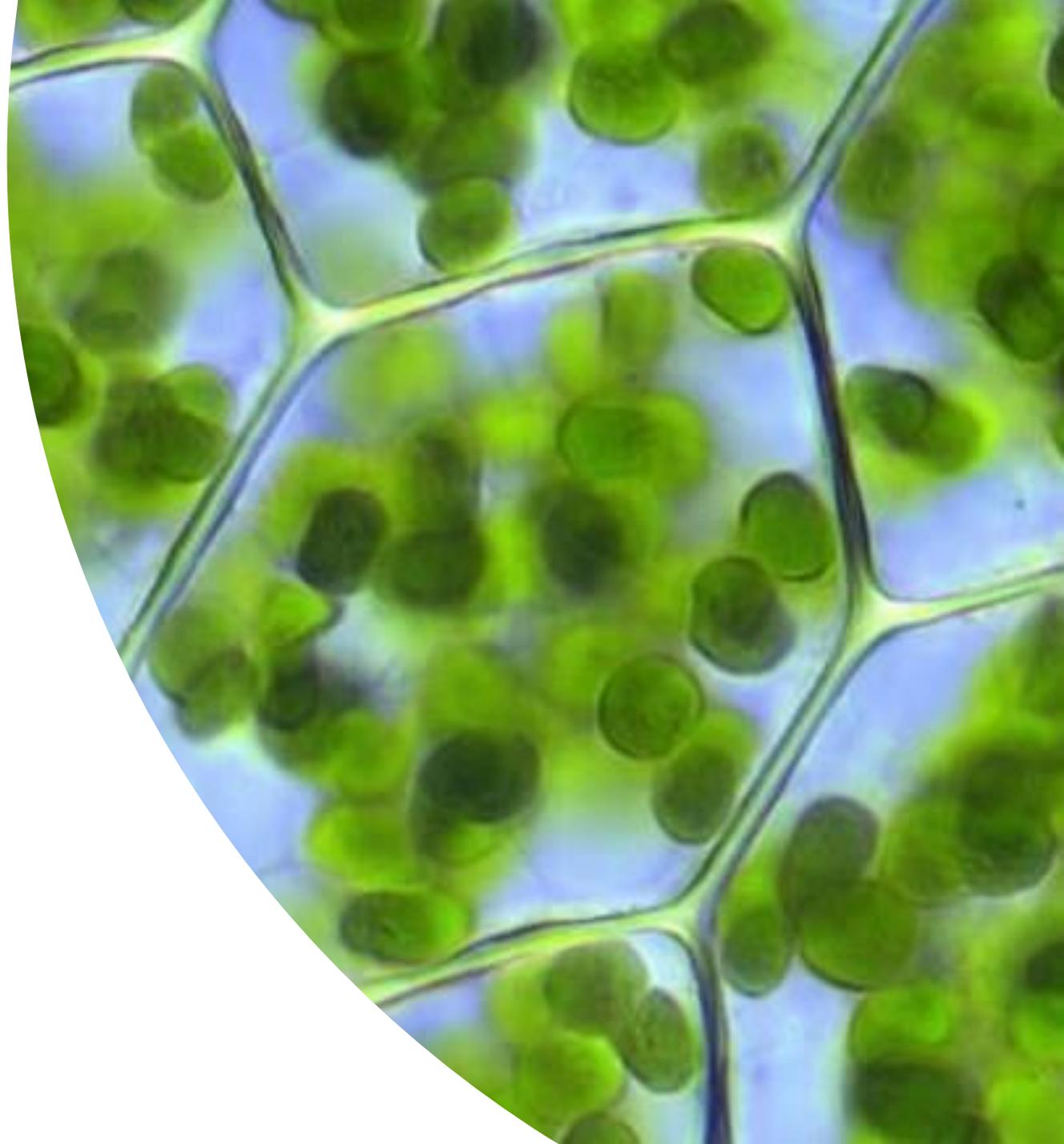
Reconocer las características estructurales, los tipos y de plastos, así como sus variaciones en los grupos fotosintéticos

# Secuencia didáctica



# ¿QUÉ ES UN PLASTO?

- ❖ Orgánulos de celulares eucariontes, propios de las plantas y algas.
- ❖ Constituyen una familia completa de organelos semiautónomos.
- ❖ Presentan un sistema de membranas y ADN propio (con unos 250 genes)
- ❖ Capacidad de división
- ❖ No se crean de nuevo, sino que provienen de otros que ya existen.
- ❖ Su función principal es la producción y almacenamiento de compuestos químicos usados por la célula
- ❖ Participan en la fotosíntesis, síntesis de lípidos y aminoácidos, almidón, metabolitos secundarios, además del geotropismo la determinación del color de frutas y flores



# TIPOS DE PLASTOS

Los plástos o plastidios se clasifican de diferentes formas, algunas clasificaciones los agrupan por:

- Por la estructura de sus membranas
- Por los pigmentos que presentan
- Por los materiales que reservan

En general se clasifican por su función, su estructura y su origen.

## Tipos de plastos

Plastidios primarios

Plastidios secundarios

Proplastidios

Cloroplastos

Leucoplastos

Amiloplastos

Proteinoplastos

Elaioplastos

Cromoplastos

Gerontoplastos

Etioplastos

# ORIGEN DE LOS PLASTOS

Los plástidos se originaron a través de un proceso de endosimbiosis

- La fagocitosis de una bacteria fotosintética de vida libre por una célula eucariótica primitiva que ya contenía mitocondrias
- Se apoya en la similitud que existe entre los genomas de los cloroplastos y mitocondrias con los genomas bacterianos

Con base en esto, se ha postulado que el ancestro más probable de los cloroplastos sean bacterias fotosintéticas del tipo azul-verdes o cianobacterias

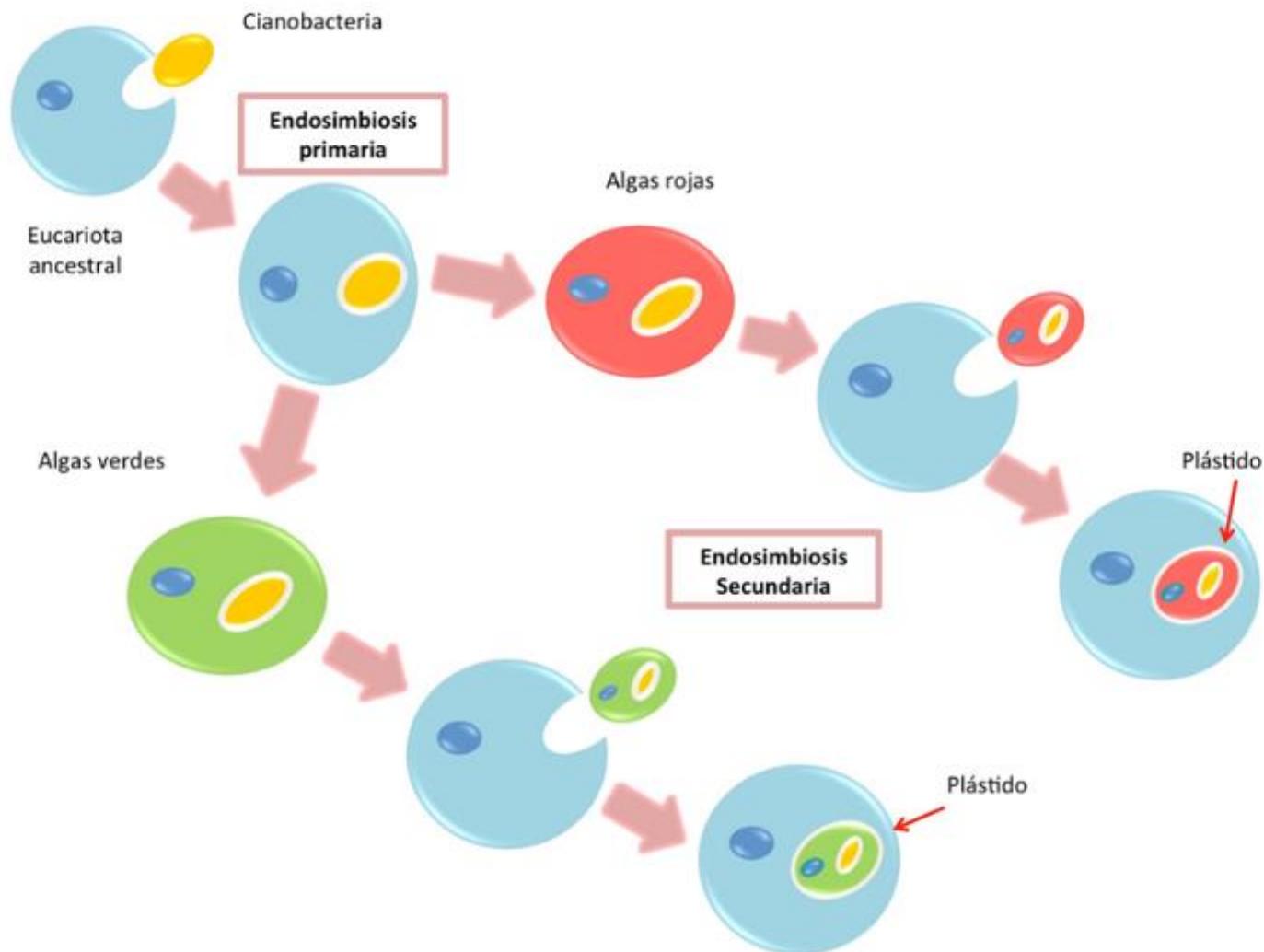


# PLASTOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

A través de procesos endosimbióticos se propone el origen de dos tipos de cloroplastos

Los **plastos primarios**, que se encuentran en la mayoría de las plantas, las algas verdes, rojas y glaucofitas.

Los **plastos secundarios**, más complejos tienen uno o dos membranas adicionales que rodea las dos membranas primarias existentes, están presentes en siete linajes definidos (Euglenidos, Chlorarachniofitas, Cryptomonas, Haptofites, Heterocontas y Dinoflagelados y Apicomplexa)

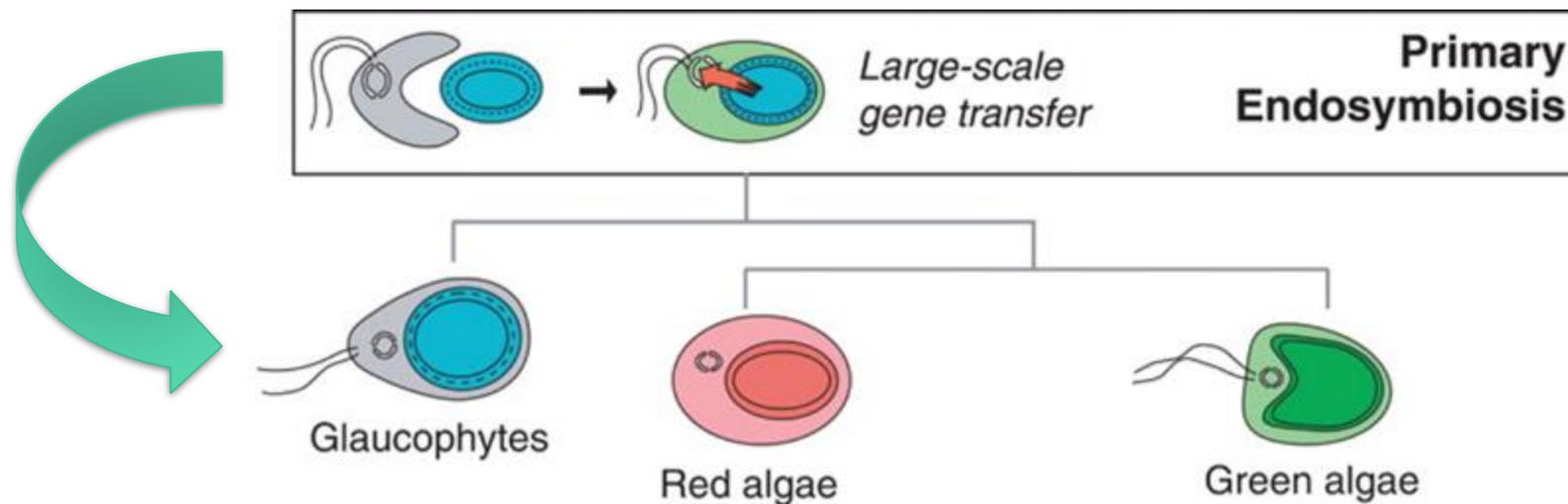


<https://es.wikipedia.org/wiki/Endosimbiosis>

# PRIMERA ENDOSIMBIOSIS

## CONDICIÓN

- Establecimiento de una conexión para controlar el intercambio metabólico (membrana del plastidio)
- Proceso reducido e integrado que implicó la transferencia de ciertos genes de plastidio al núcleo del hospedero (flecha roja).
- El resultado es

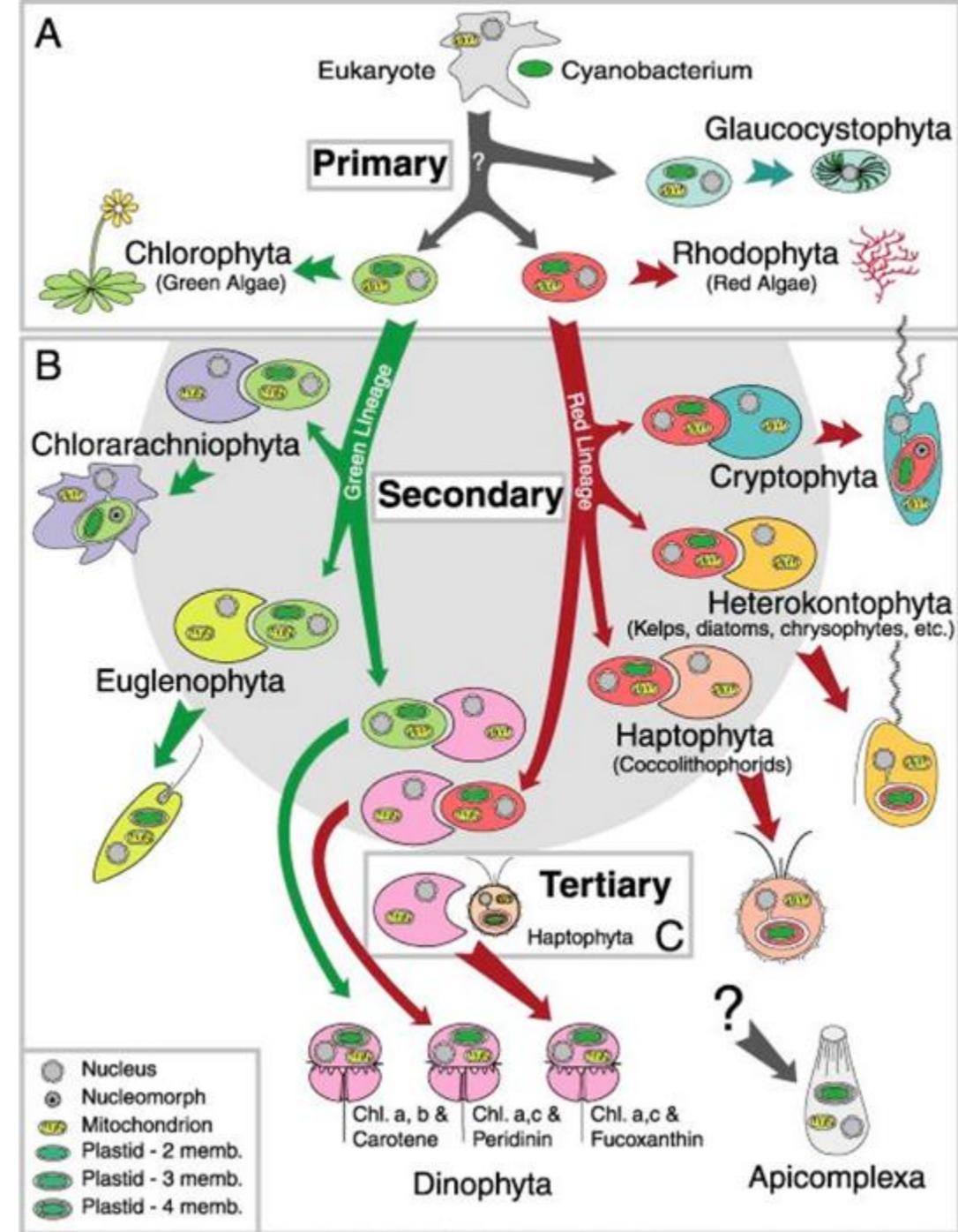


# PRIMERA ENDOSIMBIOSIS

La célula capturada (la endosymbiont) se redujo a un orgánulo funcional vinculado por dos membranas, y fue transmitido verticalmente a las generaciones siguientes.

Este conjunto improbable de eventos estableció los linajes ancestrales del supergrupo eucariota "Plantae" que incluye muchas algas fotosintéticas (rojas, verdes y glaucofitas) y las plantas terrestres.

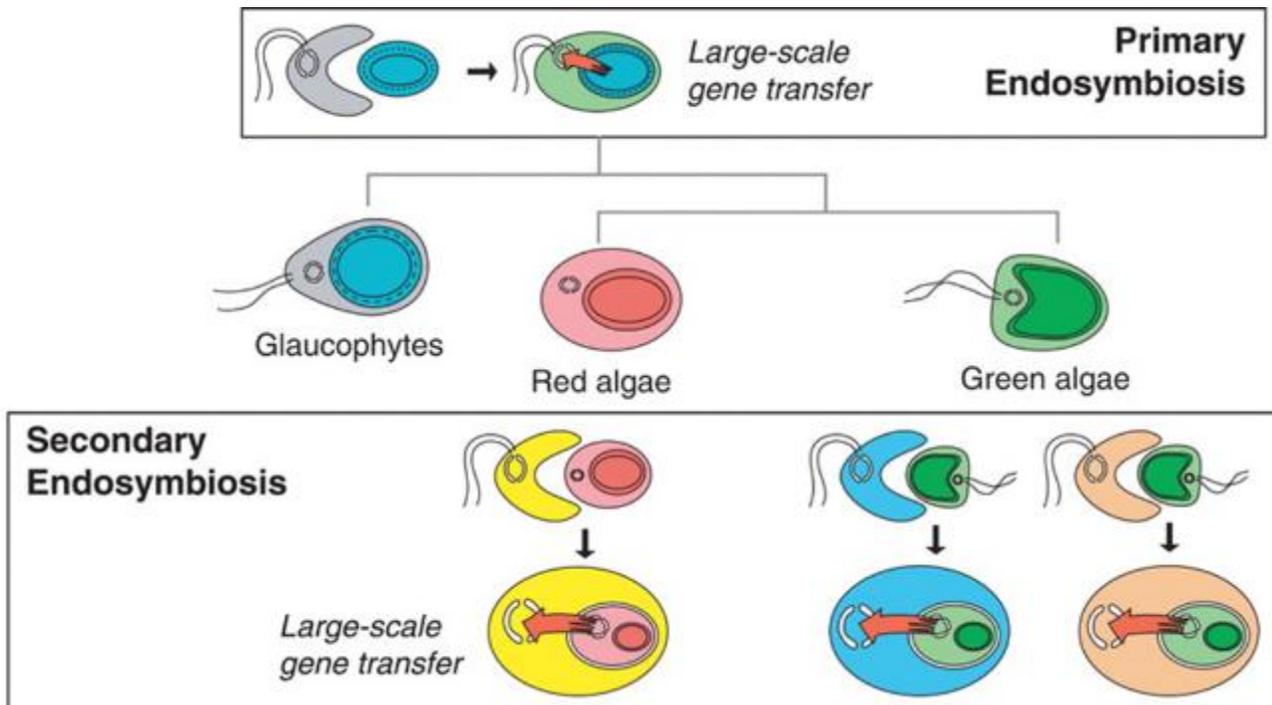
1.5 billones de años  
(Mezoproterozoico)



# SEGUNDA ENDOSIMBIOSIS

Los plastidios secundarios se originan cuando una célula fotosintética existente que contiene un plastidio primario se vio envuelto por otro eucarionte y al final se reduce a un plástidos

Dos rutas:  
La de las algas verdes  
La de las algas rojas



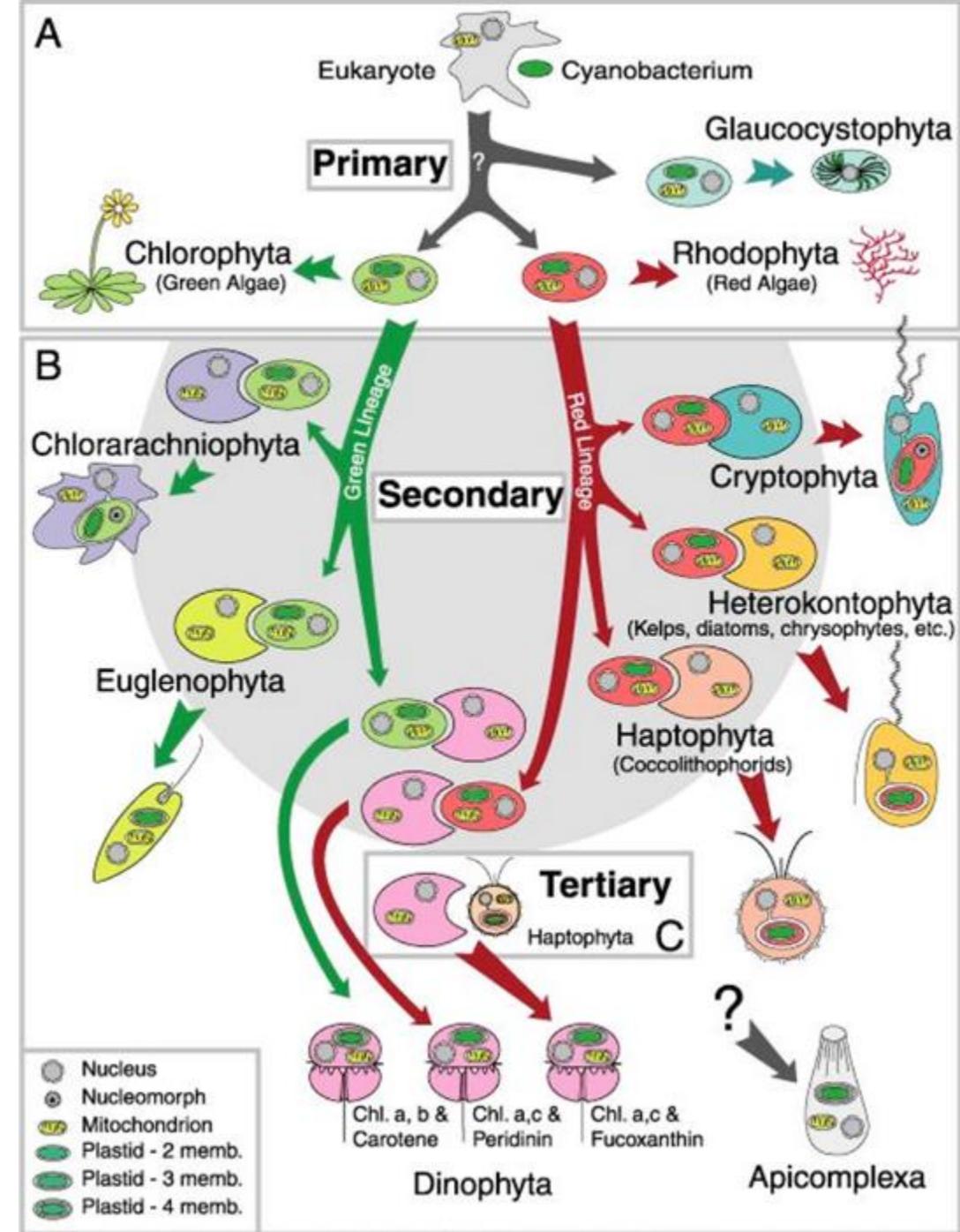
Keeling et al. 2004

# SEGUNDA ENDOSIMBIOSIS

En las algas verdes se presentaron dos eventos independientes, dando lugar a Euglénidos y Chlorarachniophytes

Las algas rojas, probablemente dieron origen a las Cromalveolados y sus diferentes grupos

Mientras que los plastidios aparentemente se han perdido en ciliados y Cryptosporidium (y tal vez otros linajes), y la fotosíntesis se ha perdido en apicomplexa y muchos otros linajes individuales.



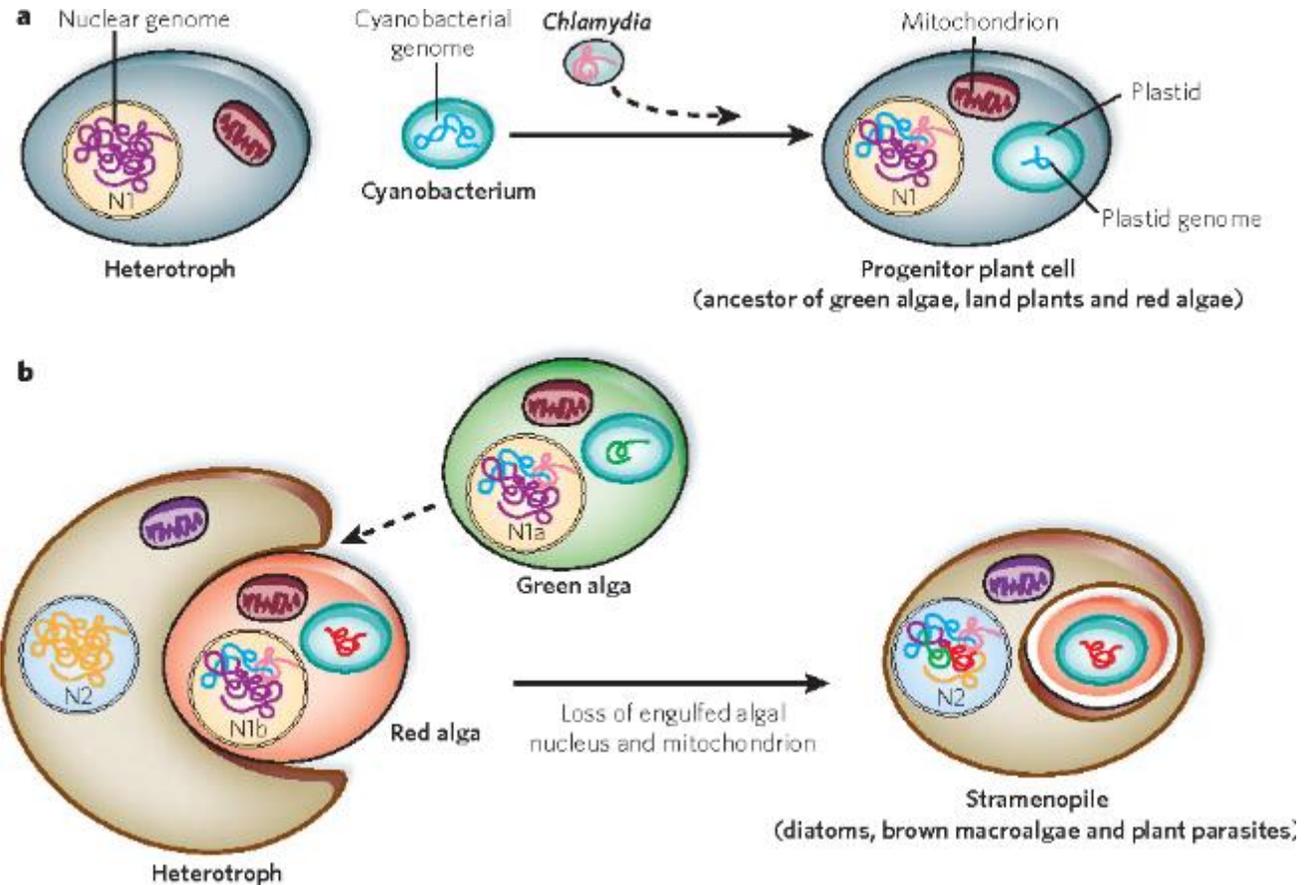
# PLASTOS CON MAS DE DOS MEMBRANAS

Tras la segunda endosimbiosis se formaron plastos con mas de una membrana

Las primeras dos membranas corresponden a las dos membranas del plastidio primario

La tercera membrana corresponde a la envoltura citoplasmática de la alga endosimbionte

Y las membranas mas externas son parte del sistema endomembranoso del hospedero

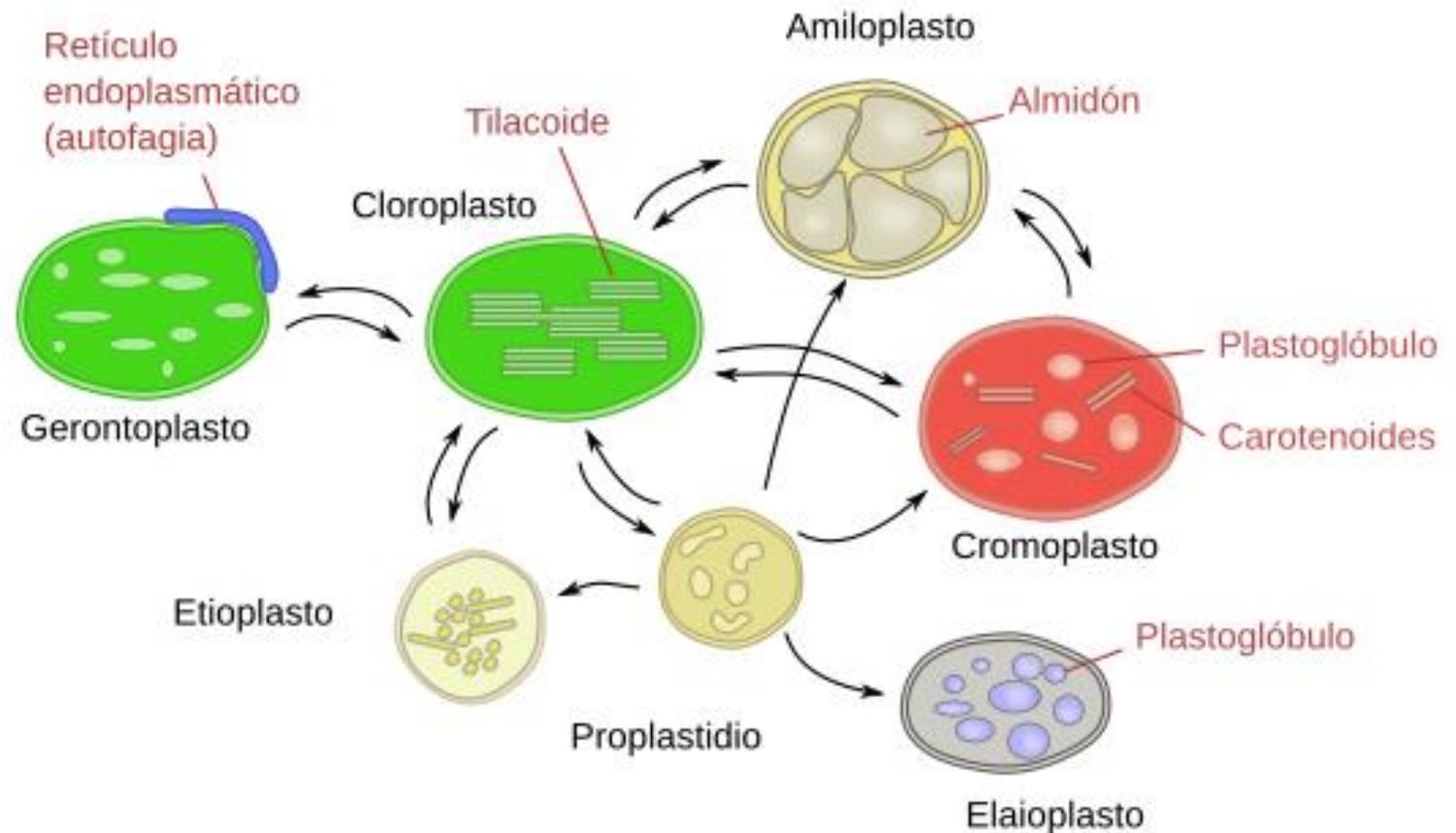


# TIPOS DE PLASTOS

Es muy probable que el proceso de endosimbiosis originó un organelo semejante a lo que hoy conocemos como cloroplasto.

Actualmente las células vegetales contienen diferentes tipos de plastos, cada uno se localiza en tejidos particulares y están especializados en funciones específicas.

Los diferentes tipos de plastos tienen procesos de desarrollo reversibles y con varias rutas de acuerdo con el órgano y la especie en la que se encuentre.



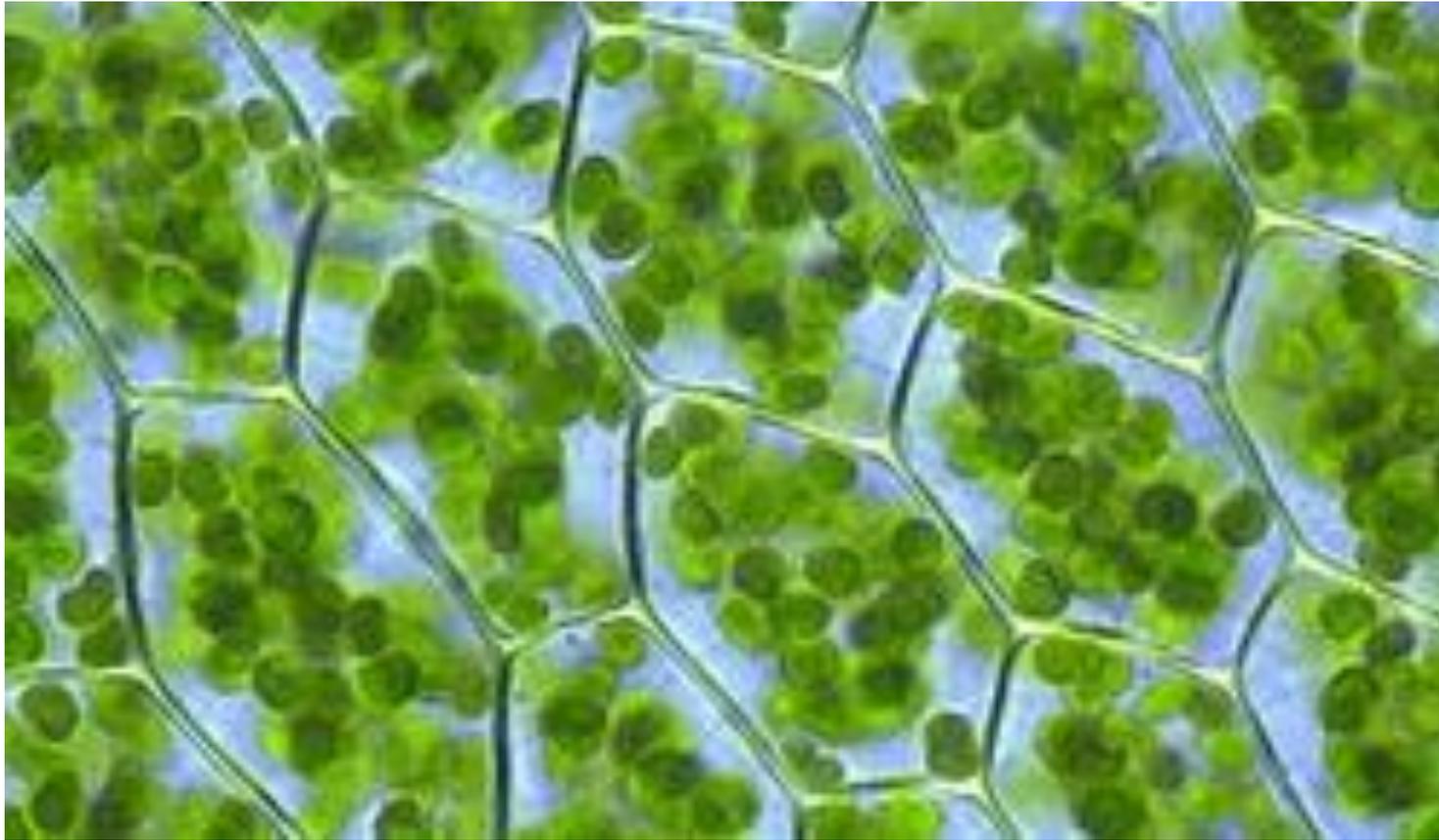
(modificado de Jarvis y López-Juez, 2013)

# PROPLASTIDIO

- ❖ Plastos indiferenciados
- ❖ Son pequeños, de aproximadamente  $1\mu\text{m}$  de diámetro
- ❖ Estructuralmente son menos complejos que los demás plastos de la planta
- ❖ Son incoloros y no tiene una morfología distintiva
- ❖ Presentan compartimentos membranosos internos en forma de túbulos

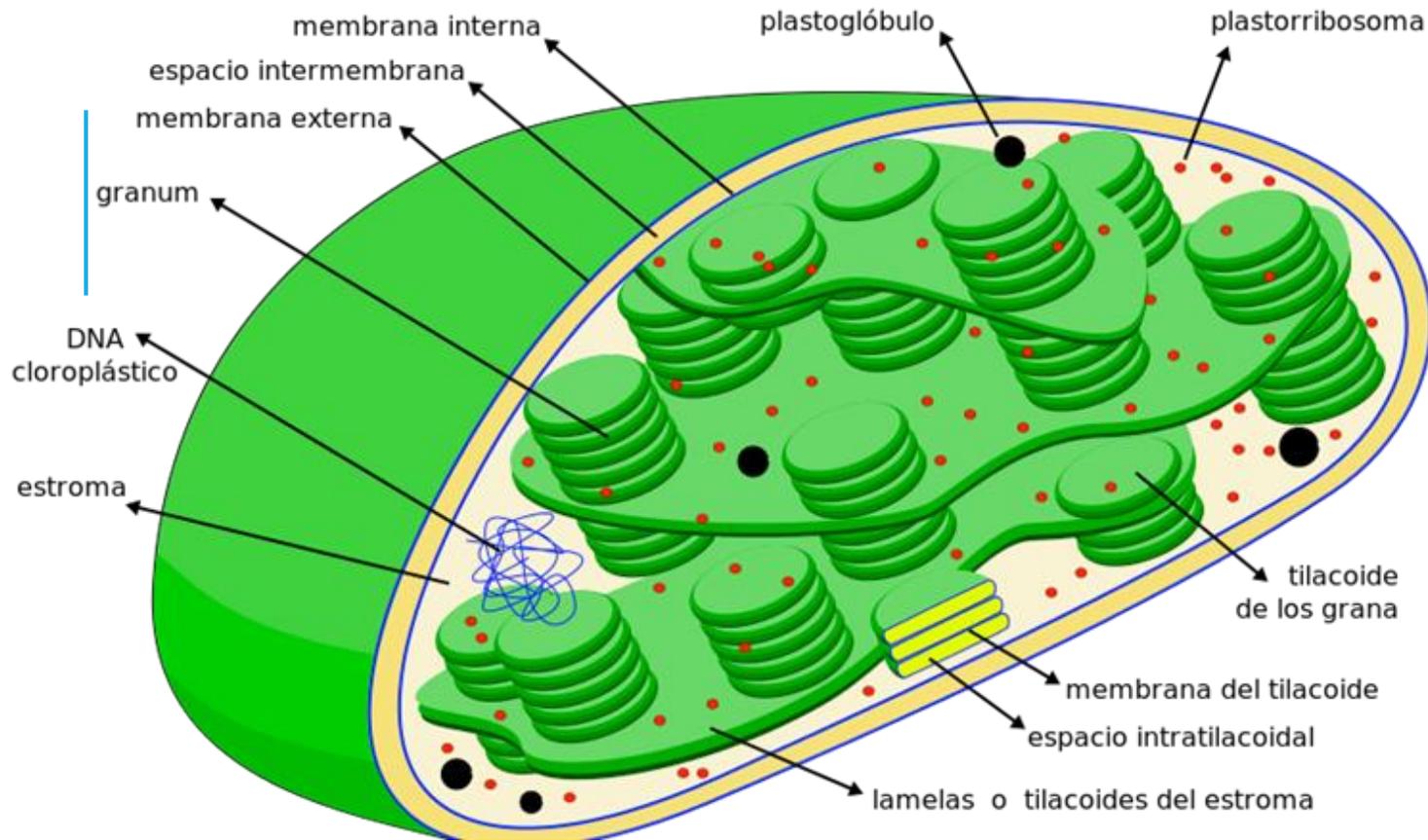
- ❖ Se dividen antes de la división de la célula meristemática para asegurar que habrá proplastidios en las dos células hijas.
- ❖ Cuando la célula se diferencia, también lo hacen los proplastidios, originando los diferentes tipos plastos de la planta

Se encuentran en células meristemáticas de tallos, raíces, embriones y endospermo; éstos se pueden diferenciar en cualquiera de los demás tipos de plástidos.



# CLOROPLASTO

- ❖ Especializados en realizar fotosíntesis
- ❖ Acumulan grandes cantidades de pigmentos vegetales y algales como clorofilas, carotenos y ficobiliproteínas
- ❖ Su desarrollo y diferenciación está íntimamente ligado con el desarrollo de su membrana interna, que a través de numerosos plegamientos conforma estructuras a manera de sacos aplanados conocidas como tilacoides.
- ❖ Generalmente grandes (1 a 10  $\mu\text{m}$ )
- ❖ Una célula de una hoja puede tener de 20 a 100 cloroplastos.
- ❖ Su forma es variable, desde esférica o elíptica a mucho más compleja.



Estructura general

Estroma

Enzimas,  
ADN y otras sustancias)

Tilacoides

Plastoglobulos

Doble membrana

Membrana externa(muy permeable)

Espacio intermembranal

Membrana interna (menos permeable y con proteínas)

# CLOROPLASTO

# MEMBRANA DEL CLOROPLASTO



---

Los cloroplastos de las plantas presentan una doble membrana, mientras que los diferentes grupos de algas pueden presentar dos, tres o cuatro

---

La membrana externa es permeable, permite pasar compuestos de alto peso molecular y algunas proteínas pequeñas

---

La membrana interna es poco permeable y el intercambio de metabolitos entre el citosol y el medio al interior, está mediado por proteínas transportadora

---

También se observan poros y canales, que permiten el paso de moléculas pequeñas con poca o mucha selectividad

---

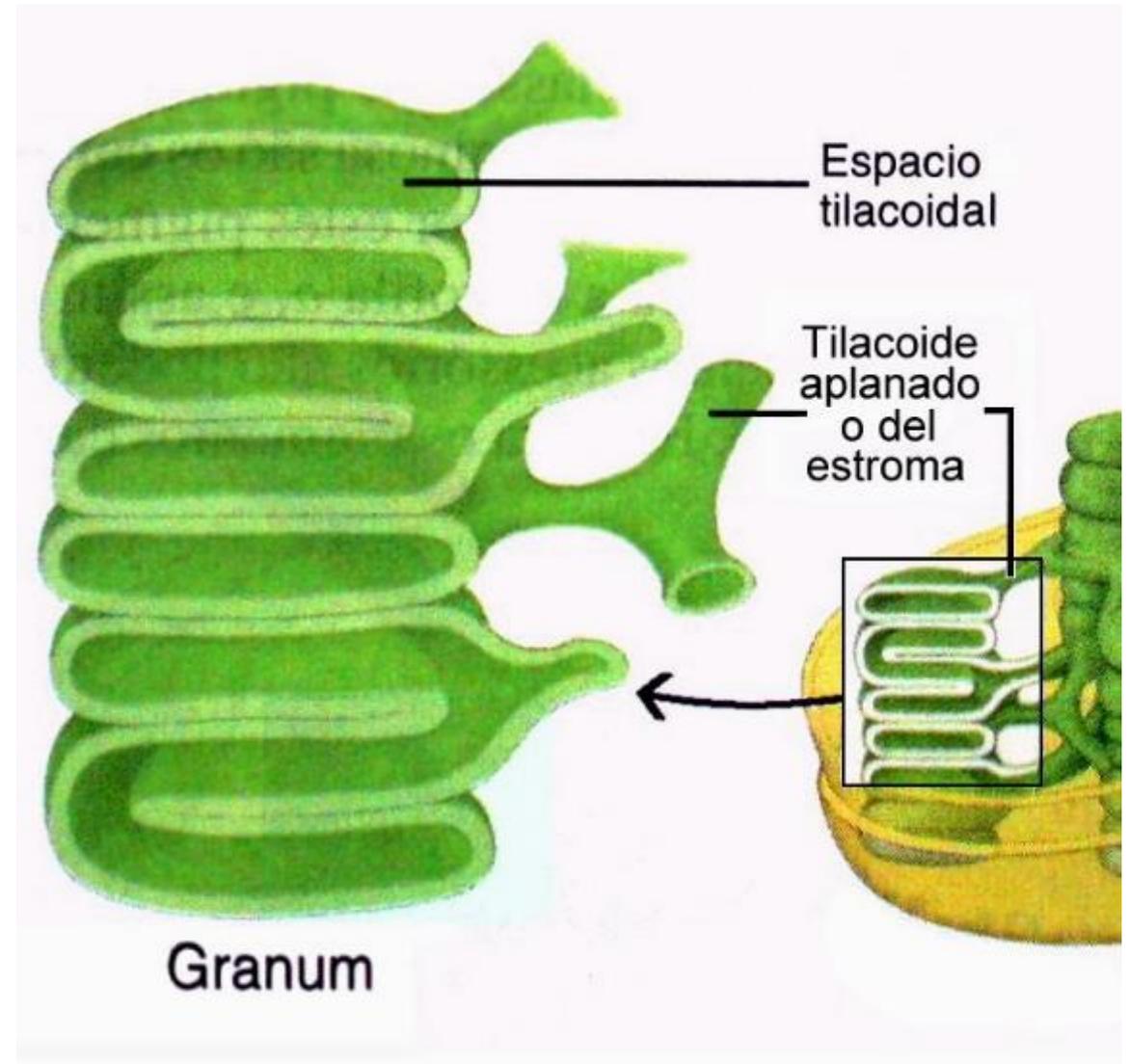
Se presentan bombas, que transportan moléculas selectivamente en contra de su diferencia de concentración usando energía en forma de ATP y translocadores, que mueven metabolitos

# TILACOIDES DEL CLOROPLASTO

Los tilacoides, son sacos aplanados delimitados por una membrana que se apilan en forma de monedas para constituir los grana, que pueden o no unirse a través de membranas.

Todos ellos conforman un andamio membranal donde se incorporan múltiples proteínas y pigmentos para constituir los llamados complejos fotosintéticos.

En los diferentes grupos de algas los tilacoides pueden estar libres o agripados en grana de diferente número y son algunas veces caracteres diagnósticos de los grupos



# CLOROPLASTOS ALGALES

En los diferentes grupos de algas los cloroplastos varían en sus membranas externas e internas, sus pigmentos y en general en su composición.

## Membrana

- N° de membranas externas
- 2 en Rodofitas y Clorofitas
- 3 en Euglenofitas y Dinofitas
- 4 en Criptofitas, Crisofitas y Feofitas

## Estroma, tilacoides (número variable), c/s grana

- Disposición de los tilacoides
- x 1 en Rodofitas (= que en Cianofitas)
- x 1-2 en Criptofitas
- x 1-3 en Dinofitas

## Pirenoide con Rubisco (algas verdes)

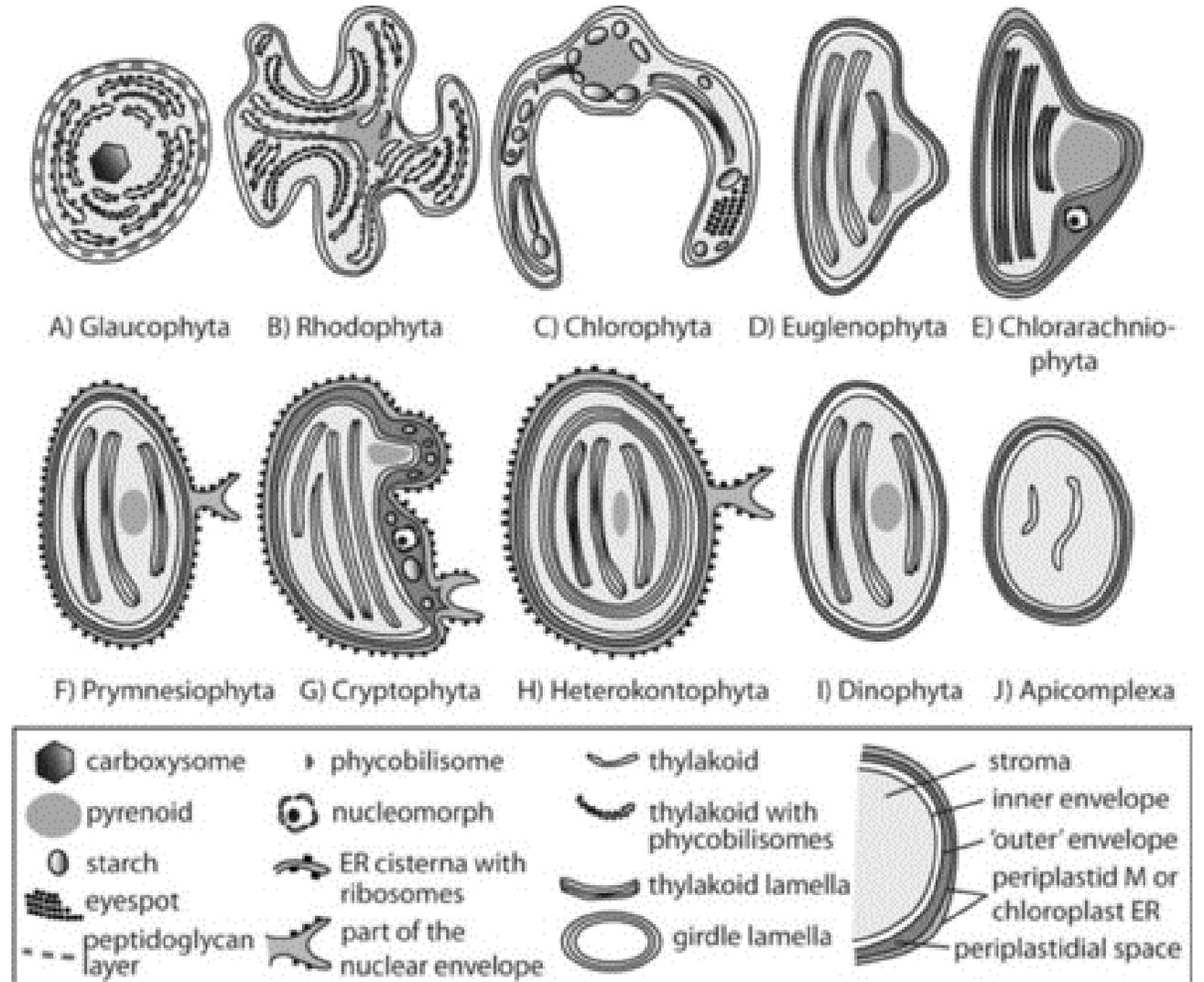
## ADN tipo procariontico disperso o anillado



ALGAS

# CLOROPLASTOS ALGALES

Derivado de los procesos de endosimbiosis y tras numerosos procesos evolutivos cada grupo de organismos fotosintéticos formo y mantuvo plastos fotosintéticos con características específicas, los cuales les han permitido mantenerse como organismos autótrofos hasta nuestros días



# PIGMENTOS EN LOS CLOROPLASTOS

❖ En los cloroplastos es posible encontrar diferentes pigmentos entre ellos:

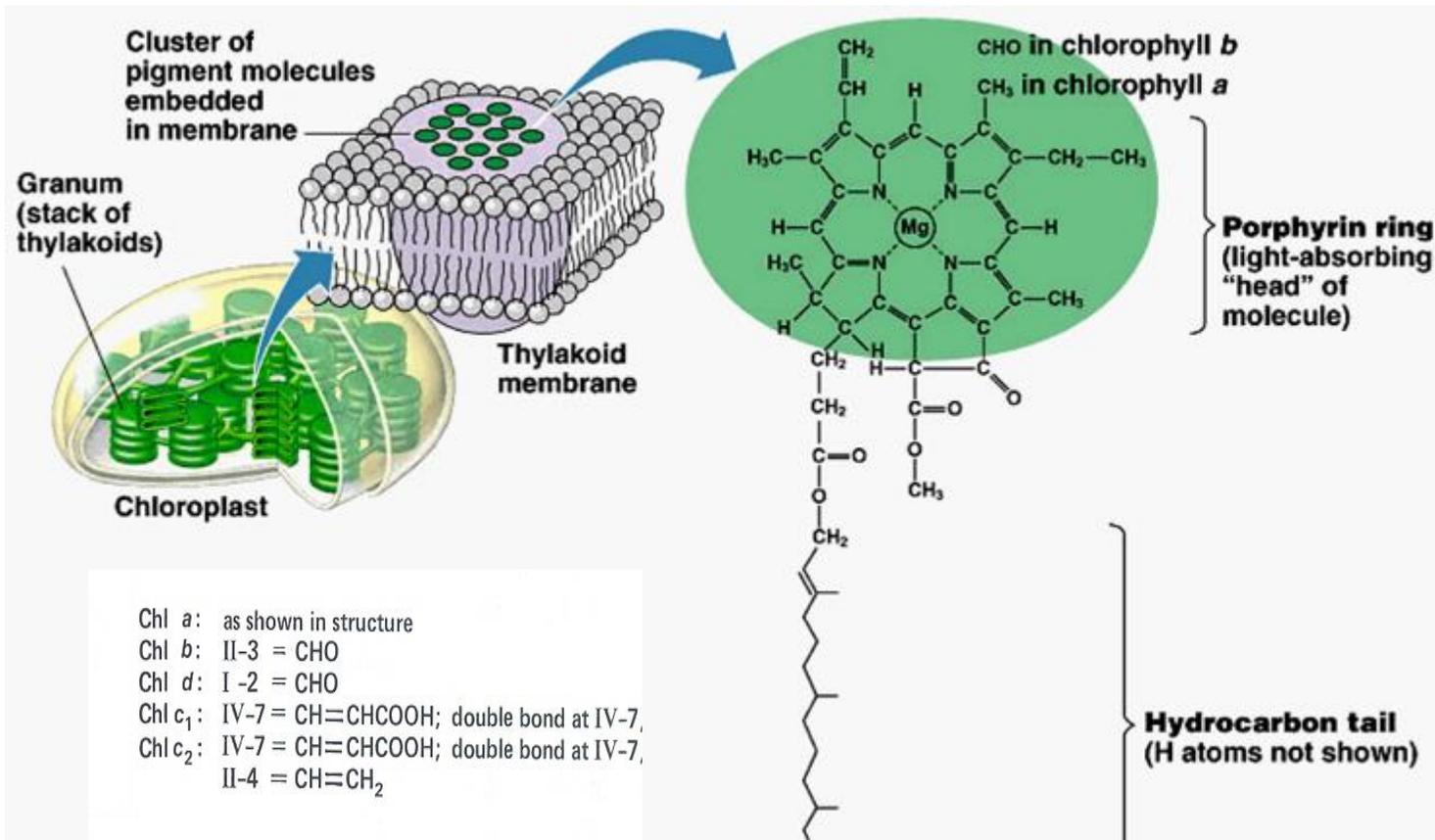
❖ Clorofilas

❖ Carotenos

❖ Xantofilas

❖ Ficobiliproteínas

❖ La presencia de estos suele dar a los organismos una tonalidad particular, sin embargo, su presencia favorece un espectro de acción diferente para cada uno



Entre los organismos fotosintéticos se presentan clorofilas:

*a*, *b*, *c* (*c*<sub>1</sub> y *c*<sub>2</sub>) y *d*

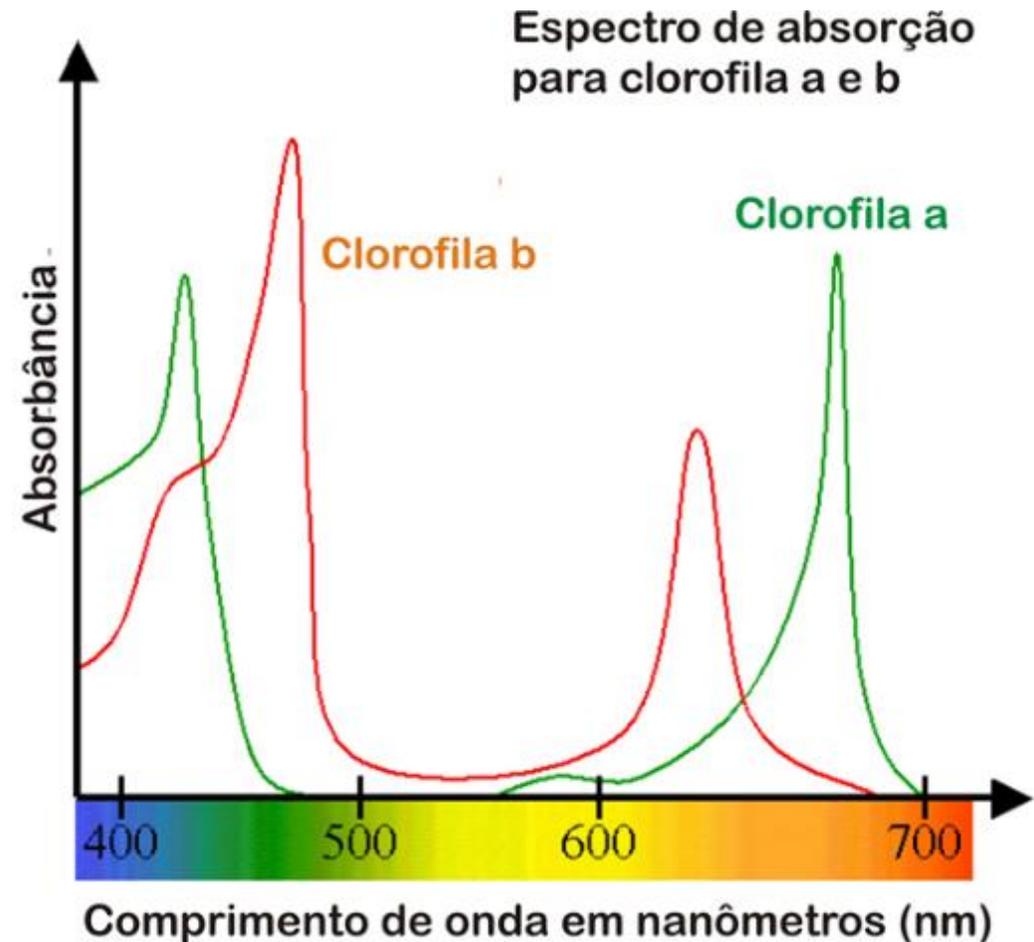
Todas presentan una estructura básica: Un anillo de porfirina y una cadena larga llamada fitol

Difieren en la presencia y ubicación de algunos radicales y dobles enlaces, lo cual repercute directamente en su función,

# CLOROFILAS

# CLOROFILAS

La clorofila “a” es universal y es la única que hace el recambio de energía lumínica a química, el resto de las clorofilas presentan espectros de absorción diferentes y funcionan como pagamentos accesorios o de antena



a: Universal

b: algas verdes y plantas terrestres

c1 y c2: Algas pardas, diatomeas haptofitos (Cromistas)

d: se ha conocido durante decenios por una observación aislada y no repetida en un alga roja

Pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides se encuentran en plantas, algas, algunas clases de hongos y bacterias.



Se conoce la existencia de más de 700



Su color varía desde amarillo pálido, pasando por anaranjado, hasta rojo oscuro. Existen también carotenoides de color verde y anaranjado (neurosporaxantina).



En organismos fotosintéticos los carotenoides desempeñan un papel vital en los centros de reacción, ya sea participando en el proceso de transferencia de energía, o protegiendo el centro de reacción contra la autooxidación.

# CAROTENOS

Actualmente

los carotenos tienen un alto interés biotecnológico, ya que se usan comercialmente en la fabricación de bronceadores y cremas antioxidantes

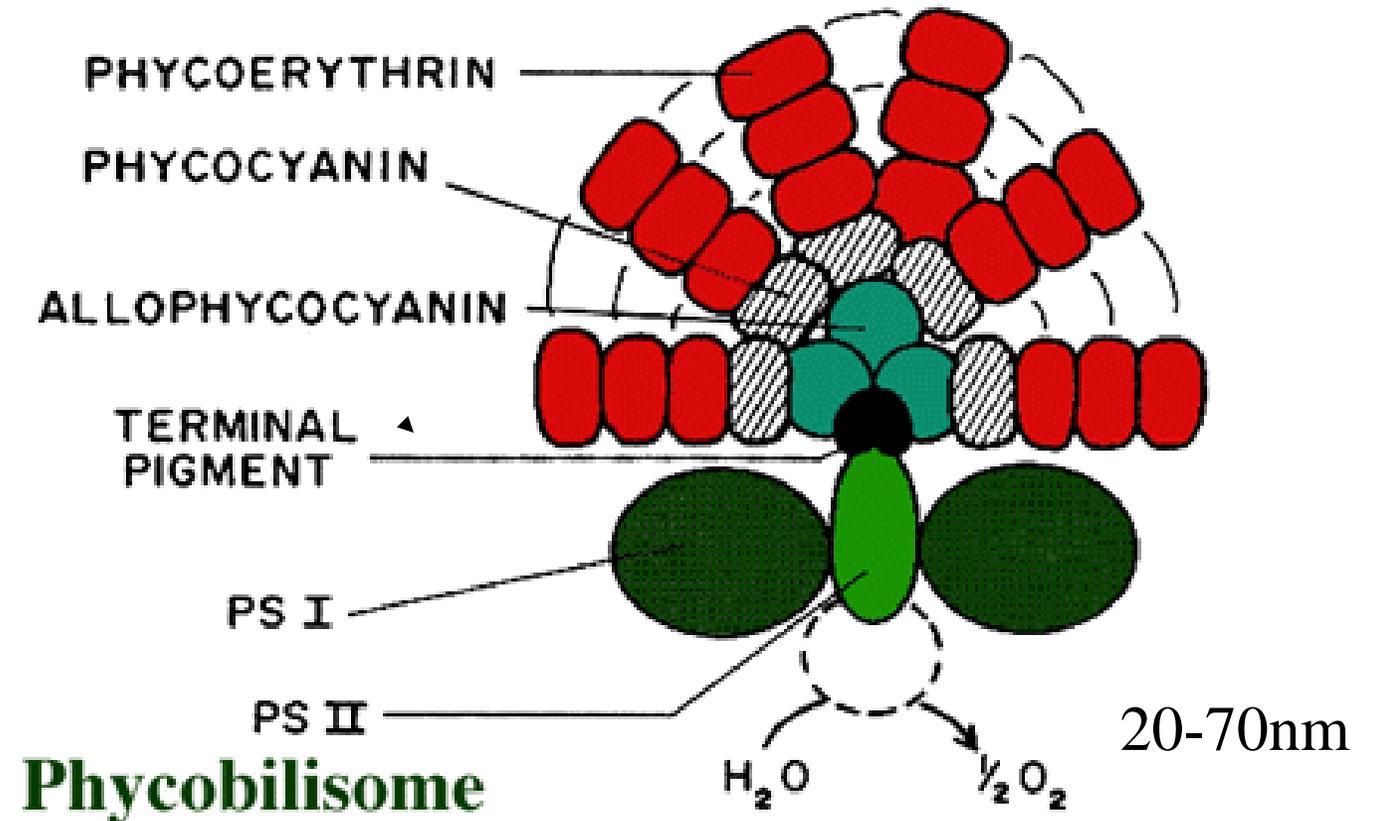


# FICOBILIPROTEINAS

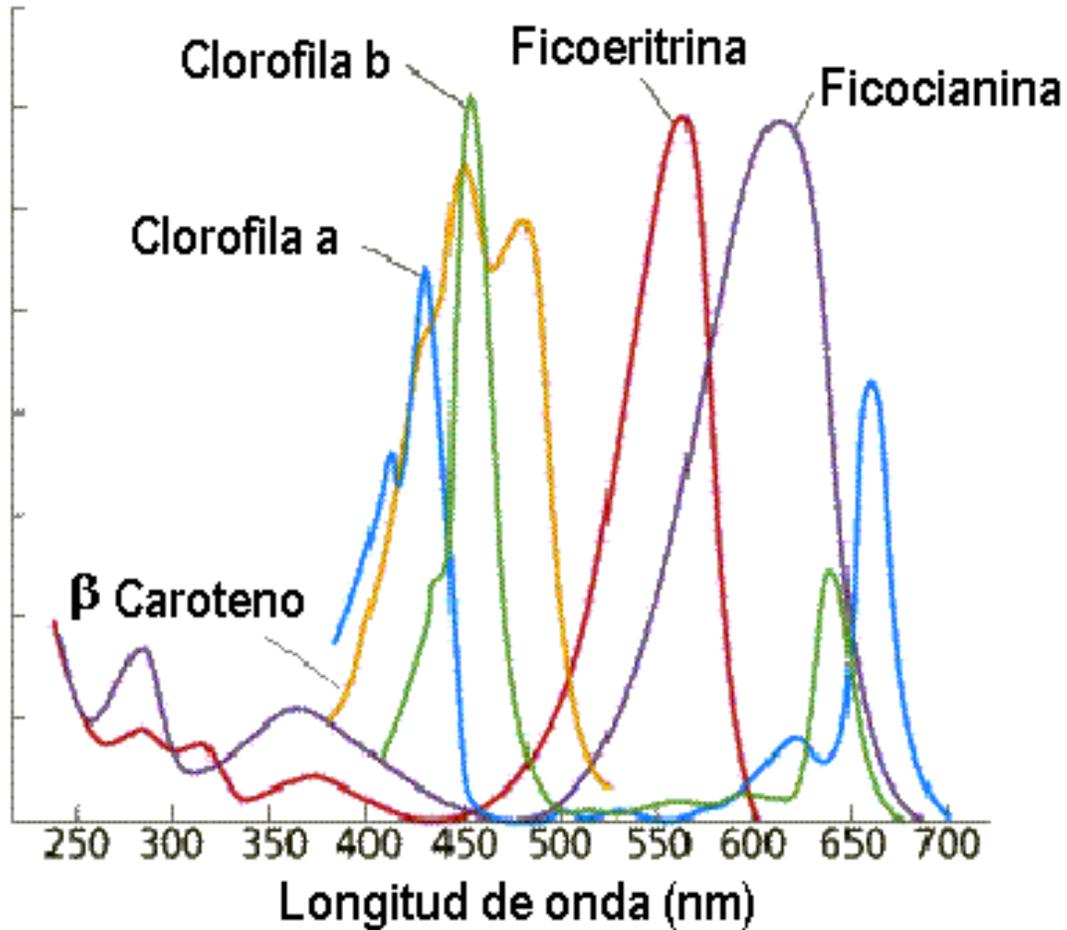
En algas rojas y cianofitas se organizan en Ficobilisomas

## Cromoproteínas

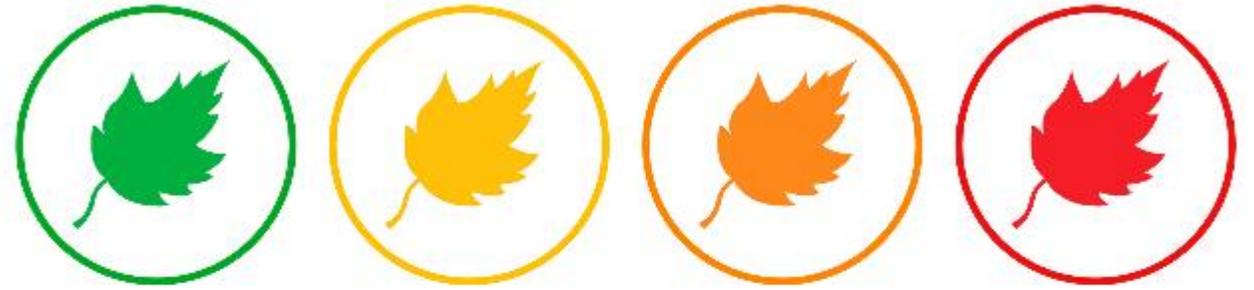
- Ficocianina AZUL (620nm)
- Aloficocianina AZUL-VERDE (650nm)
- Ficoeritrina ROJO (565nm)
- Ficoeritrocianina ROJO (568nm)



# ESPECTROS DE ABSORCIÓN DE PIGMENTOS



## LA QUÍMICA DEL COLOR OTOÑAL DE LAS HOJAS



**CLOROFILA**

**CLOROFILA**  
C<sub>55</sub>H<sub>72</sub>O<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Mg

La clorofila es el compuesto que da a las hojas su color verde. Los pigmentos verdes de temporada se degradan así como lo hacen para producir clorofila. En otoño, la cantidad disminuye y la clorofila existente se va descomponiendo lentamente, hasta el punto de ser casi invisible.

**CAROTENOIDES Y FLAVONOIDES**

**LUTEÍNA**  
C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>O<sub>2</sub>

Los carotenoides y los pigmentos flavonoides siempre están presentes en las hojas, pero a medida que la clorofila se descomponen en otoño, se hacen más visibles. Los carotenoides, una familia de carotenos, son responsables del amarillo otoño. Uno de los carotenos comunes, la luteína, es el mismo compuesto que le da el color amarillo a la yema de huevo.

**FLAVONOL**      **FLAVONA**

**CAROTENOIDES**

**Beta-CAROTENO**  
C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>

Los carotenoides también pueden contribuir en los colores naranjas. El beta-caroteno es uno de los carotenos más comunes en las plantas, y es responsable del naranja intenso de la zanahoria y del rojo profundo de la mora y la uva. Reflejando la naturaleza de la zanahoria, el beta-caroteno es responsable de la coloración de la zanahoria.

Los carotenoides de las hojas comienzan a degradarse al mismo tiempo que la clorofila, pero se hacen más visibles a medida que se degradan. Los carotenoides más comunes en las hojas de otoño son el beta-caroteno y el xantofila.

**XANTOFILA**

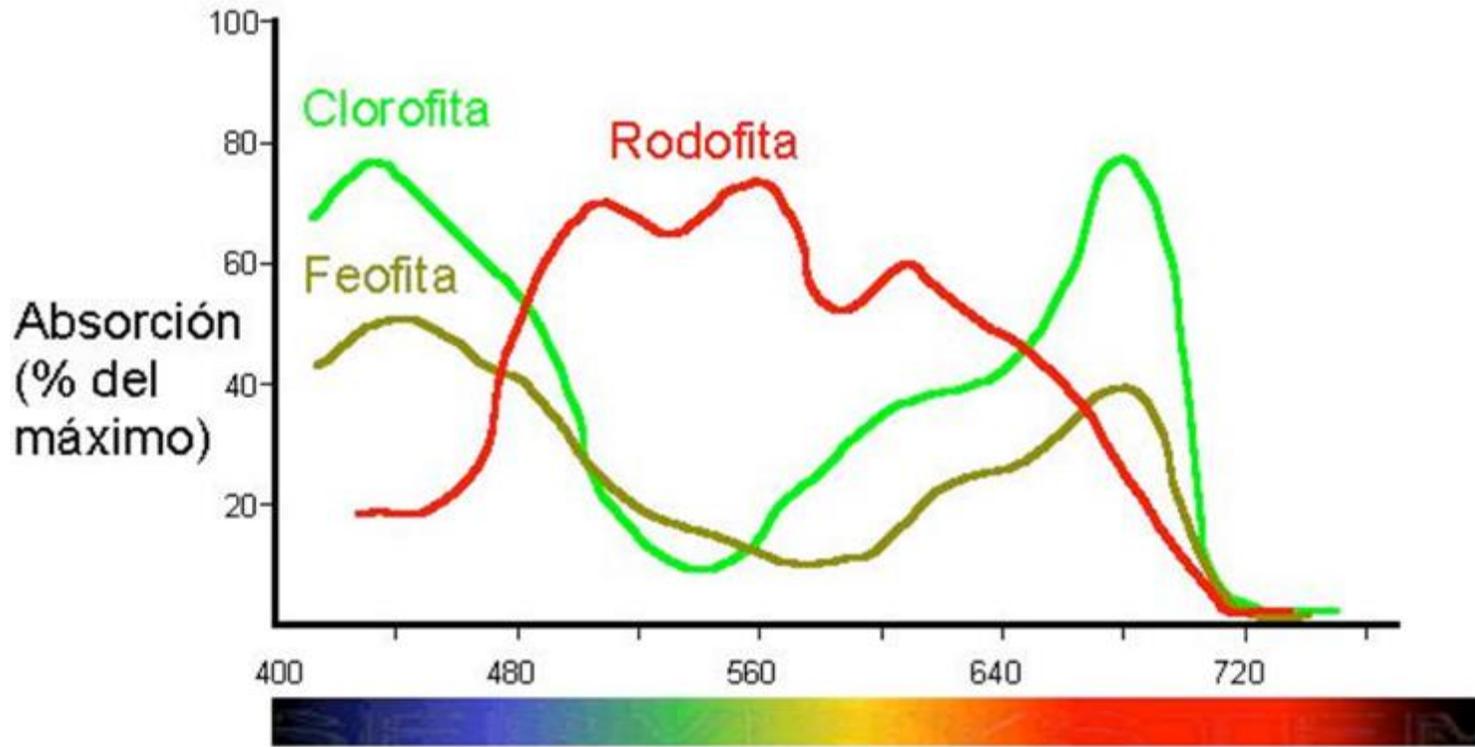
**ANTOCIANINAS Y CAROTENOIDES**

**ANTOCIANINAS**  
C<sub>15</sub>H<sub>11</sub>O<sub>7</sub>

Al contrario que los carotenoides, la síntesis de las antocianinas comienza en primavera del año, a medida que la concentración en las hojas de los carotenoides comienza a disminuir. La producción de antocianinas, su depósito no está claro, pero se ha sugerido que involucra la actividad de las flavonas que se acumulan en las hojas de otoño.

**LICOPENO**





La composición cromática varía con la profundidad debido a la absorción diferencial por el agua:

A 10 m desaparece la radiación  $> 650$  nm (rojo)

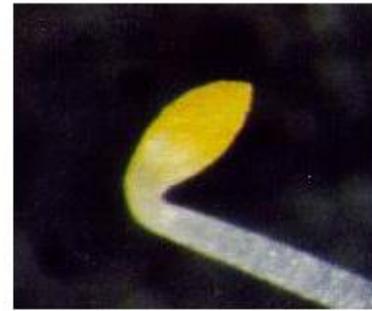
A 25 m sólo llega radiación  $< 600$  nm (azul y verde)

A 75 m sólo queda el color azul

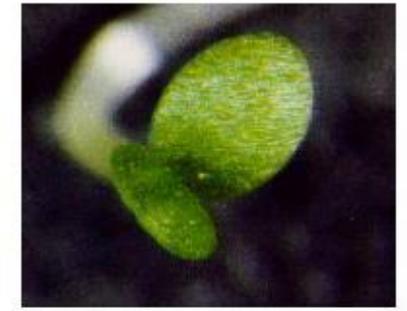
## ESPECTRO DE ACCIÓN EN LAS ALGAS

# ETIOPLASTOS

- ❖ Plastos que se encuentran en los tallos y hojas, pero no en las raíces.
- ❖ No pigmentados
- ❖ Cuerpo prolamelar (membranas tubulares semicristalinas)
- ❖ Representan un estado intermedio de maduración de los proplastidios hasta cloroplastos
- ❖ Se forman cuando la planta se desarrolla en oscuridad o con muy poca luz.
- ❖ Los etioplastos reinician su diferenciación cuando vuelven a tener acceso a la luz



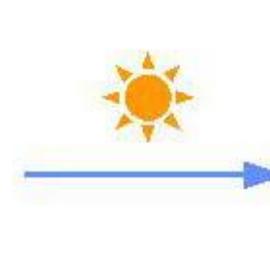
Skotomorphogenesis



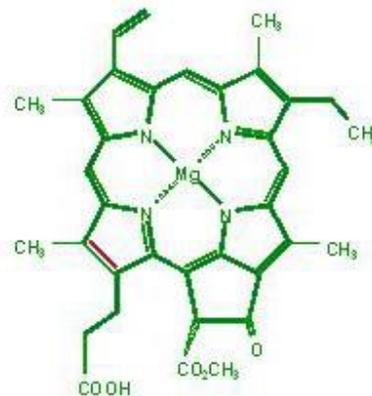
Photomorphogenesis



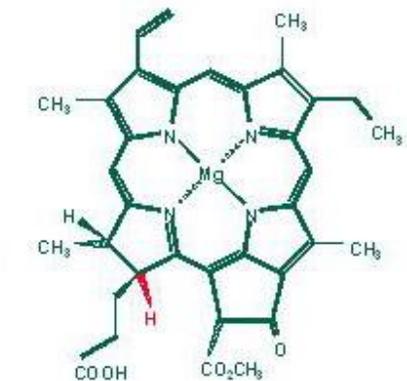
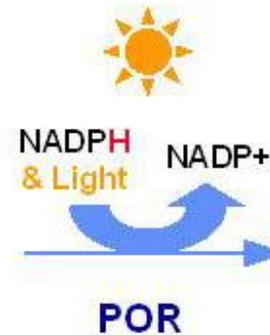
Etioplast



Chloroplast



Protochlorophyllide a



Chlorophyllide a

# CROMOPLASTOS

Plastos pigmentados

Contienen niveles relativamente altos de carotenos y otros pigmentos, que confieren tonos rojos, anaranjados y amarillos.

Se presentan en pétalos, frutas, hojas senescentes y en algunos tallos y raíces

Fotosintéticamente poco activos o inactivos

Participan en la atracción de polinizadores y dispersores



# CROMOPLASTOS



---

En su interior hay gotas de lípidos con carotenoides y estructuras macromoleculares denominadas fibrillas

---

Derivan de los proplastidios y cloroplastos, parecen ser un estado mas desarrollado de estos últimos

---

Durante su diferenciación se degradan los tilacoides y se sintetizan los carotenoides y los compartimentos que los contendrán, denominan plastoglóbulos.

---

Los plastoglóbulos son gotas de lípidos, sobre todo triglicéridos, localizados en el estroma del plasto.

---

En el interior del cromoplasto también hay xantofilas, acumulados como filamentos o cristales.

---

Además se puede presentar un sistema de membranas en capas periféricas originadas por invaginación de la membrana interna, pueden tener carotenoides, como las luteínas, beta-carotenos, y otros.

# LEUCOPLASTOS

- ❖ Los leucoplastos son plastos sin color, sin pigmentos
- ❖ Su principal misión es la de almacén
- ❖ No son progenitores de otro tipo de plastidios
- ❖ Tipos
  - ❖ Amiloplastos
  - ❖ Elaioplastos (u oleoplastos)
  - ❖ Proteinoplastos





# AMILOPLASTOS

- ❖ Contienen cantidades importante de sustanciales de gránulos de almidón y se encuentran en raíces y tejidos de almacenamiento, tales como el cotiledón, el endospermo y los tubérculos
- ❖ La vía de síntesis de almidón en las plantas está completamente restringida a los plastos y todo el almidón que una planta pueda almacenar está contenido en los plastos.
- ❖ Los estatolitos constituyen un tipo especial de amiloplastos presentes en algunas de las células de la raíz que son indispensables para el gravitropismo de este órgano

# ELAIOPLASTOS U OLEOPLASTOS



- ❖ Contienen aceites y lípidos
- ❖ Son de tamaño reducido y contienen en su interior numerosas gotas de grasa.
- ❖ Se pueden observar en las células epidérmicas de algunas familias de monocotiledóneas como las orquídeas y en las células embrionarias de muchas semillas, siendo especialmente abundantes en las oleaginosas
- ❖ Intervienen en la maduración del polen
- ❖ Algunas plantas, además de en los elaioplastos, almacenan lípidos en unos orgánulos denominados elaiosomas, derivados del retículo endoplasmático.

# PROTEINOPLASTOS

Contienen una alta concentración de proteínas en forma de cristales o como material amorfo.

No está totalmente claro si realmente existe un tipo de platos dedicado al almacén de proteínas en las plantas



# FUENTES DE INFORMACIÓN

- ❖ Armbrust, E. Virginia 2009.. "The life of diatoms in the world's oceans." *Nature*, vol. 459, no. 7244, 2009, p. 185+. *Gale Academic Onefile*, Accessed 30 Aug. 2019.
- ❖ Armstrong GA, Apel K and Rüdiger W (2000) Does a light-harvesting protochlorophyllide *a/b*-binding protein complex exist? *Trends Plant Sci* 5: 40–44
- ❖ Delwiche CF. 1999. Tracing the thread of plastid diversity through the tapestry of life. *The American Naturalist*154: 164-177.
- ❖ Jarvis P, López-Juez E. 2013. Biogenesis and homeostasis of chloroplasts and other plastids. *Nature reviews in molecular and cell biology*. 14: 787-802.
- ❖ Keeling P. J.. 2004The diversity and evolutionary history of plastids and their hosts. *Am. J. Bot.* 91, 1481–1493.
- ❖ Ljubesic N, Wrischer M, Devidé Z. 1991. Chromoplasts--the last stages in plastid development. *International journal of development biology*. 35: 251-258.
- ❖ Paini, Jacopo 2013. Targeting Triacylglycerol Pathways For Metabolic Engineering In Oil-rich Micro-algae. Scientific Figure on ResearchGate. Available from: [https://www.researchgate.net/Algal-evolution-and-the-origin-and-spread-of-plastids-by-endosymbiosis\\_fig1\\_257890285](https://www.researchgate.net/Algal-evolution-and-the-origin-and-spread-of-plastids-by-endosymbiosis_fig1_257890285) [accessed 5 Sep, 2018]
- ❖ Solymosi, Katalin. (2012). Plastid Structure, Diversification and Interconversions I. *Algae*. *Current Chemical Biology*. 6. 167-186. 10.2174/2212796811206030002.
- ❖ Wise RR. 2006. The diversity of plastid form and function. In *The structure and function of plastids*. Springer Netherlands. p. 3-26.
- ❖ <https://es.wikipedia.org/wiki/Endosimbiosis>

Además, la siguiente literatura sirve de base para conocer más sobre los cloroplastos y se usaron para integrar este material didáctico.

- Dickison, W.C. 2000. *Integrative Plant Anatomy*. Academic Press, San Diego.
- Dimitri Mj y E. Orfila. 1985. *Tratado de morfología y sistemática vegetal*. Acme S.A.
- Esau, K. 1962. *Anatomy of seed plants*. Ed. J. Wiley & Sons. Inc. N. Y. London.
- Essau, K. 1985. *Anatomía vegetal*. Editorial Omega. Barcelona.
- Fahn, A. 1985. *Anatomía vegetal*. Editorial Pirámide. Madrid.
- Lindorf, H., L. Parisca y P. Rodríguez. 1985. *Botánica: clasificación, estructura, reproducción*. Ebuc. Caracas.
- Mauseth, J. D. 1988. *Plant Anatomy*. The Benjamin/Cummins Publishing Company Inc. California, USA.
- Raven, P. H.; Evert, R. F. and Eichhorn, S. E. (2005) *Biology of Plants* (7th edition)

También se pueden consultar las siguientes paginas para obtener ejemplos.

<http://www.ugr.es/>

<http://www.botanica.cnba.uba.ar/>

<https://mmegias.webs.uvigo.es>